



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**Revista Góndola,
Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**
Volumen 15-Número 2
mayo-agosto de 2020

Revista cuatrimestral del
Grupo de Enseñanza y Aprendizaje de la Física(GEAF)
Facultad de Ciencias y Educación
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

e-ISSN 2346-4712
ISSN 2665-3303

Dirección editorial

Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico - CIDC

Coordinación revistas científicas CIDC

Fernando Piraquive

Corrección de estilo

Fernando Carretero Padilla

Corrección de estilo en inglés

Enago

Diseño y diagramación

David Mauricio Valero

Impresión

Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.

Fotografía portada

Crédito: Diego Vizcaino



**Revista Góndola, Enseñanza y
Aprendizaje de las Ciencias**

EQUIPO EDITORIAL

Ph.D. Martha Janet Velasco Forero
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Colombia*
Editora en jefe

Ph.D. Diego Fábian Vizcaíno
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Colombia*
Editor de contenidos

MSc. Lorena A. Niño López
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Colombia*
Asistente editorial

COMITÉ CIENTÍFICO/EDITORIAL

Ph.D. Agustín Adúriz Bravo
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Ph.D. Alvaro Chrispino
*Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca, Brasil*

Ph.D. Antonio García Carmona
Universidad de Sevilla, España

Ph.D. Deise Miranda Vianna
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Ph.D. Eder Pires de Camargo
*Universidade Estadual Paulista Julio de
Mesquita Filho, Ilha Solteira, Brasil*

Ph.D. Eduardo Fleury Mortimer
*Universidade Federal de Minas Gerais, Belo
Horizonte, Brasil*

Ph.D. Edwin Germán García Arteaga
Universidad del Valle, Colombia

Ph.D. Eugenia Etkina
Rutgers University, EE. UU.

Ph.D. Jorge Enrique Fiallo Leal
Universidad Industrial de Santander, Colombia

Ph.D. Nicoletta Lanciano
Sapienza Università di Roma, Italia

Ph.D. Roberto Nardi
*Universidade Estadual Paulista Julio de
Mesquita Filho, Bauro, Brasil*

Ph.D. Silvia Stipcich
*Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires, Argentina*

COMITÉ EVALUADOR

Ph.D. Adriana Ramos dos Santos
Universidade Federal do Acre, Brasil

Ph.D. Ana Cléa Braga Moreira Ayres
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Ph.D. Ana Luiza de Quadros
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Ph.D. Carlos Mario Jaramillo López
Universidad de Antioquia, Colombia

Ph.D. Cinthia Maria Felício
*Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos,
Brasil*

Ph.D. Daniele Cristina de Souza
Universidade do Triângulo Mineiro, Brasil

Ph.D. Elena Fabiola Ruiz Ledesma
Instituto Politécnico Nacional, México

Ph.D. Fabio Luiz de Souza
Universidade de São Paulo, Brasil

Ph.D. Guaracira Gouvêa de Sousa
*Universidade Federal do Estado do Rio de
Janeiro, Brasil*

Ph.D. Job Antônio Garcia Ribeiro
*Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Campus Iturama, Brasil*

Ph.D. Jorge Luis Navarro Sánchez
Universidad Nacional de Rosario, Argentina

Ph.D. José Ignacio Barragués
Universidad del País Vasco, España

MSc. Luis Andrés Castillo Bracho
Universidade Federal do Pará, Brasil

Ph.D. Maria do Socorro Souto Braz
*Universidade de Pernambuco, Campus Mata
Norte, Brasil*

Ph.D. Michelle Câmara Pizzato
*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus
Porto Alegre, Brasil*

Ph.D. Olga Lucía Castiblanco Abril
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Colombia*

Ph.D. Patricia Magalhães Pinheiro
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Ph.D. Paulo Vilhena da Silva
Universidade Federal do Pará, Brasil

Ph.D. Pedro Donizete Colombo Junior
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

Ph.D. Sandra Lucia Escovedo Selles
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Ph.D. Valdomiro Pinheiro Teixeira Junior
*Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Campus Marabá, Brasil*

Ph.D. Wilmar Francisco Ramos Castiblanco
Universidad Nacional de La Plata, Argentina



Contenido

EDITORIAL

- Reflexiones de una futura docente de física a partir de la perspectiva dimensional de la didáctica de la física 208
Reflections of a future physics teacher from the dimensional perspective of physics teaching
Reflexões de um futuro professor de Física a partir da perspectiva dimensional do ensino da Física
Ivonne Paola Rojas Martínez

HISTORIAS DE VIDA

- Entrevista a Numa Roch y Renata Cabrera 211
Interview with Numa Roch and Renata Cabrera
Entrevista com Numa Roch e Renata Cabrera
Olga Castiblanco

ARTÍCULOS

- What students can learn from Fibonacci's error in solving "The lion in the pit" problem 216
Lo que pueden aprender los estudiantes a partir del error de Fibonacci al resolver el problema "El león en el pozo"
O que os alunos podem aprender com o erro de Fibonacci ao resolver o problema "O leão no poço"
Josip Slisko
- La enseñanza de la física cuántica: una comparativa de tres países 239
The teaching of Quantum Physics: a comparison of three countries
O ensino da física quântica: uma comparação de três países
Eduardo Miguel González, Zulma Estela Muñoz Burbano, Jordi Solbes
- Un panorama de la modelación matemática en los encuentros colombianos de matemática educativa entre 2012-2015 251
An overview of mathematical modeling in the Colombian educational mathematics meetings between 2012-2015
Um panorama da modelagem matemática em encontros colombianos de matemática educativa entre 2012-2015
Gabriel Mancera Ortiz, Francisco Javier Camelo Bustos
- Adolescência em dois livros didáticos de ciencias 268
Adolescence in two science textbooks
Adolescencia en dos libros de texto de ciencias
Mateus Souza da Luz, Solange de Fátima Reis Conterno, Gicelle Galvan Machineski, Letícia Katiane Martins, Alessandra Crystian Engles dos Reis, Fernanda Aparecida Meglhioratti
- Procesos aplicados por los estudiantes en la resolución de problemas matemáticos: caso de estudio sobre la función cuadrática 284
Processes applied by students to solve mathematical problems: case study about quadratic function
Processos aplicados pelos alunos na resolução de problemas matemáticos: estudo de caso com a função quadrática
Jhon Herminson Arias Rueda, César Augusto Arias Rueda, Carlos Arturo Burgos Hernández
- Biological evolution and creationism from the perspective of graduate students of biological sciences 303
Evolución biológica y creacionismo en la visión de los estudiantes de ciencias biológicas
Evolução biológica e criacionismo na visão de alunos de ciencias biológicas
Isabela Maria Silva Leão, Fernanda de Jesus Costa, Graça Simões Carvalho, Heslley Machado Silva



Contenido

O conhecimento de futuros professores de química sobre o procedimento lógico de definir conceitos The knowledge of future teachers of chemistry on the logical procedure to define concepts El conocimiento de futuros profesores de química sobre el procedimiento lógico para definir conceptos <i>Isauro Beltrán Núñez, Sandro Damião Ribeiro da Silva</i>	322
Adição de monômios na perspectiva da teoria das situações didáticas The addition of monomios in the perspective of the theory of didactic situations La adición de monomios en la perspectiva de la teoría de las situaciones didácticas <i>Jonas dos Santos, Zulma Elizabete de Freitas Madruga, Eurivalda Ribeiro dos Santos Santana</i>	339
Base de conhecimentos para o ensino de professores de física em planejamento conjunto do tema energia e suas transformações The teaching knowledge bases of physics teachers in context of joint planning about the topic energy and its changings Conocimientos fundamentales para la enseñanza a profesores de física sobre la planificación en conjunto del tema energía y sus transformaciones <i>João Ricardo Neves da Silva, Marcus Vinícius de Almeida, Agenor Pina da Silva, Janine Ameku Neves</i>	353
Ensino por investigação: percepções docentes sobre suas práticas Inquiry-based teaching: teachers perceptions about its practices La enseñanza por investigación: percepciones de docentes sobre sus prácticas <i>Tamires Bartazar Araújo, João Paulo Camargo de Lima, Marinez Meneghello Passos</i>	370
Ideias dos professores de ciências sobre o trabalho colaborativo intercultural Science teacher ideas on intercultural collaborative work Ideas de profesores de ciencias sobre el trabajo colaborativo intercultural <i>Josenaide Alves da Silva, Geilsa Costa Santos Baptista</i>	384
RESEÑA	
Título: Il Diario del Cielo (El diario del cielo). Autora: Nicoletta Lanciano, en colaboración con María Cristina Marín, Oreste Brondo, Grupo MCE. Book: Il Diario del Cielo (The sky diary). Author: Nicoletta Lanciano, in collaboration with María Cristina Marín, Oreste Brondo, MCE Group. Livro: Il Diario del Cielo (O diário celeste). Autora: Nicoletta Lanciano, em colaboração com María Cristina Marín, Oreste Brondo, Grupo MCE. <i>José Efraín Guataquira Ramírez</i>	397



EDITORIAL

Reflexiones de una futura docente de física, a partir de la perspectiva dimensional de la didáctica de la física

Ivonne Paola Rojas Martínez*

Soy estudiante de Licenciatura en Física y me encuentro en la fase de culminación de la carrera. Quiero presentar algunas reflexiones que me surgen luego de haber cursado tres seminarios de Didáctica de la Física, que desde la propuesta de la docente obedecen a una perspectiva dimensional de esta. Allí, aprendí a reconocer el verdadero rol del profesor que quiere salirse de los esquemas usuales.

Luego de más de once años de recibir educación tradicional, donde el profesor se para enfrente del tablero y explica los diferentes temas, después da algunas guías de ejercicios, talleres o tal vez muestra algunos videos –donde la responsabilidad del estudiante es entender, memorizar y pasar las evaluaciones propuestas por el profesor–, me di cuenta de que el profesor tenía que ser más que una persona que ofrece información, y el estudiante, alguien que va más allá de recibirla. Si bien, esta idea es bastante común y sabida por muchos, quiero resaltar que no solo lo entendí teóricamente, sino que lo asimilé en la práctica, como quisiera ampliar a continuación.

En este tercer seminario, cuyo objetivo era estudiar “la dimensión interaccional de la Didáctica de la Física”, comprendí por ejemplo que los experimentos para la clase de física se pueden clasificar en diferentes tipologías, pero esta caracterización no se da por el tema a tratar, o por los elementos a utilizar, sino por las interacciones que propician en el aula y las habilidades de pensamiento que se quieran desarrollar. Así, en cada tipología se pueden cumplir diferentes roles, tanto para el docente como para los estudiantes. Es decir, la experimentación puede ir más allá de ser la motivación, el entretenimiento o la comprobación de ecuaciones, ya que todas estas acciones corresponden a una enseñanza centrada en el contenido, mientras que las tipologías de las que hablo se centran en el estudiante, en aras de crear ambientes de clase propicios para el desarrollo del pensamiento crítico y argumentativo, así como para la consolidación de modelos explicativos que dialogan entre sí, como se puede ampliar en Castiblanco (2019); Castiblanco, Nardi (2015), y Nardi, Castiblanco (2014).

Estas tipologías son nominadas como el experimento casero en donde se hace énfasis en el trabajo en equipo, la caracterización del sistema físico, la creatividad, entre otros aspectos que enriquecen la interacción en la clase; el experimento ilustrativo, que estimula la capacidad de dudar y que facilita el desarrollo de análisis fenomenológicos a partir de cuestionamientos sobre las evidencias; el experimento mental, en el que se pone en juego el lenguaje científico y las formas de representar las ideas que se tienen, a la vez que exige tolerancia entre colegas para poder avanzar en debates que nacen ahí mismo; el experimento discrepante, que cuestiona el sentido común a partir de producir desequilibrios conceptuales por parte del profesor quien, además, colabora para ayudar a los estudiantes a alcanzar algún nivel de aceptación de las ideas organizadas tanto individual como colectivamente; el experimento virtual, gracias al cual se fortalece el significado de modelar matemáticamente un fenómeno físico y se reconoce que los modelos no son completos sino convenientes para determinadas cosas, también el profesor ayuda a identificar obstáculos

* Estudiante de Licenciatura en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC, Colombia). Correo electrónico: iprojasm@correo.udistrital.edu.co

epistemológicos en el uso del lenguaje y a superarlos; el experimento por investigación, que es el menos usado en las clases tradicionales, en el que el profesor asesora la construcción de una pregunta de investigación genuina de los estudiantes, y les orienta el proceso de construcción de respuestas, así como también ayuda a que las conclusiones sean socializadas de la manera más clara posible para todo el mundo.

Además de la experimentación, encontré también como novedosa la forma de acudir a los recursos que ofrece la literatura, no solo para obtener información, sino principalmente para categorizar los recursos bibliográficos de acuerdo con los cambios de roles que permiten en el aula; destaco el uso de literatura de ciencia ficción, libros de texto, divulgación científica y resultados de investigación tanto en física como en enseñanza de la física, como lo describen Castiblanco, Nardi (2018) y Castiblanco (2006). A partir de la ciencia ficción, que es un género en el que se cuentan historias que serían posibles bajo ciertas teorías de las ciencias, y la trama puede girar en torno a robots, viajes estelares, vida extraterrestre, catástrofes naturales, etc., es posible profundizar en debates sobre algunas teorías, orientando a los estudiantes para que analicen qué ideas se ponen en juego y ver qué situaciones son posibles y cuáles no, bajo ciertas teorías físicas. Así mismo, pudimos ver cómo esto motiva y estimula la imaginación de los estudiantes, al incrementar sus posibilidades de participación en la clase. Respecto a los libros de texto, entre los cuales están aquellos para la educación básica y para la universidad, que usualmente presentan un desarrollo temático, encontramos que más allá de seguirlos como recetas, son útiles porque son un punto de partida para la propia creación del docente y del estudiante, inclusive si se tiene cuidado de no asimilar algunos errores conceptuales que puedan contener.

Frente a los textos de divulgación científica, que se piensan escritos para todo el público, hallamos que requieren del acompañamiento del profesor para la comprensión de su lectura y logran crear curiosidad en el estudiante, ya que, por lo general, manejan diversos temas de una manera sencilla y descriptiva, y tratan de explicar los fenómenos en sí, además de generar muchas preguntas que pueden ser analizadas en clase. Por otro lado, en cuanto a los resultados de investigación, estos son una fuente de permanente actualización e inspiración para el docente, lo cual le permite enriquecer su discurso sobre la física y crear nuevos materiales para llevar al aula; además, los estudiantes aprendimos a identificar problemas y metodologías de investigación para resolver preguntas, cuya información se muestra mediante datos, análisis y conclusiones que pueden ser estudiadas en la clase.

Otro recurso que estudiamos para enriquecer la interacción en el aula fueron las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que, de acuerdo con Castiblanco (2016), se pueden también clasificar según las posibilidades que ofrecen de nuevos tratamientos de la física en el aula; categorías como: materiales de audio, video, *software*, registro fotográfico, entre otras.

Quisiera resaltar el uso de materiales de audio en formato de audiolibros o cualquier material producido por el profesor para describir alguna situación, narrar un cuento, etc. Su ventaja radica en que genera gran curiosidad y expectativa en los estudiantes, propicia reflexiones y debates en la clase, además de ser incluyente con la población invidente. Entre dichos recursos, que se pueden buscar o ser producidos por el profesor, también estarían: programas de televisión; videos de clases o de experimentos; películas. Estos involucran una cantidad de aspectos que van más allá de un simple concepto de la física y, por consiguiente, permiten abordar esta ciencia desde la multidisciplinariedad ya que conlleva la necesidad de discutir en clase sobre los aspectos políticos, sociales, económicos, filosóficos, epistemológicos, religiosos, etc., que están en la base de la producción de cualquier discurso puesto en formato de video. Trabajamos particularmente un programa de televisión al cual yo no le veía mayor importancia, pero que luego del análisis, nos inspiró a reflexionar sobre el impacto que tiene este material en la sociedad.

Por otra parte, se encuentra el *software*, que puede ser de toma y análisis de datos, de simulación de fenómenos, animaciones, realidad virtual y realidad aumentada. Cabe resaltar que para hacer uso de los

recursos en esta categoría se requiere de una preparación previa del docente para poder trabajar y aprovechar al máximo los aportes que puede dar a los estudiantes. El docente debe tener suficiente dominio conceptual de los contenidos científicos que se ponen en juego y, además, debe saber que estas TIC hacen que las actividades fluyan en tiempos no habituales a la clase tradicional, pueden acelerar el proceso de cuestionamientos de los estudiantes en torno a la física, y a la producción del mismo material; pero, sobre todo, es necesario tener cuidado para no dejar caer la clase en un mero asombro por lo digital y trascender a la profundidad de los temas.

Otro recurso interesante es el registro fotográfico. Este lo analizamos para tener una mayor comprensión de algunos fenómenos físicos, entre ellos, la fotografía estroboscópica o la fotografía celeste. Aquí, es necesario tener claridad conceptual para entender lo que se está fotografiando, pues el objetivo de estos procesos no consiste solamente en dar un clic y obtener una foto, sino que exigen de una cierta preparación en donde el profesor y los estudiantes deben actuar como un gran equipo de trabajo que traza metas, establece procesos en conjunto y obtiene resultados que deben ser analizados de manera contextualizada.

Por todo lo mencionado, puedo decir que es posible generar un ambiente distinto y un nuevo rol de profesores y estudiantes en el aula. Aunque sean necesarias e interesantes, el modo como se llevan al aula las informaciones impide una verdadera interacción y crecimiento de las personas. Con estos cursos tomé conciencia sobre la importancia de reconocer y respetar la diversidad de personas que hay en un aula; en ese sentido, tratar de estandarizar los procesos no es la mejor manera de enseñar ni de aprender. Para mí es claro, ahora, que es mejor buscar que los alumnos generen un pensamiento crítico que los ayude a poner en tela de juicio los conocimientos que se adquieren, que les dé confianza y que desarrollen un lenguaje científico; pero para lograr esto el docente tiene que cambiar su forma de entender lo que significa *enseñar física*.

El rol del profesor debería ser, en general, el de generar ambientes de clase que ayuden a que los estudiantes mejoren sus formas de argumentar, se posicionen críticamente frente a diferentes situaciones, tanto académicas como personales; esto es difícil, pero se pueden utilizar diferentes recursos que ayudan en este proceso, como las expuestas anteriormente. Resalto que lo importante no es en sí la herramienta o el recurso, sino el papel que cumple el docente, la interacción que genera en la clase y cómo se involucra con los estudiantes para que construyan sus propios modelos explicativos de muchos aspectos de la vida y no exclusivamente de la física.

Referencias bibliográficas

- CASTIBLANCO, O. Julio Verne, una motivación hacia el desarrollo del pensamiento científico. **Pre-impresos Estudiantes**, Bogotá, v. 1, n. 2, pp. 1 -20. 2006.
- CASTIBLANCO, O. Formando profesores de física en torno a caracterizaciones de la experimentación. Tesis de libre docencia. 142 p. Licenciatura en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. 2019.
- CASTIBLANCO, O.; NARDI, R. Analysis of Typologies of experiments for teaching didactics of physics: a case study. En: International Conference on Physics Education. ICPE. Beijing. 2015.
- CASTIBLANCO, O.; NARDI, R. What and how to teach didactics of physics? An approach from disciplinary, sociocultural, and interactional dimensions. **Journal of Science Education**, Bogotá, v. 19, n. 1, pp. 100-117. 2018.
- NARDI, R.; CASTIBLANCO, O. **Didáctica da Física**. Vol. 1. UNESP Ed. Cultura Academica. Sao Paulo, SP: Brasil. 2014.



ENTREVISTA A NUMA ROCH Y RENATA CABRERA

Por Olga Castiblanco 



Crédito foto: Diego Vizcaino.

Numa Roch (NR): MBA de Paris Business School, HEC (2013). Especialista en Economía Azul por la University of Pecs (2014). Presidente de la Arno Coaching – Conseil/ Formation. Trabaja como consejero sobre gestión implementación de proyectos empresariales en Francia, Bélgica y Suiza, enfocados en la estructura organizativa, administrativa y de formación de recursos humanos, a partir de las acciones necesarias para el desarrollo sostenible de esas instituciones y sus contribuciones a la proyección de ciudades sostenibles. Se dedica al estudio e implementación de acciones referentes al modelo de Economía Azul, Fundación Zeri; gracias a lo cual ha participado en experiencias en Francia, Bélgica, Suiza, Brasil, Colombia, entre otros. Traductor al francés del libro *Gunter's fables, to never stop dreaming*.

Olga Castiblanco (OC): Licenciada en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC), Colombia. Magíster en Docencia de la

Física, Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Colombia. Doctora en Educación para la Ciencia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil. Actualmente es docente e investigadora de la UDFJC en Didáctica de la Física. Correo electrónico: olcastiblancoa@udistrital.edu.co

OC: Muchas gracias a los dos por ofrecernos esta oportunidad de conocer sobre sus ideas. En primer lugar, nos gustaría saber ¿cuál es la esencia de la economía azul?

NR: Esta es una iniciativa de un grupo de científicos de la Universidad de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Nace en 1983 con la idea de utilizar los conocimientos científicos para resolver diversos problemas y generar modelos económicos que nos permitan ponernos en acción frente a situaciones como el cambio climático, no solo para reducir la emisión de CO₂, sino para eliminarla,

ya que es prácticamente un suicidio. Entonces, la economía azul se concibe como el diseño de acciones emprendedoras que trabajan a partir de la regeneración del capital ecológico.

OC: ¿Qué impacto tiene esta idea en la transformación social?

NR: Bueno, lo primero es que debemos reconocer que efectivamente el planeta tiene un límite, no podemos pasar más allá de 350 ppm (partes por millón) de CO₂ en la atmósfera, pero también tenemos unos mínimos sociales porque la humanidad tiene un número de necesidades básicas que debe suplir, como agua, alimento, seguridad, etc. Entonces debemos encontrar modelos que le permitan al mayor número de personas tener acceso a recursos que llenen estas necesidades básicas, en primer lugar, las que están a la base de la pirámide de necesidades y que se refieren a la alimentación y la salud. Entonces se ofrecen cursos para que las personas conozcan nuevas opciones de relacionarse con la naturaleza; por ejemplo, en Zimbabue, África, trabajamos enseñando un modelo parisino que utiliza hongos en el arte del cultivo del café, así los caficultores reconocen otras fuentes de producción, ganan autonomía y adquieren una percepción diferente de su relación con los recursos naturales.

OC: Gracias. Estamos, también, con la profesora Renata a quien también agradecemos aceptar esta invitación. Sabemos que está tomando esta filosofía de la economía azul para enriquecer perspectivas sobre la enseñanza de la Biología. Nos gustaría que nos contara cómo está desarrollando este proceso.

RC: Pues... tenemos varios ejemplos, uno de ellos es el trabajo que hacemos con los hongos que son seres vivos, entonces vamos identificando sus características y sus formas de producción, ahí vamos conociendo cuáles son comestibles y cuáles no. Pero queremos ir más allá de la teoría y ver el aspecto práctico, es decir, que los estudiantes sepan que hay muchas otras maneras de tratar a los hongos,

entonces que aprendan, por ejemplo, qué hacer con la basura. La gente bota la basura sin saber que mucha de esta puede ayudar a producir este ser vivo que estamos estudiando, y que a su vez se puede aprovechar en múltiples formas. En este sentido estamos juntando esta nueva visión de economía para utilizar la teoría científica en el día a día y así transformar la vida de las personas.

OC: Tenemos acá en nuestras manos este libro titulado *Gunter's fables, to never stop dreaming (Las fábulas de Gunter, para no dejar de soñar jamás)*, que presenta todo un proyecto de alternativas para relacionarnos con la naturaleza, y en sí mismo es un ejemplo porque está impreso en papel de piedra. Es muy interesante porque está escrito a manera de fábulas y me llama la atención que normalmente el propósito de estas es enviar moralejas a los niños con historias de buenos y malos; pero estas plantean situaciones que pueden resultar muy cotidianas y simples tanto para niños como para adultos. Así, resulta fácil identificarse con ellas y tal vez verse como protagonistas de esas situaciones. ¿Cuál es la estructura de estas fábulas?, ¿cómo es que se desarrolla allí una problemática socioambiental?

NR: La idea con estas fábulas es enseñar la aplicación de las ciencias a la educación y también ofrecer un material innovador que trata de ser lo más integral posible, desarrollando cinco competencias. La primera es sobre el dominio de contenidos de ciencia y tecnología; la segunda, sobre la inteligencia emocional, pero hechas mediante diálogos entre animales que están en el mundo de los humanos; por tanto se integra también la tercera, que es el aspecto cultural, también el aspecto sistémico, es decir, la relación entre la enseñanza de la Biología y los temas científicos, matemáticos, sociológicos, físicos, económicos, históricos, etc., que desarrollan en los niños la capacidad de ponerse en acción relacionando diversos conocimientos para proyectar acciones concretas.

Estas fábulas tienen una estructura: la primera parte es un diálogo en donde el autor introduce la

problemática con preguntas y respuestas de personajes, seguido de la descripción de algunos hechos que ocurren y que pueden resultar datos curiosos o interesantes. En seguida, se plantean algunos experimentos o situaciones que los niños pueden poner a prueba y descubrir la ciencia que tiene a la base. Luego se presentan cuadros que resumen cómo esta situación se relaciona con diversas áreas del conocimiento. Estos cuadros pueden ser usados por los padres o los profesores como una guía para el desarrollo de las actividades. Finalmente se describe cómo el estudio de estas situaciones puede desarrollar la inteligencia emocional, las habilidades artísticas, la visión sistémica y las posibilidades de implementación para crear empresas innovadoras. Se introducen informaciones de interés con ideas concretas que desafían a los niños, por ejemplo, sobre cómo recoger firmas para defender los derechos de los peces de la ciudad. Los niños aprenden sobre la realidad con imaginación que es algo muy útil en la infancia porque para ellos es la misma cosa, pero también para los adultos, pues a menudo, hemos visto que muchos niños reeducan a sus padres al desarrollar esta perspectiva. Para cerrar cada sección de fábula, se presenta una breve biografía del autor con enlaces en donde se puede ampliar la información.

OC: En este proyecto conjunto observamos cómo van encontrando puntos de vista comunes entre esta perspectiva de la economía azul y la de la educación, lo cual efectivamente implica modificaciones en la forma de hacer y vivir estos procesos. ¿Cómo se ve a futuro este proyecto?, ¿hasta dónde será posible transformar la enseñanza de la Biología y la forma misma de hacer Biología?

RC: Pues este es un proyecto totalmente diferente que se sale de los parámetros de las iniciativas usuales de la universidad, en donde primero se hace toda una planeación y un cronograma. Nosotros no hicimos esto, porque empezamos directamente experimentando y poniendo en práctica estas actividades que ya han tenido éxito en otros lugares;

hasta para verificar, porque en Biología hablamos mucho de producciones sustentables, pero siempre se queda en la teoría y pocas veces los estudiantes saben realmente lo que significa. Ellos no tienen claro lo que se puede hacer o producir, entonces vamos más allá de la simple tarea de reciclar en casa, vamos a estudiar la basura, cómo se produce y donde se recolecta y múltiples formas de reutilizarla. Vimos que los estudiantes universitarios quedaron muy emocionados cuando veían concretamente cada cosa que se puede hacer. En este momento, por ejemplo, tenemos un alumno que tiene una pequeña propiedad y está produciendo champiñones, y tenemos la idea de traer esta experiencia para construir fábulas y para estudiar el proceso en el grupo de investigación. En nuestro grupo trabajamos el tema de políticas educativas, entonces vamos a analizar la forma en que los futuros profesores van a hacer prácticas a las escuelas, pues la idea es llevar estas fábulas y desarrollar actividades que van modificando directamente la forma de enseñar la Biología... Pero esto es toda una construcción en donde nos escuchamos todos, pues no se trata de llegar a imponer, sino de responder a necesidades de los alumnos, de los profesores y de todos los involucrados...

OC: Claro, porque es necesario abordar la problemática desde varios frentes ¿no?, por ejemplo, es necesario ver las políticas educativas desde una nueva concepción, donde la escuela tiene que trabajar para la transformación social, también la concepción del profesor de Biología. ¿Qué es lo que los formadores de profesores van a enseñarles para que ellos enseñen a sus alumnos, y también la ciudadanía que va a recibir esas informaciones y esos productos en diversos y novedosos formatos?

RC: Exactamente. Una de las cosas que observé en mi tesis de doctorado, que fue sobre la participación de profesores en las políticas educativas, usando el laboratorio para la enseñanza de la Biología, fue que, si el profesor no está convencido, entonces no se siente parte del proyecto y no va a ejecutar

estas políticas. En Brasil, tenemos políticas muy interesantes y hasta recursos para desarrollarlas, pero por ejemplo en varias escuelas que llegamos, los laboratorios estaban cerrados. Entonces, con este proyecto queremos tomar la experiencia que ya tenemos registrada en la literatura e ir a la escuela, conversar con las personas y conformar equipos con quienes estén dispuestos a desarrollar proyectos innovadores en este sentido. Ya tenemos varias solicitudes de escuelas que quieren tener su huerto, o que quieren que la universidad vaya hasta el colegio a asesorarles posibilidades de estudiar su entorno o de emprender iniciativas. Entonces hasta la propia concepción de formación de profesor va cambiando, pero siempre estamos muy abiertos para escuchar lo que las comunidades tienen para decir.

OC: Estoy de acuerdo, pues creo que la ciencia es un campo de conocimiento, la tecnología es otro campo, la empresa es otro y la educación otro. Entonces tenemos la Biología que ofrece conocimientos que impacta los desarrollos tecnológicos, pero también tenemos *La enseñanza de la Biología*, que no es la misma Biología, porque exige pensar los conceptos de la Biología puestos en un contexto educativo en donde las personas tienen intereses muy particulares y formas de desarrollo de su pensamiento y su vida. Los estudiantes, en general, no tienen mucho interés en dominar una gran cantidad de contenidos científicos, sino más bien, en aprender cosas que les den sentido y que les resulten útiles para algo. De modo que la investigación en Biología es importante como lo es también la investigación en la enseñanza de la Biología, ya que en esta última confluyen tanto la Biología como los conocimientos de muchos otros campos disciplinares que contribuyen a esa interacción en el aula, como en este caso esta perspectiva empresarial de la economía azul que se proyecta como vital para el planeta y la raza humana.

NR: Quisiera decir algo respecto a esta última cuestión sobre la relación entre Biología y enseñanza de la Biología. Pienso que tienen una relación muy

estrecha, pues en la enseñanza influye mucho tanto la forma en que se presentan los contenidos como el fondo de estos. En esta propuesta de fábulas presentamos el contenido de una forma práctica y accesible para los niños. Pero también contiene una nueva forma de pensar y ver la naturaleza en sintonía con lo que planteaba este grupo de científicos en 1983, quienes buscan llegar a las cero emisiones de CO₂, pero además estudian cómo es que la naturaleza se comporta para poder desarrollar biomimetismo, es decir, debemos desarrollar la capacidad de comprender tan bien a la naturaleza, que podamos imitarla para inspirar nuevas tecnologías y soluciones a los problemas que tenemos como humanidad. Entonces, estas fábulas contienen modelos basados en el funcionamiento de la naturaleza que traen en sí una filosofía.

OC: Esa es una verdad y es una perspectiva interesante para la formación del pensamiento de niños y jóvenes. Muchísimas gracias por compartir estas importantes ideas y nuestros mejores deseos para que esta simbiosis entre la economía azul y la enseñanza de la Biología siga dando frutos.

Proyecto de investigación en desarrollo. Educación para el desarrollo sustentable y la articulación necesaria entre diversos actores sociales

El proyecto se dedica a los estudios de caracterización e identificación de las principales acciones realizadas en Brasil y en Francia respecto al desarrollo sustentable, articulados con los objetivos de la agenda 2030 y las contribuciones de la universidad/empresa/sociedad, en la propuesta de alternativas para los problemas ambientales detectados. La primera fase de investigación se enfocó en el estudio de la concepción de los universitarios respecto al consumo y al medioambiente, a partir del concepto *Ecological Footprint* (huella ecológica) propuesta en 1992 por los investigadores William Rees y Mathis Wackenagel. Paralelamente, se busca comprender lo que la población sabe

al respecto de este concepto y qué medidas aplican en su cotidiano para la sustentabilidad de las ciudades. En esa etapa, en proceso, están siendo escuchados visitantes de parques a las ciudades de París (Francia) y Cuiabá (Brasil). Los coordinadores del proyecto buscan que para las demás fases se puedan establecer cooperaciones con otras instituciones de investigación y enseñanza para el desarrollo de investigaciones colaborativas, tanto en los países ya involucrados, como en otros. La iniciativa involucra estudiantes de la carrera de Ciencias Biológicas-Licenciatura, del IB/UFMT, y de investigadores del Grupo de Investigación en Políticas Educativas de la Universidad Federal de Mato Grosso (GPPE-MT).

Proyectos de extensión universitaria e intervención en la comunidad

La colaboración entre el GPPE-MT y la Arno Coaching tiene como propósito ejecutar acciones de intervención social, y llevar la contribución de la investigación científica a la comunidad, haciendo de este un objetivo y compromiso que une al equipo aquí citado. En este sentido, se adelantan conferencias, charlas, minicursos, talleres e intervenciones en la universidad y en escuelas de educación básica en Brasil, en las cuales se discuten las alternativas y propuestas para enfrentar los problemas ambientales, sociales y económicos que impactan el desarrollo sustentable de las ciudades.





WHAT STUDENTS CAN LEARN FROM FIBONACCI'S ERROR IN SOLVING 'THE LION IN THE PIT' PROBLEM

LO QUE PUEDEN APRENDER LOS ESTUDIANTES A PARTIR DEL ERROR DE FIBONACCI AL RESOLVER EL PROBLEMA "EL LEÓN EN EL POZO"

O QUE OS ALUNOS PODEM APRENDER COM O ERRO DE FIBONACCI AO RESOLVER O PROBLEMA "O LEÃO NO POÇO"

Josip Slisko*

Citation: Slisko, J. (2020). What students can learn from Fibonacci's error in solving 'The lion in the pit' problem. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 216-238. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.16041>

Abstract

This initial study presents the results of the classroom implementation of a learning sequence derived from Fibonacci's error in solving 'The lion in the pit' problem. The study was carried out with 35 physics students in a general first-semester course 'Development of complex-thinking skills'. The learning sequence was implemented as a paper-and-pencil activity in personal and group modes. The most important results are the following: (a) Students were able to provide an acceptable procedure about how Fibonacci might get the wrong answer, (b) students can argue why that answer is wrong, (c) some students' solutions presented good conceptual and procedural clarity, frequently missed in historic literature, and (d) students grasped the importance of knowing about errors made by famous mathematicians in two connected aspects: mathematics is a human activity prone to errors and, consequently, fear of errors shouldn't be an obstacle in learning of school mathematics.

Keywords: Fibonacci's error; using history of mathematics in classrooms; learning from errors; problem-solving.

Received: march 03 2020; accepted: march 13 2020

* Ph.D. in philosophy of physics and is a full professor of the Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. He is member of the National System of Researchers (level II). He is interested in students' construction of explanatory and predictive models of physical phenomena, and their struggles to overcome 'fast thinking' in solving mathematical puzzles. Since 1993, he has been organizing the international workshop 'New Trends in Physics Teaching'. Email: jslisko@cfm.buap.mx

Resumen

Este estudio presenta los resultados de la implementación en el aula de una secuencia de aprendizaje derivada del error de Fibonacci al resolver el problema "El león en el pozo". El estudio se realizó con 35 estudiantes de física en un curso general de primer semestre titulado "Desarrollo de habilidades de pensamiento complejo". La secuencia de aprendizaje se implementó como una actividad de lápiz y papel en modos personales y grupales. Los resultados más importantes son los siguientes: (a) Los estudiantes pudieron proporcionar un procedimiento aceptable sobre cómo Fibonacci podría obtener la respuesta incorrecta; (b) los estudiantes pudieron argumentar por qué esa respuesta es incorrecta; (c) las soluciones de algunos estudiantes presentaron un buen concepto y claridad del procedimiento, frecuentemente omitida en la literatura histórica, y (d) los estudiantes comprendieron la importancia de conocer los errores cometidos por matemáticos famosos en dos aspectos relacionados: las matemáticas son una actividad humana propensa a errores y, en consecuencia, el miedo a los errores no debe ser un obstáculo para el aprendizaje de las matemáticas escolares.

Palabras clave: error de Fibonacci; uso de la historia de las matemáticas en las aulas; aprendizaje a partir de errores; resolución de problemas.

Resumo

Este estudo apresenta os resultados da implementação em sala de aula de uma sequência de aprendizado derivada do erro de Fibonacci na resolução do problema "O leão no poço". O estudo foi realizado com 35 estudantes de física numa disciplina geral do primeiro semestre nomeada "Desenvolvimento de habilidades complexas de pensamento". A sequência de aprendizado foi implementada como uma atividade de lápis e papel nos modos pessoal e coletivo. Os resultados mais importantes são os seguintes: (a) Os alunos foram capazes de fornecer um procedimento aceitável sobre como Fibonacci poderia chegar na resposta errada; (b) os alunos podem argumentar por que essa resposta está errada; (c) as soluções de alguns alunos apresentam um bom conceito e clareza do procedimento, frequentemente omitido na literatura histórica; e (d) os alunos entenderam a importância de conhecer os erros cometidos por matemáticos famosos em dois aspectos relacionados: a matemática é uma atividade humana propensa a erros e, conseqüentemente, o medo de erros não deve ser um obstáculo para o aprendizado da matemática na escola.

Palavras-chave: O erro de Fibonacci; uso da história da matemática em sala de aula; aprendendo com os erros; solução de problemas.

Introduction

Danish physicist Niels Bohr, according to scientists' folklore, defined an expert as follows: 'An expert is a man who has made all the mistakes which can be made in a very narrow field.' It may be reformulated by adding an important aspect of expertise and stressing gender neutrality: 'An expert is a person who has made and *self-corrected* all the mistakes which can be made in a very narrow field'. This conception of dialogical interplay of making mistakes and gaining knowledge by correcting them becomes important both in industry and education.

Knowing causes and reducing the impacts of human errors in today's complicated technological systems are priority tasks for many experts in risk management (Reason, 1990; Kletz, 2001; Woods *et al.*, 2010; Dekker, 2014; Taylor, 2016; Strauch, 2017). Bauer, Harteis (2012 p. V) rightly stressed:

Human fallibility is a particular source for practice-based learning. Specifically, learning from errors has become an issue of increased and widespread interest and recognition, as complexity becomes a crucial feature of various domains of daily life: business, society, education.... Two insights are now accepted as features of these domains. Firstly, complex problems and fuzzy rules shape an environment of human behavior which makes errors unavoidable; and, secondly, errors can be fruitful incidents for further development. Hence, contemporary life on the one hand offers the increased prospect of human fallibility, but, on the other hand, provides a rich source for (lifelong) learning.

Metcalf (2017 p. 468), in her review article 'Learning from errors', expressed a strong recommendation: "In comparison with approaches that stress error avoidance, making training more challenging by allowing false starts and errors followed by feedback, discussion, and correction may ultimately lead to better and more flexible transfer of skills to later critical situations".

For such training, it is important to establish a 'constructive error climate' in the classroom:

Although making errors while learning is common, it is also frequently perceived by students as something negative, shameful and is experienced as a potential threat to self-worth. These perceptions often prevent students from regarding errors as learning opportunities. The result is that the potential to learn from them – which is inherent to errors – is not being realized. However, a favorable error climate can support learning from errors and hence foster learning progress. (Steuer, Dresel, 2015 p. 262)

Recently, this approach is gaining support in mathematics education. 'Error reflection' is among evidence-based cognitive principles that positively affect mathematics learning: "Thinking about errors improves problem representation and increases conceptual understanding" (Booth *et al.*, 2017 p. 299).

Fear of making errors is one cause of math anxiety. Arem (2010) formulated a list of 'legitimate math rights' that help in overcoming adverse affective phenomena often present in mathematics education. That list includes the following: "I have the right to make mistakes in math and to learn from those mistakes" (Arem, 2010 p. 73).

In the Chapter 'Why we should love mistakes, struggle, and even failure' of her last book 'Limitless Mind', Joe Boaler (2019 p. 56) gave a neuroscience argument for the 'right to err': "The times when we are struggling and making mistakes are the best times for brain growth".

The same message is sent to children in a cartoon book about the brain: "Making mistakes is one of the best ways your brain learns and grows" (Deak, 2000 p. 22).

To promote learning from errors, teachers should induce students to positive and adaptive affective-motivational reactions to errors. In other words, students should be able to maintain positive emotions and high motivation to learn when faced with mistakes (Matteucci, Soncini, Ciani, 2019).

For such an approach, presenting examples of errors made by mathematicians through history might be useful. Currently, proposals for using history in mathematics learning very rarely mention the role of mistakes.

1. The History of Teaching and Learning Mathematics

Numerous books consider many aspects of historical episodes and materials in teaching and learning mathematics (Katz, 2000; Fauvel, Van Maanen, 2002; Radford, Furinghetti, Hausberger, 2016; Clark et al., 2018). They show that the field is very active and potentially useful for improving how mathematics is taught and learned.

Moreover, various journal articles consider related philosophical, epistemological and pedagogical issues. Some are focused on a single aspect, whereas others take a broader view.

Among the latter, Jankvist's prominent article on 'whys' and 'hows' of using history in mathematics education introduces fundamental notions of 'history as a tool' and 'history as a goal' (Jankvist, 2009). History is seen as a 'tool' when it assists in actual learning and teaching of mathematics. History is a goal in itself if it is used for teaching and learning the historical development of mathematics.

More often than not, authors treat only one specific aspect of the history of mathematics. Katz, for example, sees the study of history of a particular curriculum topic as useful for finding valuable pedagogical ideas (Katz, 1986).

In his many writings, Swetz argued for using historical mathematical problems in classrooms to enrich learning (Swetz, 1989) and for giving mathematics the missing social and epistemological relevance (Swetz, 1984). His well-stated arguments deserve citation:

A more direct approach to historically enriching mathematics instruction and the learning of mathematics is to have students solve some of the problems that interested early mathematicians. Such problems offer case studies of many contemporary topics encountered by students in class. They transport the reader back to the age when the problems were posed and illustrate the mathematical concerns of the period.

Often, these same concerns occupy modern-day mathematical students. This simple realization,

namely, the continuity of mathematical concepts and processes over past centuries, can help motivate learning. Students can experience certain thrill and satisfaction in solving problems that originated centuries ago. In a sense, these problems allow the students to touch the past. (Swetz, 1989 p. 370)

Swetz called attention to art students that commonly visit art museums to gain an appreciation for artist's techniques: mastery of colour, the interplay of light and shadow, and even the significance of the scenes depicted. In such an approach, both cognitive and affective learning take place. His proposal is the following:

Students can also admire mathematical problems from history, as expressions of human genius. But unlike of museum pieces, these problems can be possessed by viewers through a participation in the solution processes. Questions originating hundreds or even thousands years ago can be understood – and answered in today's classroom. What a dramatic realization that is! (Swetz, 1989 p. 376)

Swetz also argued that common teaching practices, without a historical perspective, impose on students a notion of mathematical cultural irrelevance:

We frequently find ourselves concentrating on the teaching of "mathematics" – the symbols, the mechanics, the answer-resulting procedures – without really teaching what mathematics is "all about" – where it comes from, how it was labored on, how ideas were perceived, refined, and developed into useful theories – in brief, its social and human relevance. At best, this practice will produce knowledgeable technicians who can dispassionately use mathematics, but it will also produce students who perceive mathematics as an incomprehensible collection of rules and formulas that appear en masse and threateningly descend on them. (Swetz, 1984 p. 54)

Many authors have summarised arguments in favour of using history in mathematics education. Fauvel (1991 p. 4) gave an impressive list of 15 reasons:

(1) Helps to increase motivation for learning; (2) Gives mathematics a human face; (3) Historical development helps to order the presentation of topics in the curriculum; (4) Showing pupils how concepts have developed helps their understanding; (5) Changes pupils' perceptions of mathematics; (6) Comparing ancient and modern establishes the value of modern techniques; (7) Helps to develop a multicultural approach (8) Provides opportunities for investigations; (9) Past obstacles to development help to explain what today's pupils find hard; (10) Pupils derive comfort from realizing that they are not the only ones with problems; (11) Encourages quicker learners to look further; (12) Helps to explain the role of mathematics in society; (13) Makes mathematics less frightening; (14) Exploring history helps to sustain your own interest and excitement in mathematics; (15) Provides an opportunity for cross-curricular work with other teachers or subjects.

Liu (2003 p. 416) summarised that list, reducing it to five arguments, which should be a basic panoramic guide for interested mathematics teachers:

1. History can help increase motivation and helps develop a positive attitude toward learning.
2. Past obstacles in the development of mathematics can help explain what today's students find difficult.
3. Historical problems can help develop students' mathematical thinking.
4. History reveals the humanistic facets of mathematical knowledge.
5. History gives teachers a guide for teaching.

Liu's fourth argument, related to human nature of doing and knowing mathematics, one of the objectives of the present paper, is among the most popular in teachers' journal writings. For example, Marshall and Rich said the following: "History has a vital role to play in today's mathematics classrooms. It allows students and teachers to think and talk about mathematics in meaningful ways. It demythologizes mathematics by showing that it

is the creation of human beings" (Marshall, Rich, 2000 p. 706).

In promoting this view, Marshall and Rich created a web site with historical information. According to one teacher, the site was visited and used in different ways for mathematical projects carried out by 28 middle-school students. Students enjoyed working on the Internet and found it gratifying, challenging and educational (Marshall, Rich, 2000).

Another argument for 'humanising' mathematicians was given by Lighter (2000 p. 696):

We often study the published works of the great mathematicians, accept them, and use them gratefully as we solve our problems and delve into the abstractions of our chosen field of mathematics. But rarely do we realize that all these developments were the products of human minds. Mathematicians, indeed, are quite human, and they are not always serious! Their lives are full of interesting twists, turns, and quirks that make them all the more human.

This paper is related to a particular 'human feature' of Fibonacci (being prone to error), and it is useful to know what Lighter wrote to 'humanise' this famous mathematician:

He often signed his name Leonardo Bigollo. *Bigollo* meant both *traveler* and *blockhead*, and Fibonacci may have meant to convey that he was a great traveler, which he was. Or he may have taken glee in calling himself a blockhead, which many of his contemporaries considered him, and then proving them wrong through his many significant accomplishments. (Lighter, 2000 p. 696)

Taking into account the influence of mathematical textbooks in shaping teaching and learning, one possible way to sway teachers' pedagogical thinking and practice related to using history is to include history-related information into textbooks. Many research articles analyse the quantity and quality of history included in mathematics textbooks (Park, Jang, 2015; Chang, 2015; Ju, Moon, Song, 2016; Schorcht, 2018).

This paper was partially inspired by Chapter 7 of the large ICMI Study 'History in Mathematics Education' (Fauvel, Van Maanen, 2002). In that chapter, teachers and researchers are encouraged to take 'advantage of errors, alternative conceptions, change of perspective, revision of implicit assumptions and intuitive arguments'. One potentially useful example of using a particular error from history was the following:

A surviving deed from Edfu in Egypt, dating back to the 2nd century BC, gave the area of a quadrilateral as the product of the pairs of arithmetic means of opposite sides. From this the area of a triangle was deduced, as the product of the mean of two sides and one half of the third side. Students can be asked to investigate how good the formula is, when it will give a correct answer and what some special cases yield. (Fauvel, Van Maanen, 2000 p. 220)

In comparison with the error above, an error used in research is more relevant in, at least, four aspects: (1) Although the author of the deed above is nameless, the research errors' author is Fibonacci, a famous mathematician from the XIII century. (2) The same error can be found in many mathematics books written by leading mathematicians over a long period. (3) Its correction was not an easy task for mathematicians and historians of mathematics. Even today, some of them continue to offer an incorrect solution. (4) Students can find correct solutions.

2. Fibonacci's Error: From its Repetitions to its Corrections

The problem is based on the upward and downward motions of a lion, which was solved incorrectly by Fibonacci. It had various previous formulations with a similar mathematical structure. Sandford connected it with the problem that appeared in the work of the Hindu mathematician Mahavira around 850 of Christian era:

In the course of $\frac{3}{7}$ of a day, a ship goes over $\frac{1}{5}$ of a krosá in the ocean; being opposed by the wind

she goes back during the same time $\frac{1}{9}$ of a krosá. Give out, O you who have powerful arms in crossing over the ocean of numbers well, in what time ship will have gone over $99\frac{2}{5}$ krosá? (Sanford, 1951)

The problem was introduced into European mathematics by Fibonacci in his famous book «Liber Abaci», published in 1202 (Sigler, 2002 p. 273):

'On the Lion Who Was in a Pit'

A certain lion is in a certain pit, the depth of which is 50 palms, and he ascends daily $\frac{1}{7}$ of a palm, and descends $\frac{1}{9}$. It is sought in how many days will he leave the pit'.

Fibonacci's solution was the following:

You put it that he will leave the pit in 63 days because 63 is the least common multiple of the 9 and the 7, and you see how far the lion ascends and descends in the 63 days; he ascends indeed 63 sevenths palms that are 9 palms, and he descends 63 ninths that are 7 palms which you subtract from the 9, and there remain 2 palms, and this amount he ascends more than he descends in the 63 days.

Thence you say, for the 63 days that I put, he ascends 2 palms; what shall I put so that he ascends 50 palms? You multiply the 63 by the 50, and you divide by the 2; the quotient will be 1575 days, and in this amount of days the lion will leave the pit.

It is not hard to see that Fibonacci found the wrong, 'quick' answer, after which the lion comes to the edge of the pit only after the last 1575th descent. In other words, Fibonacci, as many of today's pupils and students, used an implicit and impossible assumption of a 'flying lion'.

The correct solution is found by grasping first that the lion should reach the top not from above (by descending!) but from below (by ascending). To calculate the number of «an-ascent-followed-by-a-descent», one has to subtract from the total depth of the pit (50 palms = $\frac{3150}{63}$ palms) the daily ascent of the last day ($\frac{1}{7}$ cubits = $\frac{9}{63}$ cubits). In

this way, «a modified depth» of 3141/63 palms is obtained. That number is divided by the total rise per day equal to 2/63, resulting in 1570.5 ascents and descents.

However, the number of ascents and descents that happen before the last climb must be an integer. It follows that, before the last climb, 1571 full ascents and descents had to occur. In that time, the lion climbed to a height of 3,142/63 cubits. During the last, 1,572nd day, the lion will only climb an additional 8/63 cubits (out of a possible 9/63 cubits). Thus, the exact solution is '1571 8/9 days' or approximately 1572 days.

As Singmaster has shown (Singmaster, 2004), Fibonacci's wrong solution, based on missing appropriate treatment «end effect», has been repeated by many mathematicians for several centuries. Among them was *Jacopo da Firenze*, who, in 1307, one century after Fibonacci, made the same error (Høystrup, 2007). His formulation and solution were the following:

A tower ... is 30 *braccia* high. And at the foot of the said tower there is a serpent, which wants to climb to the top of the tower. And each day it climbs toward the top one third of braccio. And in the night, it descends $\frac{1}{4}$. I want to know in how much time it will have climbed to the top of the said tower. Do this, and say, $\frac{1}{3}$ and $\frac{1}{4}$ one finds in 12. And then say, the $\frac{1}{3}$ of 12 is 4, that is, that they are $\frac{4}{12}$. And then say, the $\frac{1}{4}$ of 12 is 3, that is, $\frac{3}{12}$. So that, as... you see, the serpent climbs the day $\frac{4}{12}$ of braccio. And in the night it descends $\frac{3}{12}$, so that in all it comes to acquire in day and night together $\frac{1}{12}$ of braccio. And in 12 days with the nights it comes to climb one braccio. Now if you want to know in how much (time) it will be on the peak a of which we said to be *braccia* 30 high, then multiply 12 times 30, which makes 360. And in 360 days and nights together it will have climbed on top of the tower. (Høystrup, 2007 pp. 287–288)

As one can easily see, Jacopo replaced the well by a tower, the lion by a snake and changed the rates of climbing and descending. He also defined

climbing as an upward motion during the day and descending as a downward motion during the night.

Calandri (1491, p. 66) combined Fibonacci's and Jacopo's formulations. From Fibonacci, he 'borrowed' the well, its depth and rates of ascending and descending. From Jacopo, he 'borrowed' the snake and upward motions during the day and downward motions at night. A new feature was a drawing that complemented the problem formulation (Figure 1). Calandri did not give a long verbal description of the solving procedure, as Fibonacci and Jacopo did. Instead, the readers had to infer the procedure from three number and schematic illustrations. The result was given verbally: The snake will be out after 1575 days.



Figure 1. The page of Calandri's book with formulation and incorrect solution of the «snake in a well» problem.

Source: Calandri, 1491 (p. 66).

Paolo Dagomari di Prato, known also as Paolo del' Abbaco, was one of the best XIV century mathematicians in Florence. He became the first author to solve Fibonacci's problem in two ways: by using the old erroneous way of Fibonacci and by proposing a novel one leading to the correct solution:

There is a well which is 30 braccia deep. Inside lives a serpent which wants to get outside and climbs up every day $\frac{2}{3}$ of a braccio and slips down every night $\frac{1}{5}$ of a braccio. It is asked in how many days it will be outside of the well. Do as such: subtract $\frac{1}{5}$ from $\frac{2}{3}$, there remains $\frac{7}{15}$, and then you can say, to climb up to the exit, there remains $\frac{7}{15}$ of a braccio to climb per day. And thus say as such: if one day is worth $\frac{7}{15}$, how much you have in 30? And thus multiply 1 with 30, and it makes 30, and divide by $\frac{7}{15}$; do as such: bring 30 to a fifteenfold which is 450, divide it by 7, and what results is $64 \frac{2}{7}$, and you have that in $64 \frac{2}{7}$ days it will be 30 braccia. And it is done.

But note that this calculation can be posed more easily in this way and say as such: how much climbs this serpent in 63 days? Answer that it climbs 29 braccia $\frac{2}{5}$ and now say: $\frac{3}{5}$ of a braccio is missing, in how much time can it climb $\frac{3}{5}$ of a braccio? And therefore say: if $\frac{2}{3}$ of a braccio is worth one day, how much will be worth $\frac{3}{5}$? Multiply one with $\frac{3}{5}$, it makes $\frac{3}{5}$, and divide in $\frac{2}{3}$, what results in $\frac{9}{10}$, and therefore you have that in $\frac{9}{10}$ days it climbs $\frac{3}{5}$ of a braccio. Therefore you can say that this serpent climbs 30 braccia in $63 \frac{9}{10}$ days. And it is true that because of that, the last day we don't need to climb $\frac{1}{5}$ of a braccio, because nothing is added at night, also not having to calculate the ascend of that time, as the ascend not happened. And it is done as you see in $63 \frac{9}{10}$ days. And observing this calculation, you see the shortcomings of the errors committed in the other calculation. (Dell'Abbaco, 1964 pp. 151-153).

It is important to note that Dell'Abbaco gave no conceptual and procedure reason why one should look at the height of the snake after 63 days (and nights) and not after, for instance, 62 days and nights.

In 1522, the German mathematician Adam Ries published his famous book *«Rechnung auff der Linien und Federn»* that, over centuries, had an impressive number of 108 editions. In that book, Ries reformulated, for the first time, Fibonacci's problem for the upward and downward movements of a snail (Deschauer, 2013 p. 107): "A snail is 32 yards deep in a well. She climbs $4 \frac{2}{3}$ of a yard every day and falls back $3 \frac{3}{4}$ of yard every night. In how many days will she come out?".

Ries first expressed the rise as $\frac{14}{3}$ of a yard and the descent as $\frac{15}{4}$ of a yard. Then, he wrote both fractions in the form with the same denominator: $\frac{56}{12}$ of a yard and $\frac{45}{12}$ of a yard. Their difference was $\frac{11}{12}$ of a yard, and this represented a total rise during one day and one night.

Subsequently, Ries also expressed the well depth of 32 yards in twelfths: $\frac{384}{12}$ yards. In the next step, he took into account boundary conditions (the «end effect» in Singmaster's terminology), but instead of subtracting the last day rise of $\frac{56}{12}$ of a yard from $\frac{384}{12}$ of yard, he subtracted the $\frac{45}{12}$ of a yard (a night-time descent). Doing so, Ries got a «modified depth» of $\frac{339}{12}$ of a yard. To obtain the number of days (and nights) required, Ries divided the «modified depth» by a total day-and-night rise of $\frac{11}{12}$ of a yard. In this way, the solution obtained by Ries was $30 \frac{9}{11}$ days. In other words, the snail will exit the well after $\frac{9}{11}$ has passed since the last day.

The Ries procedure was a step in the right direction, but his ' $30 \frac{9}{11}$ days' solution was wrong because he did not take away the daily rise from the total well depth but the night descent. In 1525, Ries published the second edition of his arithmetic book (Figure 2).

In that book, Ries came up with the correct solution ' $30 \frac{54}{56}$ days' but also used a conceptually incorrect procedure for it.

As before, he first subtracted from the initial depth ($\frac{384}{12}$ yards) one night's descent ($\frac{45}{12}$ yards). After that, Ries divided a modified depth ($\frac{339}{12}$ yards) with a total day-night rise ($\frac{11}{12}$ yards). The round-number amount of day and night motions was 30. During this time, the snail realised complete

climbs and descents. Lastly, Ries added *ad hoc* one night's lowering of $45/12$ yards to the rest of $9/12$ of a yard. He interpreted the result $54/12$ as the distance the snail would traverse in the last climb. The result was written in the form '30 $27/28$ days'.

Rechnung auff der linhen
gemacht durch Adam Riesen vonn Staffeln
steyn/ in massen man es pfliget zu lern in allen
rechenschulen grundlich begriffen anno 1518.
vleysiglich vberlesen/ vnd zum andern mall
in trugk voifertiget.



¶ Gedruckt zu Erfordt zumb
Schwarzen Horn.
1525

Figure 2. The front page of Ries' arithmetic book, published in 1525.

Source: Ries, 1525.

The conceptually correct way to perform this solution is as follows: Modified depth ($328/12$ yards) is obtained by subtracting the last daily climb ($56/12$ yards) from the initial depth ($384/12$ yards). When the modified depth ($328/12$) is divided by the day–night rise ($11/12$ of a yard), the result is 29.818 days and nights. However, such a mathematical result is impossible in the real world because it implies that after 0.813 of a rise, 0.818 of a fall follows. Incomplete rise and fall contradict the nature of motions supposed in the problem. Thirty complete days and nights must pass before the last climb. During this

time, the snail climbs $330/12$ yards. On the last day, the snail does not have to climb $56/12$ but only $54/12$ yards. In that way, the snail will spend $54/56$ or $27/28$ of the last and 31st day for his final climb.

3. A Review of Secondary Literature on Fibonacci's Problem and its Posterior Reformulations

One of the most popular problems from Fibonacci's book 'Liber Abaci' is the following:

'On Two Men Having Bread.

There were two men, the first of whom had 3 loaves of bread and the other 2 loaves, and they took a walk to a certain fountain where they met together sitting and eating, and a soldier passed by; they invited him to join them, and he sat down and ate with them, and when they had eaten all the bread the soldier departed leaving them 5 bezants for his share. Of this the first took 3 bezants as he had 3 loaves; the other truly took the other two bezants for his two loaves. It is sought whether the division was just or not.

A certain person asserted that the division was correct as each had one bezant, for each loaf, but this is false because the three ate all five loaves. Whence each took $1 \frac{2}{3}$ loaves; the soldier ate $1 \frac{1}{3}$ loaves, that is $\frac{4}{3}$ from the loaves which the three had. Of the loaves truly the other ate only so much as $\frac{1}{3}$ of one loaf. Therefore the first man took 4 bezants and the other 1 bezant. (Sigler, 2002 pp. 403-404)

Laurence Sigler, translator of 'Liber Abaci' into English, wrote a long critical comment on Fibonacci's solution:

The end of this problem is murky. It is said that each of the three take $\frac{5}{3}$ of a loaf, but the remark about the soldier's eating $\frac{4}{3}$ of a loaf and the second man's eating $\frac{1}{3}$ of a loaf is not clear. How much did the first man eat? The monetary answer given of 4 bezants for the first man and 1 bezant for the second could possibly be obtained with the following reasoning. The first man contributed 3 loaves of bread

and ate $5/3$ loaves. The second man contributed 2 loaves and ate $5/3$ loaves. Valuing the bread at one bezant per loaf because the soldier gave 5 bezants presumably for 5 loaves, the first man had an excess of $4/3$ bezant, contribution minus consumption. The second man had an excess of $1/3$ bezant, contribution minus consumption. Since the ratio is $4/3$ to $1/3$ or 4 to 1, the first man should take 4 bezants and the second 1 bezant. (Sigler, 2002, comment 24 on the Chapter 12, p. 627)

Taking into account this comment and the fact that Sigler corrected many minor errors in his translation of Fibonacci's book, it is rather surprising that he did not notice that Fibonacci's solution to 'Lion in a pit' was erroneous.

Sigler was not the only mathematician who failed to detect the error in Fibonacci's solution. Vera Sanford mentioned the problem three times (Sanford, 1951, 1958, 1972). Only once, she presented a summary of Fibonacci's solution: "Since the lion climbs one palm in seven days, and descends one palm in nine days, in sixty three days he will climb two palms. Therefore to climb 50 palms, he will require 63×25 or 1575 days" (Sanford, 1972 p. 63).

She did not say that the solution is wrong.

Mathematicians have commented that Fibonacci made a mistake and provided a correct solution. One of them is Victor J. Katz:

Another classic problem is that of the lion in the pit:

The pit is 50 feet deep. The lion climbs up $1/7$ of a foot each day and then falls back $1/9$ of a foot each night. How long will it take him to climb out of the pit?

Leonardo here used a version of 'false position'. He assumed the answer to be 63 days, since 63 is divisible by both 7 and 9. Thus, in 63 days the lion will climb up 9 feet and fall down 7, for a net gain of 2 feet. By proportionality, then, to climb 50 feet, the lion will take 1575 days.

(By the way, Leonardo's answer is incorrect. At the end of 1571 days, the lion will be $8/63$ of a foot from the top. On the next day, he will reach the top.) (Katz, 2009 p. 44)

Katz's approach was taken over by Petković (2009). He also first presented the problem:

A lion trapped in a pit 50 feet deep tries to climb out of it. Each day he climbs up $1/7$ of a foot, but each night slips back $1/9$ of a foot. How many days will it take the lion to reach the top of the pit? (Petković, 2009, Problem 11.9, p. 284).

In the footnote, Petković, following Katz, said the following:

Fibonacci, by the way, gave a false solution.... He started from 63 as a number divisible by both 7 and 9 and found that in 63 days the lion would climb up 9 feet and fall down 7. Hence, the lion advances 2 feet every day (should be 63 days, J.S) and, by proportionality, he calculated that the lion would take $(50 : 2) \times 63 = 1575$ days to climb the 50 feet to reach the top of the pit. The correct answer is 1572 days; actually, the lion will be only $8/63$ of a foot from the top at the end of 1571 days, so that he will reach the top all the next day. (Petković, 2009 p. 284)

It is important to note that, neither Katz nor Petković, gave an argument why the position of the lion was calculated after 1571 days and not, for example, after 1570 days. In addition, a pedantic comment regarding historical accuracy – Fibonacci did not define descents as motions during nights.

As Fibonacci, Swetz (2012) didn't connect downward lion's motions with night: "There is a lion in a well whose depth is 50 palms. He climbs $1/7$ of a palm daily and slips back $1/9$ of a palm. In how many days will he get out of the well?" (Swetz, 2012, Chapter 9 'Medieval Europe', Problem 2, p. 87).

Nevertheless, he did not mention the authorship of the problem. Swetz gave a solution of '1,572 days' (Swetz, 2012 p. 171), without saying that original solution '1,575 days' was erroneous.

David Singmaster's monumental work 'Assorted Articles on Recreational Mathematics and the History of Mathematics' can be found at the



Harry Eng's Impossible Bottles

Harry Eng the Master Bottle Filler.

Harry was born in 1932 and died in 1996. He was a school teacher, educational consultant, inventor, and magician. [more]

Solitaire

Solitaire is one of the great classic puzzles.

There are two basic layouts, the English 33 hole and the French 37 hole versions. Moves are made by jumping a piece over a neighbouring piece into a vacant hole. The jumped piece is removed. [more]

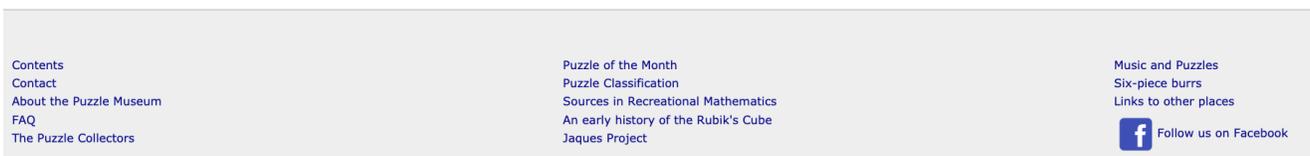


Figure 3. 'Sources in Recreational Mathematics' is a section on the webpage of The Puzzle Museum.

Source: puzzlemuseum.com

webpage of The Puzzle Museum (www.puzzlemuseum.com) in the section on 'Sources in Recreational Mathematics' (Figure 3).

There, he provided an exhaustive revision of literature related to Fibonacci's problem in Section 10.H. 'Snail Climbing out of Well'. He gave a general formulation of 'climbing snail problem' in this way:

A snail is at the bottom of a well which is D deep. He climbs A in the day and slips back B in the night. How long does it take to get out?

The earlier versions had serpents, snakes and lions. The 'end effect' is that when the snail gets to within A of the top, he doesn't slip back.

Singmaster also gave a conceptually correct solution plan:

For convenience, let the net gain per day be $G = A - B$. The solution is to take the least N such that $NG + A = D$, i.e. $N = (D - A)/G$, then interpolate during the daytime of the $(N + 1)$ -st day, getting $(D - NG)/A$ of the day time on the $(N + 1)$ -st day as the time of meeting.

It is strange that Singmaster, when presenting Fibonacci's formulation of the problem, gave neither Fibonacci's solution (without the 'end effect') nor the correct solution, based on his solution plan. Even more surprising is his presentation of the problem in the case of Calandri (1491): "F. 71v. Serpent in well. $+1/7$ in the day and $-1/9$ in the night to go 50. He doesn't consider the end effect, so gives 1575 instead of $1572 \frac{1}{2}$ ".

Therefore, it seems that Singmaster, correcting Calandri's (and Fibonacci's) wrong answer, gave another incorrect answer '1572 $\frac{1}{2}$ ' as a correct one!

The same issue arose with Høyrup's 'correction' of the wrong answer, '360 days (and nights)', given by Jacopo da Firenze for the snake climbing the tower: "We observe that the dress is not taken very seriously: at the end of the 356th day, the serpent has reached the top, and we do not need to count the sliding-down in the subsequent night" (Høyrup, 2007 p. 92)

To see that Høyrup's suggested 'correct' solution is wrong, let us find a real correct solution in the case of Jacopo's formulation of the problem. The serpent climbs $1/3 = 4/12$ braccio during the day and descends $1/4 = 3/12$ braccio during the night. In one whole day-and-night, the serpent rises $1/12$ braccio.

Resting that $4/12$ from the total height of 30 braccio, one gets height that should be covered by fully climbing and descending: $360/12$ braccio – $4/12$ braccio = $356/12$ braccio.

That height ($356/12 = 29 \frac{2}{3}$) has been reached in 356 days-and-nights. Consequently, the height of 30 braccio would be reached, not at the end of the 356th day, as suggested by Høyrup, but at the end of the next 357th day.

This section ends by adding one more example of this disturbing phenomenon when somebody 'corrects' a wrong answer to the 'climbing snail' puzzle by giving another wrong answer. The example comes from a recent published book '*Games and mathematics. Subtle connections*', written by David Wells, a former Cambridge student, chess champion and prolific author of many popular books on mathematics.

With such a background, nobody would expect that Wells would offer an incorrect answer to his formulation of the snail puzzle (Wells, 2012 p. 4):

Another traditional puzzle appeals to me because it sets the solver a trap, albeit

a rather obvious one. Here is one version. A snail — or a serpent or a frog! — lies

at the bottom of a well, 30 units deep. It climbs 6 units every day but falls back

3 units every night. How long does it take to escape from the well?

The obvious answer is that the snail rises 3 units every day-and-night, on balance, so it takes 10 days-and-nights to escape, but this is wrong because it will actually reach the top of the well half-way through the 10th day and after only 9 nights'.

Wells' likely solution strategy is as follows: In 9 days-and-nights, the snail rises 27 units (9×3). During half of the 10th day, he will climb missing 3 units.

Nevertheless, a correct answer is different. The snail should come to the top after the-last-day 6-unit climb. The rest (30 units – 6 units = 24 units) should have been covered in a climbing-and-falling manner: 3 units per day-and-night. As $24/4 = 8$, for eight

days and eight nights, the snail would climb up to 24 units, and during the ninth day, after climbing the missing 6 units, it would reach the top. Therefore, the snail would need 9 whole days and 8 whole nights, not 10 and half days and 9 whole nights, as suggested by Wells.

4. Previous Experimental Studies with Fibonacci's Problems

Sullivan, Panasuk (1997) used a mathematical puzzle that asks about the 'missing' area and leads to an exploration of the Fibonacci sequence to design and implement a genuine students' inquiry whose aim was to connect plane geometry to algebra. They described and discussed the inquiry, the concepts, the solution and an extension that deepened all students' understanding of connections between algebra and geometry.

Taskin et al. (2013 p. 171) used Fibonacci's 'Two towers and two birds' problem to explore students' abilities in applying Polya's four steps in problem-solving. The selected problem had the following formulation:

Two towers, the heights of which are 30 paces and 40 paces, have a 50 paces distance. Between the two towers, there is a font where two birds, flying down from the two towers at the same speed will arrive at the same time. What is the distance of the font from the two towers?

The worksheet was composed of 11 tasks. The first five tasks were about understanding the problem. The task asked for a solution plan, the 7th was about carrying out the plan, and the 8th, 9th and 10th tasks were about looking back. Finally, the 11th task asked students to pose a new problem. The study was implemented with 28 ninth-grade students.

The study showed that students had difficulties understanding the problem because it was given verbally, and the solution depends critically on students' visualisation skills. The other difficulty was related to the evaluation of the obtained result.

Although the outcome of this research is rather negative, the authors suggest that they should use historical problems and Polya's problem-solving steps as group activities.

Gil, Martinho (2016) used the same Fibonacci's 'two towers' problem to foster eighth-grade students' arguing skills. They found that students used different types of arguments that showed different degrees of formality and kinds of reasoning. Students expressed and justified their ideas and interpreted and understood opinions presented to them. Gil, Martinho concluded that the history of mathematics proved to be an enabling tool for mathematics learning, particularly for building a community of mathematical discourse, in which mathematical disagreement was reflected.

Juárez, Hernández, Slisko (2014) explored junior high-school students' performance in solving Fibonacci's 'Two travellers' problem. The 44 students who successfully participated in the study (completing tasks in the worksheet) were training for a Mathematical Olympiad. The worksheet used was the following:

Two travellers

There are two men who propose to go on a long journey, and one will go 20 miles daily. The other truly goes 1 mile the first day, 2 miles second, 3 miles third, and so on, always one more mile daily to the end when they meet. How many days does a second man need to reach the first one?

- a. Describe only in words (without using formulas or mathematical expressions) the plan you have to solve the problem.
- b. Carry out the plan mathematically.
- c. Your solution is: The second traveller reaches the first one after ____ days.
- d. Show below that your solution is correct.

Some students were able to apply the Gauss formula and solved the problem through an algebraic approach. Other students were able to grasp a simple, symmetric feature of the problem situation that permits an easy arithmetic solution without using

algebra. Therefore, these students, in a sense, outperformed Fibonacci!

By contrast, some students showed poor understanding of the problem and made calculation errors not expected from student's who want to participate in a Mathematical Olympiad.

A very complex study using Fibonacci's problems with pre-university students was designed and carried out by Marc Moyon in France (2019). Students first solved the following problem:

A certain man entered a certain pleasure garden through 7 doors, and he took from there a number of apples; when he wished to leave he had to give the first doorkeeper half of all the apples and one more; to the second doorkeeper he gave half of the remaining apples and one more. He gave to the other 5 doorkeepers similarly, and there was one apple left for him. It is sought how many apples there were that he collected.

After that, they were given Fibonacci's algorithmic solution for discussion. Then, students were asked to solve a structurally similar problem in which the man had one apple left after passing 457 doors.

Finally, students compared the 'Apple orchard problem' with Fibonacci's 'A man on business' problem:

A certain man went on business to Lucca to make a profit doubled his money, and he spent there 12 denari. He then left and went through Florence; he there doubled his money, and spent 12 denari. Then he returned to Pisa, doubled his money and it is proposed that he had nothing left. It is sought how much he had at the beginning.

As an important finding of the study, Moyon reported the following:

When pupils engaged with the source, most of them had questions (on terminology or on mathematical procedures) similar to those a professional historian of mathematics would ask, especially when

they compared different historical solutions with their own. It is, for me, a great opportunity to develop the critical thinking of pupils.

5. Objectives and Methodology of this Study

The objectives of this exploration study were to give initial experimental answers to the following research questions:

Are students able to propose a procedure that leads to Fibonacci's erroneous solution of 'Lion in a pit' problem, after being informed that his solution was wrong?

Can students formulate an acceptable plan for finding a correct answer to the Fibonacci's problem?

Are students able to formulate an acceptable plan...

Are students able to demonstrate that their solution is correct?

What do students conclude after learning about an error made by a famous mathematician?

Thirty-five students enrolled in a general first-semester course 'Development of Complex Thinking Skills' (Slisko, 2017) participated in the study. Their cognitive levels were previously measured by 'Test of Logical Thinking' and 'Cognitive Reflection Test' (Slisko, 2017).

The study was based on a 'paper-and-pencil' questionnaire with two modes of answering questions. Students first provided their answers. Subsequently, students were divided randomly into nine groups. Eight groups had four students and one group three. The questionnaire used in the study is provided in Figure 4.

The personal phase lasted 20 min, and in the group phase, students were given 30 min to discuss previous personal answers and formulate group answers.

6. The Results of this Study

After preliminary consideration, the results of this study are briefly presented for each task, taking into account both personal and group performance.

Name _____ Student number _____

A lion in a well
 In his famous work 'Liber abaci', published in 1202, Fibonacci presented and solved the following problem: 'A lion is in a well 50 palms* deep. Daily he ascends 1/7 of palm and descends 1/9 of palm. How many days did he take to get out of the well?'
 *palm – an old unit of length.

1. The solution '1,575 days', presented by Fibonacci, is wrong. How could Fibonacci have come to such an answer?
2. Why Fibonacci's answer is wrong?
3. Describe verbally (without using mathematical expressions) your plan to find the correct answer.
4. Carry out your plan mathematically.
5. To leave the well, the lion took _____ days.
6. Prove that your solution is correct.
7. Do you think it's good to know that even famous mathematicians make mistakes?
 (A) Yes. (b) No. (c) I don't know what to say.
 Underline and justify your answer.

Figure 4. The questionnaire students answered in personal and group modes

Source: elaborated by the author.

a. The Solution '1,575 days', Presented by Fibonacci, is Wrong. How Could Fibonacci Have Come to Such an Answer?

In this task, students were not expected to reproduce Fibonacci's solution. Acceptable performance considered two steps. First, students should have found a daily rise during each day, $\frac{1}{7} - \frac{1}{9} = \frac{2}{63}$. Second, students should have divided 50 (or $3150/63$) by $\frac{2}{63}$ to arrive at 1575 as the number of days. One example of an acceptable group solution is as follows:

In one day, the lion covers the distance $\frac{1}{7} - \frac{1}{9} = \frac{2}{63}$
The total distance was $\frac{50(63)}{63}$.

Due to it, (the lion) needed

$$\frac{\frac{50(63)}{63}}{\frac{2}{63}} = \frac{50(63)(63)}{2(63)} = \frac{50(63)}{2} = \frac{3150}{2} = 1575 \text{ days.}$$

Four groups provided an acceptable solution as a group, having at least one student who was able to find the procedure that leads to Fibonacci's erroneous answer.

Four groups did not provide an acceptable procedure. Nevertheless, at the personal level, at least one acceptable answer was found. Students with acceptable solutions were not able, during discussions, to 'sell' them to the rest of the group.

One group did not come up with an acceptable solution, either on group level or personal level.

b. Why Fibonacci's Answer is Wrong?

In this task, students were expected to recognise that the problem with Fibonacci's answer was the 'flying lion' defect, i.e., the lion gets to the ground level through the last descent. Acceptable answers were variations of the following:

Because he did not take into account that when the lion was near the final $\frac{9}{63}$ of a palm remained to climb, the lion would not need to descend $\frac{7}{63}$ palms, because he would be out of the well.

Seven groups had acceptable descriptions, formulating good arguments of why Fibonacci's solution was wrong.

Two groups did not provide an acceptable description. Their members formulated alternative arguments for incorrectness of Fibonacci's answer:

'Because after 1575 days, he would have reached 50 spans, but he would not come out of the well'.

'Lion size is not taken into account'.

'1575 days are 4.3 years, a lion trapped in a well, without food or water would not be able to survive 4 years in those conditions'.

'Because, maybe, the lion doesn't have to eat and is starving'.

These arguments show that some students question implicit modelling of a lion as a 'particle-like' animal or consider real-life restrictions of lion behaviour.

c. Describe Verbally (without Using Mathematical Expressions) your Plan to Find the Correct Answer

In this task, from nine groups, only four had an approximate idea of a possible plan. Plans were more about what should be taken into account or done and less how to do it precisely:

'We would find the distances that the lion travels during the last days and then we look for a distance to which when advancing $\frac{1}{7}$ of a palm exceeds 50 palms'.

'Analyze the behavior of the lion during the ascent and descent. Pay a special attention to the moment when it is not necessary to go down again'.

'Find on what day the lion takes approximately $\frac{1}{7}$ of a palm to leave the well'.

'The lion ascends $\frac{1}{7}$ of a palm per day and descends $\frac{1}{9}$ of a palm. Per day he travels $\frac{2}{63}$ of a palm, but on the last day it only ascends $\frac{1}{7}$ of a palm and no longer descends because he is already up. Then we subtract this part and see how long it takes to travel the rest. In the end that residue will be added'.

These results were expected, taking into account that verbally planning a solution is not a common activity in problem-solving, at least not in Mexican mathematics and physics pre-university education.

d. Carry Out Your Plan Mathematically

In this task, at a group level, students did not produce a single correct result (1572 days) using a conceptually clear and verbally argued solving procedure. Two groups presented the result using different approaches. The first approach was as follows:

$$\begin{aligned} \text{'1570 days'} &\rightarrow 1570 \cdot \frac{2}{63} \rightarrow 49 + \frac{53}{63} \\ \text{1571 days} &\rightarrow 1571 \cdot \frac{2}{63} \rightarrow 49 + \frac{55}{63} \\ \text{1572 days} &\rightarrow 49 + \frac{55}{63} + \frac{9}{63} = 50 + \frac{1}{63} \end{aligned}$$

Consequently, 1572 days should pass in order to get out'.

Students in this group realised that on the 1572nd day only climbing should happen. That realisation is likely the reason that in the last numerical line the term '+9/63' appears.

The second approach was as follows:

$$\begin{aligned} 50 \text{ palms} - \frac{1}{7} \text{ palms} &= 49 \frac{6}{7} \text{ palms} \\ \frac{49 \frac{6}{7}}{\frac{2}{63}} &= 1570.5 \text{ days} = 1570 \text{ days} + \frac{1}{63} \\ \frac{9}{63} - \frac{7}{63} &= \frac{2}{63} \text{ palms} \end{aligned}$$

After 1570 days, the lion still needs

needs $\frac{1}{63} + \frac{1}{7} = \frac{10}{63} \rightarrow \frac{2}{63}$ sums one day. After 1572 days gets free.

This group had a very good start. They found correctly the 'modified depth' of the well (49 6/7 palms) and the number of days (1570.5 days) to climb it by

rising daily 2/63 of a palm. Instead of rounding up the number of days to 1571 days, they erroneously rounded it down to 1570 days. The correct result of 1572 days was not derived clearly.

Two groups found the result '1571.5 days' again using different but, in deeper view, similar approaches. The first approach was as follows:

As in one day total displacement of the lion is 2/63 palms, then the equation, that describes which time the lion needs to get to the distance y from the surface is:

$$y = 50 - (2/63)t.$$

When to the lion remain 1/7 palms for getting out, the number of days is:

$$1/7 = 50 - (2/63)t = 1570.5 \text{ days}$$

Finally, the lion needs 1-day to move 1/7 palms and get out. Due to it, the lion takes 1571 days and half in getting out.

The second approach was developed as follows:

$$\begin{aligned} 50 - \frac{1}{7} &= \frac{350-1}{7} = \frac{349}{7} = \frac{349 \cdot 63}{7 \cdot 2} = \frac{349 \cdot 7 \cdot 9}{7 \cdot 2} = \frac{3141}{2} = \\ &: 1570.5 \text{ days} + 1 \text{ day climbing 1 palm} = 1571.5 \text{ days} \end{aligned}$$

Neglecting catastrophic errors in using the sign '=' in their arithmetical and algebraic expressions, both groups found the mathematically correct time (1570.5 days) needed to climb the 'modified depth' of 349/7 palms. To that time, they just added mechanically one more day.

Only one student was able to round up 1570.5 days to 1571 days and to find the correct result:

$$\begin{aligned} \frac{3150}{63} - \frac{1}{7} &= \frac{349}{7} \quad \frac{349}{\frac{2}{63}} = 21987/14 = 1570.5 \text{ días} \\ 1571 \cdot \frac{2}{63} &= 49.87 \quad \frac{3142}{63} + \frac{1}{7} = \frac{3151}{63} = 50.009. \end{aligned}$$

Although the answer was not provided in this task, the student stated in the next task that the result is '1572 days'. Again, this student was not able to verbalise adequate arguments to convince his peers that he had the best solution.

In general terms, students were able to get very close to the concept of 'modified depth' and corresponding time, which are the first steps toward a conceptually clear approach to the correct solution. This result is very important in light of errors made by experts.

e. To Leave the Well, the Lion Took _____ Days

The space in this task was filled in differently.

Five groups stated their result as '1572 days'.

Three groups declared the result as '1571.5 days'.

One group had a very strange result of 2280 days'.

One group, who stated their result as '1572 days', is important because, at the individual level, all members of this group stated that the result should be '1576 days. They argued that the lion for 1575 days can only reach the edge of the well, needing one extra day (the 1576th one) to get out.

f. Prove that Your Solution is Correct

Only two of five groups with the correct result of '1572 days' presented clear demonstrations:

"50 palms - $\frac{9}{63} = 49 + \frac{54}{63} \rightarrow$ That should climbed one day before the lion get out.

Consequently, as in 1571 days climbs $49 + (55/63)$, he goes out the next day.

It is correct because in the day 1571(the lion) reached $3142/63$ palms. Due to it, if he climbs $1/7$ of palm or $9/63$ of palm, he will get over 50 palms or $3150/63$ palms.

The demonstration presented by the remaining three groups and three groups with the answer '1571.5 days' were defective, both in conceptual clearness and procedural correctness. One example for '1571.5 days' is as follows:

$$1571.5 - 1 \text{ day} = 1570.5 \text{ day} * \frac{2}{63} = 49.85 + \frac{1}{7} = 50 \text{ palms}$$

It is important to note that in this 'demonstration', students subtract a time (1 day) from a distance (1571.5)! Mathematics teaching may need to pay more attention to the correct use of units in which quantities are measured and expressed.

The group with the proposed 'correct' answer of '2280' did not try to provide a demonstration.

g. Do You Think It's Good to Know that Even Famous Mathematicians Make Mistakes?

In both personal and group phases, students had an opportunity to select and justify one among offered answers: (A) Yes. (b) No. (c) I don't know what to say.

From 27 students who provided their selection at a personal level, 24 selected 'Yes', and 3 selected 'I don't know what to say. At the group level, 8 groups selected 'Yes' and only one selected 'I don't know what to say'.

In general terms, students mostly thought that knowing that famous mathematicians make errors is good because it shows that mathematicians are also humans. Nevertheless, a group (Group 7, see the Appendix) provided a far-reaching view on the issue:

Today, the fear of being wrong, when one proposes something, is very strong, because we see famous mathematicians as people without failures. If we can see them as our equals, who make mistakes just like us, then we can present ideas without phobia of failure, thus encouraging future researchers and scientists not to follow dogmas and provide innovative theories.

It is important to stress that this formulation is a group elaboration because on a personal level it was less developed.

The idea of 'learning from errors' was mentioned explicitly by four students, but only one group included that idea in its argument. This, in a sense, is a negative result that shows that good personal ideas are not always accepted at group levels. It is likely related to students' undeveloped personal debating and communication skills that are necessary to convince others that an idea is worth sharing. Such

occurs even when others have initially different ideas (see the case of Group 8 in Appendix).

7. Conclusions and Recommendations for Teaching and Research

Initial analysis of the results of this study shows that students are able to find the error in Fibonacci's solution. Some went much farther. At personal and group levels, they provided a conceptually clear approach to get a correct answer. This result is important because such solution transparency is missing in some expert treatments of the 'climbing snail problem'.

Moreover, by informing students about Fibonacci's error, this study induced positive student thinking about (1) the 'human face' of mathematicians and (2) a fearless approach to their errors, seeing them as opportunities for learning.

Teachers may wish to inform their students about this or other errors made by mathematicians in the course of history. Especially useful are errors that students can identify and correct. In doing so, students are likely to accept a new 'error culture' in which making and correcting errors is seen as a necessary phase in better mathematics learning. Errors should not be a reason for math anxiety but a path to joyful experiences with school mathematics.

To understand why a correct personal idea is not accepted at the group level or why an 'unpopular' personal view is accepted as a group view, it is necessary to use a methodology that allows observation of details of students' group discussions. Another potentially interesting issue is the relationship between students' cognitive levels and their problem-solving and debating skills.

8. Acknowledgement

I thank to Dr Albrecht Heeffer (Ghent University, Belgium) for translating into English Dall'Abaco's solutions for the climbing snake problem, and to my student Miguel Ángel Sandoval for transcribing students' personal and group hand-written answers.

References

- AREM, C. A. **Conquering math anxiety. A self-help workbook**. Third edition. Brooks/Cole. Belmont, CA. 2010.
- BAUER, J.; HARTEIS, C. (eds.). **Human Fallibility: The Ambiguity of Errors for Work and Learning**. Springer. Dordrecht. 2012. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3941-5>
- BOALER, J. **Limitless Mind. Learn, lead, and live without barriers**. Harper One. New York. 2019.
- BOOTH, J. L. et al. Evidence for cognitive science principles that impact learning in mathematics. In GEARY, D.C. et al. (editors), **Acquisition of complex arithmetic skills and higher-order mathematics concepts**. Academic Press. Amsterdam. 2017. pp. 297-325. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805086-6.00013-8>
- CALANDRI, F. **De Arithmetica**. Lorenzo da Morgiani y Giovanni Thedesco da Maganza. Florencia, 1491.
- CHANG, H. Analysis on Using the History of Mathematics in Chinese Mathematics Textbooks. **Journal for History of Mathematics**, Seoul, Korea, v. 28, n. 1, pp. 15-29. 2015. <https://doi.org/10.14477/jhm.2015.28.1.015>
- CLARK, K. M. et al. (editors). **Mathematics, Education and History. Towards a harmonious partnership. ICME-13 monographs**. Springer. Cham. 2018
- DEAK, J. **Your fantastic elastic brain. Stretch it, shape it**. Little Pickle Press. Belvedere, CA. 2010.
- DEKKER, S. **The Field Guide to Understanding "Human Error"**. Third Edition. Ashgate Publishing Company. Farnham, UK. 2014.
- DELL'ABBACO, P. **Tratatto d'Arithmetica**. Secondo la lezione del Magliabechiano XI, 86 de la Biblioteca Nazionale di Firenze. A cura e con introduzione di Gino Arrighi. Domus Galileana. Pisa. 1964.
- DESCHAUER, S. **Das zweite Rechenbuch von Adam Ries: eine moderne Textfassung mit Kommentar und metrologischem Anhang und einer Einführung in Leben und Werk des Rechenmeisters**. Springer-Verlag. Berlin. 2013.

- FAUVEL, J. Using History in Mathematics Education. **For the Learning of Mathematics**, Edmonton, Canada, v. 11, n. 2, pp. 3-6. 1991.
- FAUVEL, J.; VAN MAANEN, J. (editors). **History in Mathematics Education. The ICMI Study**. Kluwer Academic Publishers. New York. 2002. <https://doi.org/10.1007/0-306-47220-1>
- GIL, P., MARTINHO, M. H. The role of history of mathematics in fostering argumentation: Two towers, two birds and a fountain. In CERME 9 - Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, Charles University in Prague, Faculty of Education; ERME, Feb 2015, Prague, Czech Republic. 2016. pp. 1817-1824.
- HØYRUP, J. **Jacopo da Firenze's Tractatus Algorismi and Early Italian Abacus Culture**. Birkhäuser. Basel. 2007. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8391-6>
- JANKVIST, U. T. A categorization of the "whys" and "hows" of using history in mathematics education. **Educational Studies in Mathematics**, Heidelberg, Germany, v. 71, n. 3, pp. 235-261. 2009. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9174-9>
- JU, M. K.; MOON, J. E.; SONG, R. J. History of mathematics in Korean mathematics textbooks: Implication for using ethnomathematics in culturally diverse school. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Heidelberg, Germany, v. 14, n. 7, pp. 1321-1338. 2016. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9647-0>
- JUÁREZ RAMÍREZ, M. A.; HERNÁNDEZ REBOLLAR, L. A.; SLISKO, J. Fibonacci's motion problem "Two travellers": The solutions given by junior high-school students who were trained for Mathematical Olympiad. **Latin American Journal of Physics Education**, Mexico City, v. 8, n. 3, pp. 390-396. 2014.
- KATZ, V. (editor). **Using History to Teach Mathematics. An International Perspective**. The Mathematical Association of America. Washington, D.C. 2000.
- KATZ, V. J. **A History of Mathematics. An Introduction**. Third Edition. Addison-Wesley. Boston. 2009.
- KATZ, V. J. Using history in teaching mathematics. **For the Learning of Mathematics**, C Edmonton, Canada, v. 3, pp. 13-19. 1986.
- KLETZ, T. **An engineer's view of human error**. Third edition. Institution of Chemical Engineers. Rugby, UK. 2001.
- LIGHTER, J. Mathematicians are human too. **Mathematics Teacher**, Washington, D.C., v. 93, n. 8, pp. 696-699. 2000.
- LIU, P. H. Do teachers need to incorporate the history of mathematics in their teaching? **Mathematics Teacher**, Washington, D.C., v. 96, n. 6, pp. 416-421. 2003.
- MARSHALL, G. L.; RICH, B. S. The role of history in a mathematics class. **The Mathematics Teacher**, Washington, D.C., v. 93, n. 8, pp. 704-706. 2000.
- MATTEUCCI, M. C.; SONCINI, A.; CIANI, A. From failure to success: The potential beneficial role of error. In: COLUMBUS, A. M. (editor), **Advances in Psychology Research**. NOVA Science Publishers. New York. 2019. pp. 111-141.
- METCALFE, J. Learning from Errors. **Annual Review of Psychology**, Princeton, n. 68, pp. 465-489. 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022>
- MOYON, M. Teaching Mathematics and Algorithmics with Recreational Problems: The Liber Abaci of Fibonacci. In: BARBIN, É. et al. (editors). **Proceedings of the Eighth European Summer University on History and Epistemology in mathematics Education (ESU-8)** (Skriptserie 2019, nr. 11). Oslo Metropolitan University. Oslo. 2019.
- PARK, J.; JANG, D. Study on Criticism and Alternative on the History of Mathematics Described in the Secondary School Mathematics Textbooks. **Communications of Mathematical Education**, Seoul, Korea, v. 29, n. 2, pp. 157-196. 2015. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2015.29.2.157>
- PETKOVIĆ, M. S. **Famous Puzzles of Great Mathematicians**. American Mathematical Society. Providence. 2009. <https://doi.org/10.1090/mbk/063>
- RADFORD, L.; FURINGHETTI, F.; HAUSBERGER, T. (editors). **Proceedings of the 2016 ICME**

- Satellite Meeting of the International Study Group on the Relations Between the History and Pedagogy of Mathematics.** IREM de Montpellier. Montpellier. 2016.
- REASON, J. **Human Error.** Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1990.
- RIES, A. **Rechnung auff der linihen.** Maler. Erfurt. 1525.
- SANFORD, V. The problem of the lion in the well. **The Mathematics Teacher**, Washington, D.C., v. 44, n. 3, pp. 196-197. 1951.
- SANFORD, V. **A Short History of Mathematics.** The Riverside Press. Cambridge, MA. 1958.
- SANFORD, V. **The History and Significance of Certain Standard Problems in Algebra.** AMS Press. New York. 1972. This is a reprint edition of original edition published in 1927 by College Press, New York.
- SCHORCHT, S. History of Mathematics in German Mathematics Textbooks. In: Clark, K. M. et al. (editors). **Mathematics, Education and History.** Springer. Cham. 2018. pp. 143-162. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73924-3_8
- SIGLER, L. E. **Fibonacci's Liber Abaci: a translation into modern English of Leonardo Pisano's Book of calculation.** Springer. New York. 2002.
- SINGMASTER, D. **Sources in Recreational Mathematics. An Annotated Bibliography.** Eight Preliminary Edition. The Puzzle Museum. London. 2004.
- SLISKO, J. Self-Regulated Learning in A General University Course: Design of Learning Tasks, Their Implementation and Measured Cognitive Effects. **Journal of European Education**, Kayseri, Turkey, v. 7, n. 2, pp. 12-24. 2017.
- STEUER, G.; DRESEL, M. A constructive error climate as an element of effective learning environments. **Psychological Test and Assessment Modeling**, Lengerich, Germany, v. 57, n. 2, pp. 262-275. 2015.
- STRAUCH, B. **Investigating Human Error: Incidents, Accidents, and Complex Systems.** Second Edition. CRC Press. Boca Raton, FL. 2017. <https://doi.org/10.4324/9781315251851>
- SULLIVAN, M. M.; PANASUK, R. M. Fibonacci numbers and an area puzzle: Connecting geometry and algebra in the mathematics classroom. **School Science and Mathematics**, Stillwater, Oklahoma, v. 97, n. 3, pp. 132-138. 1997. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1997.tb17356.x>
- SWETZ, F. J. Seeking relevance? Try the history of mathematics. **The Mathematics Teacher**, Washington, D. C., v. 77, n. 1, pp. 54-47. 1984.
- SWETZ, F. J. Using Problems from the History of Mathematics in Classroom. **The Mathematics Teacher**, Washington, D. C., v. 82, n. 5, pp. 370-377. 1989.
- SWETZ, F. J. **Mathematical expeditions: Exploring word problems across the ages.** Johns Hopkins University Press. Baltimore. 2012.
- TASKIN, D.; YILDIZ, C.; KANBOLAT, O.; BAKI, A. Reflections of Problem Solving Environment Based on Group Work: Example of Fibonacci Problem. **Mediterranean Journal of Educational Research**, Canakkale, Turkey, v. 14a, pp. 170-175. 2013.
- TAYLOR, J. R. **Human Error in Process Plant Design and Operation: A Practitioner's Guide.** CRC Press. Boca Raton, FL. 2016. <https://doi.org/10.1201/b19075>
- WELLS, D. **Games and mathematics. Subtle connections.** Cambridge University Press. New York. 2012. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139175838>
- WOODS, D. D. **Behind Human Error.** Second Edition. Ashgate Publishing Company. UK. 2010.



Appendix

Transcripts of personal and group answers and arguments.

Table 1. Personal and group answers and arguments of Group 1.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. Because one has to think about real situations and not just trust the calculations.</p> <p>Yes. To know that, no matter how good you are at something, anyone can make mistakes and <i>learn even more from that situation</i>.</p> <p>Yes. It helps us to know human limitations and to understand the need to stop to think and be humble because everyone make mistakes.</p>	<p>Yes. To be aware that, although we are very good at what we do, being human, we are not exempt from making mistakes.</p>

Table 2. Personal and group answers and arguments of Group 2.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. It helps us to know that we all have failures, <i>we all make mistakes and that does not make us dumb</i>. One could say that it even increases our knowledge.</p> <p>Yes. It is good because, in order to arrive at an answer, the right path is not always chosen and that when one has an answer it will not necessarily be correct, but it has to be the most common and adequate.</p> <p>Yes. That means that one doesn't have to take anything for granted. Therefore there is always an opportunity to discover new things.</p> <p>Yes. Because it's good that nobody is perfect and everyone can be wrong.</p>	<p>Yes. Why it allows new things to continue to be discovered.</p>

Table 3. Personal and group answers and arguments of Group 3.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. In this way the geniuses are not so idealized.</p> <p>I do not know what to say. I don't know why even famous mathematicians are persons and they have mistakes and that is why things we think today may or may not have mistakes and on that depends the analysis of situations.</p>	<p>Yes. It seems fine because we realize that we all have mistakes.</p>

Table 4. Personal and group answers and arguments of Group 4.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. Because, even if someone is important or who has prepared a lot, we can slip and fall into traps. That is why we have to analyze well to avoid them as much as possible.</p> <p>Yes. It is good to hear this because it reminds us that we are all human and there is always a room for error. Even more motivating is the fact that <i>one learns from mistakes and based on them, the knowledge is potentiated</i>.</p> <p>I do not know what to say. It's a relief, but I don't believe it's good.</p>	<p>Yes. It is good to know since it makes us see that, after all, we are all human and we all make mistakes, but we can also come to learn from them.</p>

Table 5. Personal and group answers and arguments of Group 5.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. As the popular saying goes "even the best hunter is going to miss the hare." I think that <i>making a mistake is something that helps us grow and improve</i>. After all, are we human and to err is human?</p> <p>Yes, because that means that they are human and not perfect gods, and that anyone can make a mistake and that does not detract from anyone nor does it less.</p> <p>Yes. Because then I no longer feel bad if sometimes I get to be wrong in different aspects of other situations that are presented to me in college.</p>	<p>Yes. Humans make errors, Mathematicians are human, Thus, Mathematicians make errors.</p>

Table 6. Personal and group answers and arguments of Group 6.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. Because it helps me to remember that it is normal to be wrong.</p> <p>Yes. It is comfortable to know that even great minds can make mistakes and that perfection is not needed to do what you are passionate about.</p> <p>Yes. That means that nobody is completely perfect and that making mistakes is not something to be ashamed of.</p> <p>Yes. That shows they are human and me too.</p>	<p>Yes. Because that means we can all make mistakes and that is not bad.</p>

Table 7. Personal and group answers and arguments of Group 7.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. Since the student fears less to propose ideas if he reduces the fear of making mistakes after seeing that even the best ones make mistakes.</p>	<p>Yes. Today, the fear of being wrong, when one proposes something, is very strong, because we see famous mathematicians as people without failures. If we can see them as our equals, who make mistakes just like us, then we can present ideas without phobia of failure, thus encouraging future researchers and scientists not to follow dogmas and provide innovative theories.</p>

Table 8. Personal and group answers and arguments of Group 8.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. Because <i>from them you learn and it doesn't happen again</i>.</p> <p>Yes. Perhaps, if there was no other famous mathematician to correct those errors we could not verify that those works have errors or not. It is likely that their accepted theories have an error but we do not know it.</p> <p>Yes. Because that way we can realize that no person is exempt from making mistakes.</p> <p>I do not know what to say. Good no, but not bad either. Everyone makes mistakes either because of confusions careless ignorance among other things. The fact that he is a famous mathematician does not mean that he is exempt from errors, since he was not always the same as he did not become famous for never erring but for what he did or discovered despite his mistakes.</p>	<p>I do not know what to say.</p> <p>It's not good, but it's not bad either, since everyone makes mistakes. Moreover, not only because he is a famous mathematician, he cannot make mistakes, since he did not become famous for not making mistakes, but for what he did or discovered despite his mistakes.</p>

Table 9. Personal and group answers and arguments of Group 9.

Personal answers and arguments	Group answer and arguments
<p>Yes. Because we always see them as "gods" and it helps you to know that sometimes they make mistakes.</p> <p>Yes. I think it's good, since <i>one learns from mistakes</i>. So every time a mathematician makes these mistakes, people begin to doubt and learn about their mistakes. Besides that, we manage to appreciate obvious data in an easier way. It would be bad if these errors were to cause a lack of control or a damage.</p> <p>Yes. Because we believe they are perfect and that they made no mistakes. We tend to compare ourselves with them and believe them unattainable, but they are equally human.</p>	<p>Yes. To reaffirm that they are also human. Therefore, mathematicians, too, make mistakes like everyone else.</p>



LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CUÁNTICA: UNA COMPARATIVA DE TRES PAÍSES

THE TEACHING OF QUANTUM PHYSICS: A COMPARISON OF THREE COUNTRIES

O ENSINO DA FÍSICA QUÂNTICA: UMA COMPARAÇÃO DE TRÊS PAÍSES

Eduardo Miguel González* , Zulma Estela Muñoz Burbano** y Jordi Solbes***

Cómo citar este artículo: González, E.M., Muñoz Burbano, Z.E. y Solbes, J. (2020). La enseñanza de la física cuántica: una comparativa de tres países. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 239-250. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.15619>

Resumen

La investigación en enseñanza de la teoría cuántica en los niveles medio, de formación docente y en carreras universitarias es un tema de actualidad. Aquí presentaremos algunos de nuestros estudios al respecto, los cuales fueron realizados junto a otros colegas en España, Argentina y Colombia, en ese orden temporal. La metodología utilizada fue el análisis de los currículos vigentes de nivel medio y de formación docente, de libros de textos y entrevistas semiestructuradas a docentes. A ello se suma una reflexión sobre algunas propuestas de transformación didáctica de las que hemos participado. Es muy interesante el hecho de que, más allá de las diferencias en tiempos y sistemas formativos, parece haber mucha similitud en las dificultades encontradas en la realidad educativa de esta temática. Estas radican tanto en la presencia de fuertes preconcepciones como en la carencia de abordajes complejos que puedan facilitar su evolución.

Palabras clave: educación científica; formación de profesores; física cuántica.

Recibido: 29 de noviembre de 2019; aprobado: 12 de marzo de 2020

* Doctor en Ciencias Físicas. Docente de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Correo electrónico: edumgonza@yahoo.com.ar

** Magíster en Educación, Universidad de Nariño, Colombia. Actualmente se desempeña como docente en la Facultad de Educación de la misma institución. Correo electrónico: zulmamu0706@hotmail.com

*** Doctor en Ciencias Físicas. Docente del Departamento de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Valencia, España. Correo electrónico: Jordi.solbes@uv.es

Abstract

In the teaching of quantum theory at intermediate levels, teacher education and university careers is a major topic. This paper presents some of the researchers' studies on this subject, carried out jointly with their colleagues from Spain, Argentina, and Colombia, in this temporal order. The methodology used was the analysis of current mid-level curricula, teacher training techniques, textbooks, and semi-structured interviews with teachers. A reflection is added on some didactic transformation proposals in which the researchers participated. It is very interesting that, besides the differences in time and training systems, there seems to be much similarity in the difficulties encountered in the educational reality of this subject—they both face strong prejudice and lack of complex approaches that can facilitate their evolution.

Keywords: science education; teachers training; quantum physics.

Resumo

A pesquisa no ensino da teoria quântica nos níveis de educação média, a formação de professores e as carreiras universitárias são um tópico de grande relevância atual. Aqui, apresentaremos alguns de nossos estudos sobre esse assunto, realizados em conjunto com outros colegas da Espanha, Argentina e Colômbia, nessa ordem temporal. A metodologia utilizada foi a análise dos currículos atuais de nível médio e a formação de professores, livros didáticos e entrevistas semi estruturadas com os professores. A isto, se acrescenta uma reflexão sobre algumas propostas de transformação didática das quais participamos. É muito interessante que, além das diferenças de tempo e sistemas de treinamento, pareça haver muita semelhança nas dificuldades encontradas na realidade educacional desse assunto. Encontram-se tanto na presença de fortes preconceitos quanto na falta de abordagens complexas que possam facilitar sua evolução.

Palavras-chave: educação científica; formação profissional; Física quântica.

Introducción

Este artículo corresponde a una reflexión documentada, producto de la investigación didáctica. El objetivo es generar un espacio de reflexión en torno a los problemas que actualmente puede presentar la enseñanza de la física cuántica en la educación secundaria de España, Argentina y Colombia. No se trata de una investigación comparada, pero sí es nuestra pretensión abrir el escenario para que se dé este tipo de investigaciones, que fortalezcan la educación científica de nuestros países.

La enseñanza de la física cuántica ha sido motivo de debate en cuanto a su pertinencia en la educación secundaria. Fruto de ese debate, países como España llevan ya una larga tradición de haber incluido en sus currículos esta temática en la educación secundaria. En Latinoamérica, Brasil y Argentina de igual manera incluyen en la educación secundaria la enseñanza de la física cuántica, situación que no se presenta en Colombia.

1. Razones para introducir la enseñanza de la teoría cuántica

La física cuántica se enseña por múltiples razones en la educación secundaria y en la formación docente en muchos países (Kalkanis, Hadzidaki, Stavrou, 2003; Sinarcas, Solbes, 2013; Krijtenburg-Lewerissa *et al.* 2019):

- i. En naturaleza e historia de la ciencia, la física cuántica permite dar una imagen más correcta de cómo se desarrolla la ciencia, familiarizando a los alumnos con la forma de trabajo de los científicos que elaboran modelos para explicar los problemas, hasta que surgen dificultades que obligan a cambiarlos. La utilización de modelos es algo frecuente en la práctica corriente de los científicos que pueden basarse en los de la anterior teoría, como aproximaciones. Ser capaz de moverse entre física clásica y cuántica es un objetivo deseable para mejorar las visiones del trabajo científico y de los instrumentos de aproximación que se utilizan en cada caso.
- ii. En aspectos conceptuales, la física cuántica es necesaria para una interpretación adecuada de la estructura de la materia y la evolución de los fenómenos microscópicos. Además, es imprescindible para entender el mundo que nos rodea y está cada vez más presente en otras disciplinas como biología, química o medicina. Comprender estas cuestiones nos adentra, si se quiere, a un nivel ontológico, puesto que nos obliga a cuestionar las visiones clásicas de la realidad y a asumir, por tanto, una apertura más amplia de su conocimiento.
- iii. En las relaciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS), por la creciente importancia de las aplicaciones de la física cuántica en nuestra sociedad: láser, electrónica (celulares, ordenadores), superconductividad (trenes *maglev* y producción de campos magnéticos intensos), nuevos materiales (grafeno, placas fotovoltaicas), microscopios de efecto túnel que permiten formar imágenes de átomos (fundamentales en nanotecnología y en nanociencia), resonancia magnética, etc. Estos conocimientos son accesibles a los docentes y al público en general, solo que muchas veces no son reconocidos como tales o no se entiende su vinculación con la teoría cuántica.
- iv. Por otra parte, recientemente se está recurriendo a la física cuántica para legitimar creencias (como teología o misticismo cuánticos) o pseudociencias: educación o curación cuánticas. Las primeras son temas personales, pero la supuesta curación es un peligro para la salud pública, porque ha hecho que enfermos graves abandonen los tratamientos prescritos por los médicos. Esto apoyándose en el prestigio científico de la física cuántica y en las dificultades de la visión cuántica del comportamiento de la materia, más en concreto, en interpretaciones que unen indisolublemente la indeterminación a la observación o que atribuyen las propiedades de los electrones a las decisiones conscientes del observador, se afirma que la mente o la consciencia pueden curar el cuerpo (Solbes, 2013).

- v. A nivel actitudinal, porque a los alumnos les interesan estos temas (no solo las aplicaciones de la cuántica, sino también aspectos más teóricos, que les llaman la atención), los cuales contribuyen a mejorar su aprendizaje. En ese sentido, algunas propuestas didácticas (Osterman, Prado, 2005; Fanaro, 2009; Pereyra, Ostermann y Cavalcanti, 2009; Castrillón, Freire, Rodríguez, 2014) ponen en primer plano los aspectos más *impactantes* o controversiales de la física cuántica, como el interferómetro de Mach Zehnder, la teletransportación, etc.

2. Situación en España

En España, los temas vinculados con la física moderna están incluidos desde hace bastantes años en el currículo. En la Ley General de Educación (LGE) de 1970, se comenzó a introducir la física cuántica, pero no la relatividad, en el último curso del Bachillerato Unificado Polivalente (BUP) (17 años) y en el Curso de Orientación Universitaria (COU) (18 años), en concreto, la *estructura atómica* en la física y química de 3º de BUP (de 4 h semanales) y en la química de COU (4 h) y la *Naturaleza de la luz. Dualidad onda corpúsculo* en la Física de COU (4 h). En la física, se enseñaba cuantización de la luz (completando los modelos de la luz) pero, como había mucha física clásica que enseñar, podía no impartirse. En cambio, en química se introducía la cuantización de la materia, es decir, los modelos atómicos, situados al principio del temario y necesarios para explicar la tabla periódica. De tal modo, se presentaba el conocimiento en dos canales separados e incompletos. El análisis de dicha introducción (Solbes 1986; Gil, Senent, Solbes 1986, 1988; Solbes, Calatayud, Climent, Navarro, 1987; Gil, Solbes, 1993) puso de manifiesto que:

- i. La enseñanza de la física cuántica, como se puede apreciar en libros de texto y en cuestionarios al profesorado, viene caracterizada por una introducción desestructurada que simplemente juxtapone o incluso mezcla las concepciones

clásicas y modernas, perjudicando por tanto la correcta comprensión de ambas y proporcionando una imagen deformada de cómo se desarrolla la ciencia y de la propia metodología científica. Se habla de manera poco clara de la dualidad, como si el electrón fuese onda y corpúsculo a la vez o como si fuese una partícula *asociada* de una onda. Otros consideran el electrón como un corpúsculo, limitando la dualidad de toda la materia a la luz.

- ii. En consecuencia, dicha presentación dificulta que el alumnado alcance una mínima comprensión, ni siquiera cualitativa, de las ideas y conceptos fundamentales del nuevo paradigma. En particular, encontramos elevados porcentajes de alumnos de BUP y COU que: desconocen la existencia de crisis en el desarrollo de la física, no citan ninguno de los problemas que provocaron dicha crisis y no mencionan ninguna de las diferencias entre física clásica y cuántica.

Atendiendo a esta realidad, se elaboró una propuesta para estudiantes de BUP y de COU (Solbes, 1986; Gil, Senent, Solbes, 1986; Gil, Solbes, 1993) que tomaba como punto de partida las dificultades insuperables que originaron la crisis de la física clásica, los límites de validez de esta, e intentaba mostrar las diferencias entre la visión clásica y la moderna sobre el comportamiento de la materia. Además, dicha propuesta intenta superar las dificultades introducidas en la programación oficial y los libros de textos basados en la misma.

Veinte años después, la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE), de 1990, estableció la nueva estructura del sistema educativo: Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) de 4 años de duración (13-16 años) y el bachillerato de 2 años (opcional, 17-18 años), que aún se conserva. Pero, mantuvo la *estructura atómica* en la física y química de 1º de bachillerato y en la química de 2º de Bachillerato y consolidó la presencia de la física moderna en la física de 2º de bachillerato con la introducción de la crisis de la física clásica y el surgimiento de la física cuántica, elementos de física relativista,

elementos de física cuántica y física nuclear y de partículas. En las sucesivas leyes educativas, no ha habido cambios sustanciales en la enseñanza de la física cuántica.

Por ello, nos planteamos un nuevo estudio en la situación de la cuántica para ver si su enseñanza y aprendizaje había mejorado. Encontramos en los trabajos de Solbes, Sinarcas (2009, 2010), y Sinarcas, Solbes (2013) que:

El análisis de textos, utilizados por el 90 % del profesorado durante el 95 % del tiempo (Caldeira, 1992), mostró que estos, considerados globalmente, presentan características que no favorecen el correcto aprendizaje de la física cuántica e, incluso, introducen algunas ideas incorrectas sobre temas como la dualidad (por ejemplo, parece que esta se aplica a los electrones pero no a los fotones), las relaciones de Heisenberg (solo dos libros relacionan la incertidumbre como intrínseca a la propia naturaleza de los entes cuánticos), lo cual no favorece que los estudiantes comprendan lo que podemos o no conocer de los sistemas cuánticos, etc.

Por otra parte, en España los profesores de física y química de secundaria son licenciados en química (más del 80 %), física (10 %) y el resto, otras licenciaturas como ingenierías, bioquímica, etc., que hasta 2010 completaban su formación de 5 años con un curso de aptitud pedagógica (CAP), breve (menos de 200 h). Ahora, por la Declaración de Bolonia, acuerdo que en 1999 firmaron los ministros de Educación de diversos países de Europa para iniciar una convergencia que facilite el intercambio de titulados, las licenciaturas duran un año menos, pero deben cursar el máster de formación del profesorado de secundaria de un año de duración (600 h). Los físicos (con cuántica, estado sólido, etc.) tienen una aceptable formación en contenidos, pero el resto no. Ninguno tiene formación en cómo enseñarlos, porque ni en la licenciatura ni en el máster hay cursos sobre didáctica de la física moderna. Por eso, el profesorado introduce de forma acrítica los conceptos desde orientaciones que no tienen en cuenta los resultados de la investigación didáctica.

Además, textos y profesores introducen errores conceptuales de dos tipos: los directos o explícitos, por interpretaciones incorrectas que, en parte, coinciden con las que se cometieron en el desarrollo histórico de la física cuántica y en desacuerdo con las concepciones actualmente vigentes; y los implícitos, por falta de un tratamiento didáctico clarificador que muestre cómo las nuevas ideas entran en conflicto con las clásicas y, por tanto, con la estructura conceptual del alumno. En consecuencia:

La mayoría del alumnado no es capaz de explicar satisfactoriamente los espectros discontinuos a partir del modelo de Bohr, lo que puede entorpecer la comprensión de la cuantificación.

Los estudiantes no entienden los electrones, protones, neutrones, fotones, etc., como objetos de tipo nuevo, es decir, distintos de los modelos clásicos de partícula y onda. Este patrón se repite en profesores y textos.

Generalmente, el alumnado no entiende adecuadamente el significado de las relaciones de incertidumbre de Heisenberg.

- Un bajísimo porcentaje caracteriza de forma adecuada el estado de un electrón basándose en un modelo más general que el clásico, para describir su comportamiento a partir de la función de ondas o función de estado de Schrödinger.
- Muy pocos alumnos son capaces de señalar dos diferencias correctas entre la física clásica y la cuántica.
- De igual manera, muy pocos alumnos pueden dar tres ejemplos de implicaciones tecnológicas de la cuántica, y ninguno habla de las implicaciones sociales. Esta limitación la encontramos también en libros y profesores.

En resumen, podemos decir que los estudiantes no comprenden conceptos básicos de física cuántica en gran parte porque la enseñanza realizada no favorece la superación de sus dificultades.

Según investigaciones recientes (Kalkanis *et al.* 2003; Kragh, 2007; Solbes, Sinarcas, 2009), parece que la principal dificultad que tienen los alumnos

en el aprendizaje de la física cuántica es ontológica: no son capaces de comprender que los electrones, fotones, etc., no son ni ondas ni partículas clásicas, sino objetos nuevos con un comportamiento nuevo, el cuántico (Levy-Leblond, 2003). Otras investigaciones (Solbes, Sinarcas, 2009) muestran que además de las dificultades conceptuales también pueden aparecer dificultades epistemológicas asociadas con lo que se puede o no conocer y, por tanto, con las relaciones de indeterminación y con la interpretación probabilista. Aunque muchos las denominan *principio de incertidumbre*, no es un principio, sino una consecuencia de estas, y hablar de incertidumbre da la sensación de que no se puedan conocer la posición x o la cantidad de movimiento p con precisión, cuando nada impide un estado de movimiento en el que x o p se conozcan con altísima precisión; lo imposible es determinar simultáneamente con precisión absoluta x y p (Levy-Leblond, 2002; Solbes, 2018). Por ello, se desarrolló una nueva propuesta que intenta superarlas (Solbes, Sinarcas, 2010) evaluada con ocho grupos de 2º de bachillerato de tres institutos de secundaria a lo largo de cuatro cursos, con resultados que ponen de manifiesto una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos cuánticos (Sinarcas, 2015).

3. Situación en Argentina

En Argentina existe un sistema no universitario, los Institutos de Educación Superior o Profesorados *terciarios*, destinados a la formación docente inicial. Estos terciarios, si bien cumplieron durante décadas con su misión de proveer docentes al sistema educativo, con el paso del tiempo quedaron alejados de los criterios de dedicación, investigación y producción de conocimientos que eran necesarios según las nuevas demandas educativas. Ello devino en limitaciones estructurales que hacían imposible alcanzar la excelencia anhelada (Maiztegui *et al.* 2001).

Esta realidad se ha modificado en dos sentidos: las universidades se han involucrado recientemente en esta problemática y han creado carreras de

formación docente con título de grado; y se han iniciado procesos de transformación de aquellos *terciarios* para acercarlos a las adecuadas condiciones de dedicación y excelencia. Algunos de esos avances se apreciarán en los diseños curriculares que analizamos.

Los temas incluidos en *la física del siglo XX* se desarrollaban en los viejos diseños curriculares en diversas asignaturas como parte de la cultura científica del futuro profesor, pero no siempre se pensaba en abordarlos en la enseñanza (Fernández, González, Solbes, 1997, 2000, 2005).

Para avanzar sobre el estado de las preconcepciones de los docentes en la teoría cuántica nos apoyaremos en un estudio de Fernández, González, Solbes (2000). Se basó en dos instrumentos: una encuesta de preguntas abiertas y semiabiertas, y una entrevista personalizada a 70 docentes en proceso de capacitación o licenciatura. Las respuestas fueron analizadas mediante métodos cualitativos y cuantitativos y los resultados discutidos por varios investigadores. Esto permitió avanzar en el conocimiento de las visiones docentes sobre los temas principales de la física cuántica, mostrar las dificultades conceptuales para el conocimiento de los modelos tratados y cómo se relacionan estas visiones con modelos anteriores. Repasemos algunos resultados:

Al preguntarles a los profesores qué temas de física cuántica recuerdan haber visto en el cursado de su carrera, sus respuestas no presentaron diferencias significativas; en cambio, sí insistían en: radiación de cuerpo negro, constante de Planck, átomo de Bohr, efecto fotoeléctrico, los que pueden incluirse en el periodo precuántico. Otros agregaban: dualidad onda/partícula, *principio de incertidumbre* o ecuación de Schrödinger. Algunos no recordaban o no contestaban, o mencionaban cuestiones vagas como *quantum* de energía, onda en el átomo.

Al pedirles que describieran algunos fenómenos que no podían ser explicados desde la física clásica, las respuestas vertidas aludieron a los experimentos históricos comunes en la bibliografía, sin mencionar referencias a aplicaciones actuales. Los temas más citados fueron: cuantificación de la energía, efecto

fotoeléctrico, catástrofe ultravioleta, radiaciones alfa, beta y gamma, espectro de emisión. Muchos manifestaron no recordar nada sobre esto y algunos aludieron a cuestiones no muy pertinentes, como “espacio y tiempo son relativos” o “no existe el espacio tiempo absoluto”, evidenciando dificultades en diferenciar la física cuántica de la relatividad.

Al preguntárseles por los autores de algunas cuestiones de física cuántica, enunciadas en textos seleccionados, todos los grupos atribuyeron aspectos o problemas a nombres, en forma simplista y memorística, identificándose las siguientes asociaciones:

- Dualidad-De Broglie: se atribuye a este, en forma arbitraria y abstracta, todo lo vinculado al comportamiento dual de los objetos cuánticos.
- Indeterminación-Heisenberg: se le atribuye el *principio de incertidumbre* y todo texto en que se cite el término *incerteza* o *incertidumbre*. Pero al presentárseles la expresión $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/2\pi$, algunos no pudieron reconocer en ella las relaciones de indeterminación.
- Función de onda-Schrödinger: se le atribuye todo lo que contenga en su expresión la letra ψ (ecuación o función de onda, etc.) y es el único científico citado como autor del formalismo cuántico.
- Principio de exclusión-Pauli: se asegura que este principio fue enunciado por Pauli pero no se sabe en qué consiste.
- H-Planck: se asocia con Planck la radiación de cuerpo negro y toda expresión en donde aparezca h ($E=h\nu$; $\Delta x \cdot \Delta p \geq h$, etc.), sin otras apreciaciones.

Puede decirse que los recuerdos de los profesores, respecto de los temas desarrollados durante su formación en el profesorado, resultaron ser vagos e imprecisos. Si bien se nota un mayor desarrollo en el grupo de licenciatura, hay algunos aspectos o visiones comunes que se traslucen en todos los grupos.

Más en general, pueden interpretarse los resultados como visiones reduccionistas, donde los conceptos cuánticos aparecen asociados, y

no del todo diferenciados, con ideas clásicas. La permanencia de imágenes de ondas o partículas, levemente modificadas, en las explicaciones del comportamiento de los fenómenos cuánticos, señala la sobrevivencia de la física clásica en los profesores que debieran enseñar las nuevas ideas.

Resultados algo diferentes se han hallado cuando se ha dado una adecuada retroalimentación. En tales casos, los mismos docentes en capacitación pueden hacer aportes interesantes, al menos como un avance parcial hacia los modelos cuánticos. Ello surge de los resultados recogidos en la tesis de Fernández (2014) o en la docencia sobre conexiones entre física cuántica y realidad tecnológica en la Licenciatura de Enseñanza de las Ciencias de la UNSAM.

En conclusión, se advierte que el abandono de estas visiones reduccionistas exige de los profesores transitar una serie de rupturas conceptuales, metodológicas y epistemológicas, que no son simples ni evidentes y que deben ser tratadas en forma sistemática.

En Argentina se han producido recientemente reformas curriculares de importancia en el contexto de la Ley Nacional de Educación 26206/06. A fin de orientarnos en el presente, mencionaremos que en los diseños curriculares de media en ciencias naturales de la Provincia de Córdoba (2011), la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2009 y 2015) y de la Provincia de Buenos Aires (2011) se propone una entrada en los temas de la física y química cuántica.

Mencionamos algunas frases extraídas de estos diseños. 1) En física: aproximación al conocimiento del modelo atómico cuántico y niveles y subniveles de energía, orbitales asociados al concepto de *probabilidad*. Explicar el desarrollo y aportaciones a lo largo de la historia de los diferentes modelos atómicos. Teoría de la naturaleza dual de la luz como consecuencia de su comportamiento en distintas condiciones experimentales. 2) En química: modelos atómicos. Nociones sobre el modelo atómico actual según la mecánica cuántica. Concepto de niveles de energía y orbitales. La tabla periódica y su relación con la distribución de electrones.

Los docentes que trabajan en estos diseños insisten, con razón, en que se trata de un proceso complejo, de largo plazo, que afecta todos los niveles, que se sostiene en instrumentos diversos y complementarios, cuyos efectos aún están siendo investigados. Veamos entonces las propuestas de diseño curricular en la formación docente.

En las provincias de Córdoba (2015) y de Buenos Aires (1999 y 2015), el proyecto curricular de los profesados de Física y de Química cubre una amplia temática y propone orientaciones actualizadas sobre la teoría cuántica. Mencionaremos a título de ejemplo un párrafo del diseño curricular de Córdoba que es especialmente atractivo:

Desarrollos científicos producidos durante el siglo XX en el campo de la física que han implicado un *quiebre paradigmático* en el tratamiento de los modelos físicos de la realidad, habilitando así la construcción de un cuerpo teórico de modelos más precisos que los ofrecidos, hasta entonces, por el paradigma de la mecánica newtoniana. (Profesorado de Córdoba, 2015)

Los anteriores diseños corresponden a proyectos curriculares que recién se están instalando. Es prematuro entonces pronunciarse sobre el impacto de estos en la formación docente en la Argentina. Al respecto hay opiniones contradictorias entre los propios diseñadores y capacitadores sobre cuánto se ha modificado la realidad de hace dos décadas.

En cuanto a los libros de texto para la enseñanza media en Argentina, si bien, ello no había formado parte de nuestro estudio inicial, una primera mirada a diez de los textos de física que se utilizan habitualmente en secundaria, nos permite concluir algo similar a los resultados de las encuestas a los docentes y, sobre todo, del análisis del impacto de los programas curriculares. Los contenidos en cuestión están correctamente presentados en estos textos. Pero ninguno expresa en su complejidad el tema que se aborda, las rupturas que implica, algo que permita trabajar las preconcepciones clásicas que deben ser superadas, etc. Es verdad que son aproximaciones muy parciales y casi puntuales, lo cual se relaciona con

el poco espacio que ocupan estos temas avanzados en la enseñanza habitual. Pero, aun así, la cuestión requiere otro enfoque, con una mayor aproximación a la didáctica del contenido. Solo hay uno de esos textos (y en menor medida un segundo texto) donde se aprecia un mínimo tratamiento didáctico aceptable, donde se combinan las cuestiones conceptuales con las experimentales, donde se expone algo de la historia de la disciplina y donde, al menos, se dejan planteados a los estudiantes algunos interrogantes muy interesantes. Tal vez ello se relacione también con los avances de la didáctica de las ciencias en los últimos años.

4. Situación de Colombia

La reflexión que se presenta está basada en los resultados de la investigación doctoral “La enseñanza de la estructura atómica de la materia en la educación secundaria en Colombia” y el trabajo de Muñoz, Solbes, Ramos (2019), donde se plantea que la enseñanza de la *estructura atómica de la materia* (EAM) se determina principalmente desde la química y abarca teoría atómica, modelos atómicos, configuración electrónica y tabla periódica. Desde esta perspectiva, se establece que enseñar EAM conlleva como base teórica la física cuántica, pues, de no ser así, su aprendizaje quedaría incompleto y generaría carencias conceptuales y epistemológicas e incluso errores conceptuales (Solbes *et al.* 1987).

El problema planteado en esta investigación parte de la idea de una educación científica en Colombia que enfrenta un dilema relacionado con la brecha entre el desarrollo tecnocientífico y la enseñanza de las ciencias en las aulas, pues los niños y jóvenes se relacionan con productos tecnológicos y aplicaciones de la ciencia moderna, pero en la escuela no encuentran las herramientas para comprender los fundamentos de estos avances y su existencia.

Esta situación se relaciona con lo señalado por Castrillón, Freire, Rodríguez (2014), quienes presentan un panorama en el que la enseñanza de la física cuántica en Colombia es un campo en formación, e incluso se plantean que no trabajar tópicos de la

física cuántica en la educación secundaria podría tomarse como una crisis, ya que *deliberadamente* se excluye a los estudiantes de secundaria de las investigaciones de ciencia y tecnología actuales.

La investigación plantea los siguientes problemas en la enseñanza de la EAM: esta se realiza a través de un recorrido solamente cronológico que empieza en Dalton, pasa por Thomson y Rutherford, y se queda en el modelo de Bohr, sin un fundamento en la física cuántica, lo que constituye una enseñanza caracterizada por la ambigüedad y el formalismo y sustentada en la presentación acrítica de los modelos atómicos (Solbes *et al.* 1987).

Para comprobar la hipótesis, se consideró analizar planes y programas de enseñanza de las ciencias en Colombia y la presentación de la unidad en los libros de texto, la enseñanza de docentes de grado décimo, en la asignatura de química y los conceptos que relacionan los estudiantes con la teoría cuántica.

En el análisis documental de los *Lineamientos curriculares y estándares básicos de competencia de Ciencias Naturales* (Colombia, 1998, 2006), que corresponden a la legislación vigente en Colombia, se encuentra que estos apuntan a una enseñanza de las ciencias naturales interdisciplinar, integral, con un enfoque *holístico* y contextualizado siempre al *mundo de la vida*. Sin embargo, no hay profundización y ni referencias a la ciencia moderna, tan solo se hace alusión a la ciencia clásica representada por Galileo y Newton (Muñoz, Solbes, Ramos, 2019).

En cuanto al análisis de los *Estándares básicos de competencia* para Colombia (Colombia, 2006) se confirma lo que Lobato, Greca (2005) concluyen sobre cómo el desarrollo científico y tecnológico del siglo XX no está presente en la educación secundaria. En estos documentos, si bien se da cierta libertad al docente sobre los temas a trabajar en su clase, puntos específicos de la física y química modernas no son señalados como mínimos o referencias obligatorias (Muñoz, Solbes, Ramos, 2019). Situación que, como se ha descrito, sí sucede en Argentina y España, desde hace ya algunos años.

Por otra parte, en la investigación referenciada, se analizaron 18 libros de texto de química de

grado décimo, de las editoriales más representativas en Colombia, en un periodo comprendido entre 1994 y 2018. Este tiempo corresponde a la entrada en vigor de la Ley General en 1994, que define la organización de la educación formal en este país.

La presencia de errores conceptuales en los libros de texto ha sido ampliamente analizada, así como las inexactitudes e, incluso, la mirada reduccionista que sobre los temas expuestos pueden presentar (Muñoz, Solbes, Ramos, 2019). A continuación se describen, de forma parcial y cualitativa, algunos de los resultados del análisis de libros de texto:

Un pequeño porcentaje de las publicaciones hacen una presentación histórica de los modelos atómicos, de sus antecedentes, pero, no hacen distinción entre modelos clásico, precuántico y cuántico, lo que permite contrastar una presentación reduccionista de este aspecto. De igual manera, los textos analizados no presentan los hechos relacionados con la crisis de la física clásica, lo que dificulta diferenciar entre conceptos clásicos y cuánticos, y comprender la complejidad de los objetos cuánticos.

Por otra parte, no asumen detalladamente las inconsistencias de los modelos atómicos. Los aspectos que se presentan con mayor detalle son: la imposibilidad para el modelo atómico de Thomson, de explicar los resultados en el experimento de Rutherford. Sin embargo, no se explica en detalle la inestabilidad del modelo atómico de Rutherford, en contraposición de la teoría electromagnética clásica.

De igual manera, las relaciones de indeterminación son introducidas con errores en la comprensión de este concepto al relacionarlas con el *microscopio electrónico* o con la inexactitud de los instrumentos de medida, lo que constituye un problema de carácter epistemológico (Muñoz, Solbes, Ramos, 2019). Del análisis de los libros de texto, se concluye que son vectores de errores y su presentación del modelo cuántico es escasa (Muñoz, Solbes, Ramos, 2019).

Con respecto a los docentes, en la misma investigación doctoral, se trabajó con 71 docentes de instituciones educativas tanto privadas como oficiales y de 8 departamentos colombianos a quienes se les

indagó sobre estrategias didácticas utilizadas para la enseñanza de tópicos relacionados con la estructura atómica de la materia y, específicamente, el modelo cuántico. Los resultados del proceso utilizado permiten establecer que se presentan confusiones importantes en el manejo de conceptos y nociones relacionados con la teoría cuántica, el modelo cuántico e incluso con el modelo precuántico de Bohr.

Los docentes utilizan con mucha propiedad la analogía del sistema planetario para referirse al átomo, hay yuxtaposición de conceptos clásicos, cuánticos y precuánticos.

5. Conclusiones

Hemos visto que en España, Argentina y Colombia se han introducido tópicos de física cuántica en los currículos de la enseñanza secundaria, aunque de manera tardía y no específica en Colombia. Se evidencia también que, en dichos países, hay problemas en la introducción de estos conceptos, ya que muchos libros de texto y docentes de los tres países (e incluso el currículo colombiano), no suelen mostrar la ruptura que supuso la física cuántica respecto de la clásica.

En Colombia no es clara la introducción de la física cuántica en los documentos curriculares y la legislación vigente, lo cual deja ver un problema respecto a los otros dos países referenciados, que muestran ya una tradición en la enseñanza y en la investigación didáctica de esta área.

Los análisis realizados dan cuenta de la prevalencia de errores conceptuales tanto en libros de texto, como en los docentes. De tal manera que el aprendizaje y los conceptos relacionados por los estudiantes se ven afectados por una enseñanza acrítica, con errores y confusiones.

Por ello, el profesorado, que mayoritariamente ha recibido en la universidad una enseñanza muy formalista, rígida e, incluso, dogmática de la física cuántica, sin apenas trabajo experimental o relaciones CTS, se limita a utilizar la enseñanza teórica y libresca de los textos escolares introduciendo interpretaciones incorrectas y errores.

Por ello, como perspectiva planteamos que: es necesaria una formación inicial y permanente del profesorado que a nivel conceptual muestre que las ideas de cuantificación, comportamiento dual de los cuantos y probabilismo constituyen las principales características de la física cuántica, y que ayude a dar respuesta a sus preguntas básicas: ¿Cómo se define el estado de un sistema y qué magnitudes lo caracterizan?; ¿cuáles son los valores posibles de cada magnitud?; ¿cuál es la probabilidad de encontrar cada uno de esos valores si se realiza una medida?, y ¿cómo evoluciona el estado del sistema? (Sinarcas, Solbes, 2013). Para completar el proceso formativo, sería conveniente realizar experiencias sencillas con espectros de emisión o efecto fotoeléctrico (Savall, Domènech, Martínez-Torregrosa, 2014) y, en otras muy costosas, utilizar simulaciones o videos de la difracción de electrones (Franco, 2006; Pereira, Ostermann, Cavalcanti, 2009). Así mismo, se deben mostrar las relaciones CTS, en particular, los importantes desarrollos científicos y tecnológicos que abrió la nueva física, ya que todas las nuevas tecnologías son cuánticas (Han, 1992), o el contexto político y social en el que se desarrolló la cuántica.

6. Agradecimientos

A Patricia Fernández, por sus múltiples trabajos y su tesis. A Laura Bono, del equipo redactor de los Diseños Curriculares de la Provincia de Córdoba; a Lucia Iuliani, capacitadora docente de la Provincia de Buenos Aires, y a Diego Menoyo, investigador de los profesorados, por sus aportes sobre las transformaciones curriculares en Argentina

Referencias bibliográficas

- CALDEIRA, M.H. Los libros de texto de ciencias: ¿Son cómo deberían ser? **Tarbiya**, Madrid, n. 36, pp. 149-167. 1992.
- CASTRILLÓN, J.; FREIRE, O.; RODRÍGUEZ, B. Mecánica cuántica fundamental: Una propuesta didáctica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 1, pp. 1505-1-12. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100023>

- COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional, Colombia. **Ciencias Naturales y Educación Ambiental**. Lineamientos Curriculares. Bogotá, Colombia. 1998.
- COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional, Colombia. **Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas: guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden**. 183 p. Documentos 3. Bogotá. 2006.
- FANARO, B. **La enseñanza de la Mecánica Cuántica en la Escuela Media**. 275 p. Tesis doctoral. Universidad de Burgos. Burgos. 2009.
- FERNÁNDEZ, P. Teorías y modelos en la enseñanza-aprendizaje de la Física Moderna. 390 p. Tesis doctoral. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba. 2014.
- FERNÁNDEZ, P.; GONZÁLEZ, E.; SOLBES, J. La inclusión de temas actuales de física en el polimodal. **Educación en Ciencias**, s.l., v. 1, n. 3, pp. 5-10. 1997. DOI: <http://roderic.uv.es/handle/10550/36394>
- FERNÁNDEZ, P.; GONZÁLEZ, E.; SOLBES, J. Dificultades de docentes de ciencias en la conceptualización de temas de física actual. In: **Memorias SIEFV (V SIMPOSIO DE INVESTIGADORES EN EDUCACIÓN EN FÍSICA)**. Santa Fe, 18 al 20 de octubre de 2000. Asociación de Profesores de Física de la Argentina.
- FERNÁNDEZ, P.; GONZÁLEZ, E.; SOLBES, J. De los corpúsculos de luz al efecto fotoeléctrico. Una propuesta didáctica con base en la discusión de modelos. **Revista de Enseñanza de la Física**, Córdoba, Argentina, v. 18, n. 1, pp. 69-81. 2005.
- FRANCO, A. **Física con ordenador**. 2006. <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>>.
- GIL, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 15, n. 3, pp. 255-260. 1993. <https://doi.org/10.1080/0950069930150303>
- GIL, D.; SENENT, F.; SOLBES, J. Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media. **Revista de Enseñanza de la Física**, Córdoba, Argentina, v. 2, n. 1, pp. 16-21. 1986. DOI: <http://roderic.uv.es/handle/10550/44206>
- GIL, D.; SENENT, F.; SOLBES, J. La física moderna en la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados. **Revista Española de Física**, Madrid, v. 3, n. 1, pp. 53-58. 1989. DOI: <http://roderic.uv.es/handle/10550/44250>
- HAN, M.Y. **La vida secreta de los cuantos**. McGraw-Hill. Aravaca: España. 1992.
- KALKANIS, G.; HADZIDAKI, P.; STAVROU, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. **Science Education**, Nueva York, v. 87, n. 2, pp. 257-280. 2003. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550273>
- KRAGH, E. **Generaciones cuánticas**. Tres Cantos. Madrid: España. 2007.
- KRIJTENBURG-LEWERISSA, K. *et al.* Key topics for quantum mechanics at secondary schools: a Delphi study into expert opinions. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 41, n. 3, pp. 349-366. 2019. <https://doi.org/10.1023/A:1025382113814>
- LEVY-LEBLOND, J.M. **Conceptos contrarios o el oficio de científico**. Tusquets. Barcelona: España. 2002.
- LEVY-LEBLOND, J.M. On the Nature of Quantons. **Science & Education**, Dordrecht, The Netherlands; Boston, n. 12, pp. 495-502. 2003.
- LOBATO, L.; GRECA, I. Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do ensino médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, pp. 119-132. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000100010>
- MAIZTEGUI, A.; GONZÁLEZ, E.; TRICÁRICO, H.; SALINAS, J.; PESSOA, A.; GIL, D. La formación de los profesores de ciencias en Iberoamérica. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, n. 24, pp. 163-187. 2000.
- MUÑOZ, Z.E.; SOLBES, J.; RAMOS, G.E. Estructura atómica de la materia una reflexión sobre su enseñanza en Colombia. **Revista Historia de la Educación Colombiana**, Nariño, n. 22, pp. 99-117. 2019. <https://doi.org/10.22267/rhec.192222.54>

- OSTERMANN, F.; PRADO, S. Interpretações da mecânica quântica em um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 2, pp. 193-203. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000200003>
- PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. On the use of a virtual Mach-Zehnder interferometer in the teaching of quantum mechanics. **Physics Education**, Bristol, n. 44, pp. 281-291. 2009. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/44/3/008>
- SAVALL, F.; DOMÈNECH, J.L.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Espectroscopio cuantitativo como instrumento para la construcción y uso de modelos de emisión y absorción de radiación en física cuántica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 4, 4302/1-4302/8. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400003>
- SINARCAS, V. **Proposta per a l'ensenyament i aprenentatge de la física quàntica en 2n de batxillerat**. 354 p. Doctorat d'Investigació en Didàctica de les Ciències Experimentals, Facultat de Física, Universitat de València, Valencia. 2015. <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>
- SINARCAS, V.; SOLBES, J. Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 31, n. 3, pp. 9-25. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>
- SOLBES, J. **Introducción a los conceptos básicos de física moderna**. 193 pp. Tesis de Doctorado en Ciencias Físicas. Facultad de Física, Universitat de València, Valencia, 1986.
- SOLBES, J. Contribución de las cuestiones socio-científicas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 10, n. 2, pp. 171-181. 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i2.03
- SOLBES, J. El modelo cuántico del átomo. Dificultades de comprensión y propuestas para su enseñanza. **Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales**, Barcelona, n. 93, pp. 26-33. 2018.
- SOLBES, J.; SINARCAS, V. Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. **Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales**, Valencia, n. 23, pp. 123-151. 2009.
- SOLBES, J.; SINARCAS, V. Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. **Revista de Enseñanza de la Física**, Córdoba, Argentina, v. 23, n. 1-2, pp. 57-85. 2010.
- SOLBES, J.; CALATAYUD, M.L.; CLIMENT, J.B.; NAVARRO, J. Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 5, n. 3, pp. 189-195. 1987.





UN PANORAMA DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LOS ENCUENTROS COLOMBIANOS DE MATEMÁTICA EDUCATIVA ENTRE 2012 Y 2015

AN OVERVIEW OF MATHEMATICAL MODELING IN THE COLOMBIAN EDUCATIONAL MATHEMATICS MEETINGS BETWEEN 2012-2015

UM PANORAMA DA MODELAGEM MATEMÁTICA EM ENCONTROS COLOMBIANOS DE MATEMÁTICA EDUCATIVA ENTRE 2012-2015

Gabriel Mancera Ortiz* y Francisco Javier Camelo Bustos**

*En la medida en que realmente pueda llegarse a “superar” el pasado,
esa superación consistiría en narrar lo que sucedió.*
Hannah Arendt

Cómo citar este artículo: Mancera Ortiz, G. y Camelo Bustos, F. J. (2020). Un panorama de la modelación matemática en los encuentros colombianos de matemática educativa entre 2012 y 2015. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 251-267. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14350>

Resumen

Presentamos el análisis, los resultados y el método de una revisión de tipo documental que da cuenta de aspectos, que consideramos importantes, sobre el reconocimiento que diversos trabajos han venido haciendo sobre la modelación matemática en Encuentros Colombianos de Matemática Educativa (ECME) celebrados entre 2012 y 2015. Para ello, hemos adaptado las tres etapas propuestas por Planas, Valero (2016) para el análisis de estados del arte: selección (de literatura), estructuración (búsqueda de perspectivas, líneas y conexiones) y análisis (novedades), con la intención de identificar posibles perspectivas, líneas de preocupación, conexiones (o desconexiones) entre esas líneas, representantes y regiones de donde proceden los trabajos. Encontramos que los trabajos se clasifican en ocho perspectivas, evidenciando mayor producción en la perspectiva educacional, sociocrítica y realista. En cuanto a las líneas de preocupación señalamos la existencia de un énfasis en el desarrollo de trabajos que plantean a la modelación como medio para la enseñanza o aprendizaje de contenidos; seguido de una preocupación por utilizarla para el desarrollo de algún tipo de pensamiento crítico. De igual manera, se evidenció un mayor interés de producción y difusión en los trabajos que proceden de las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali.

Palabras clave: revisión documental; modelación matemática; Encuentro Colombiano de Matemática Educativa.

Recibido: 21 de enero de 2019; aprobado: 02 de junio de 2019

* Doctor en Educación. Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: gmancerao@udistrital.edu.co –

** Doctor en Educación. Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: fjcamelob@udistrital.edu.co

Abstract

This paper presents the analysis, results, and the method used by a documentary or bibliographic review to give an account of aspects that we consider important in the recognition of the work that has been carried out on mathematical modeling in Colombian Meetings of Educational Mathematics (ECME) held between 2012 and 2015. It has adopted the three stages proposed by Planas and Valero (2016)—selection (of literature); structuring (search for perspectives, lines, and connections); and analysis (novelties)—for the analysis of the state of the art, with the intention of identifying possible perspectives, lines of concern, connections (or disconnections) between those lines, representatives, and regions where the works come from. The findings of this study reveal that the works are classified in eight perspectives, with greater production being evidenced in the educational, socio-critical, and perspectives. As for the lines of concern, the results point to the existence of an emphasis on the development of works that portray modeling as a means of teaching or learning content, followed by a concern to use it for the development of some kind of critical thinking. Similarly, within what is evidenced, the results indicate that there is significant interest in the production and dissemination of the works that come from the cities of Bogota, Medellin, and Cali.

Keywords: documentary review; mathematical modeling; Colombian Meeting of Mathematics Education.

Resumo

Apresentamos a análise, os resultados e o método de uma revisão de tipo documental que da conta de aspectos, que consideramos importantes, referente ao reconhecimento que muitos trabalhos tem feito sobre a modelagem matemática nos Encontros Colombianos de Matemática Educativa (ECME) realizados entre 2012 e 2015. Para isso, adaptamos as três etapas propostas por Planas e Valero (2016) para a análise de estados de arte: Seleção (da literatura), estruturação (busca de perspectivas, linhas e conexões) e análise (novidades), com a intenção de identificar possíveis perspectivas, linhas de preocupação, conexões (ou desconexões) entre essas linhas, representantes e regiões onde são produzidas as pesquisas. Verificamos que os trabalhos são classificados em oito perspectivas, evidenciando maior produção na perspectiva educacional, sócio crítica e realística. Em relação às linhas de preocupação, ressaltamos a existência de uma ênfase no desenvolvimento de trabalhos que propõem a modelagem como meio de ensino ou aprendizagem de conteúdos; seguido de uma preocupação em usá-la para o desenvolvimento de algum tipo de pensamento crítico. Da mesma forma, dentro do que se pode evidenciar, vemos que há um interesse maior na produção e divulgação nos trabalhos que vêm das cidades de Bogotá, Medellín e Cali.

Palavras-chave: revisão documental; modelagem matemática; Encontro Colombiano de Educação Matemática.

1. Abriendo puertas

El introducirnos en la modelación matemática (MM) en la educación matemática, en Colombia, nos permitió reconocer la importancia que tiene este proceso en el desarrollo del pensamiento matemático. En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) publicó unos lineamientos curriculares, y específicamente en el área de matemáticas se considera a la MM como uno de los cinco procesos generales de la actividad matemática (Colombia, 1998). Sin embargo, dicho reconocimiento, por parte de nosotros, no siempre ha sido así, pues, si bien observábamos (y advertimos) la potencia de la MM en el contexto escolar, éramos (y somos) conscientes de que, a pesar de llevar un lapso de tiempo considerable, planteado como una orientación para el diseño y trabajo en el currículo colombiano¹, no se accedía fácilmente a mayores evidencias sobre su desarrollo tanto teórico como práctico en nuestro contexto nacional.

De hecho, para nosotros mismos en un principio, la MM no fue considerada una actividad matemática que vislumbraba una potencia importante en la escuela, pues la percibíamos de difícil realización en el aula de clase si se tiene en cuenta la *cronogénesis* a la que el currículo colombiano era (y es) fiel, por el carácter hegemónico de las prácticas tradicionales de enseñanza. Era, en su momento, una utopía o una fantasía, por decirlo de otra manera, hecho que se reforzaba si reconocemos que, en un sector de los profesores e investigadores en el país, tenía –y aún tiene– la percepción que, en cuanto a la MM, estamos a la zaga de los avances internacionales en este aspecto.

Lo anterior nos hace recordar el epígrafe de este documento. Tomándolo como excusa, creemos coherente y obligatorio ser conscientes de la evolución de este proceso general de la actividad

matemática en Colombia, para no seguir perpetuando el olvido –y su desconocimiento– en el que ha caído. Dicho de otra forma, queremos analizar qué pasó en relación con la MM en la educación matemática en Colombia, para narrarlo y comprender su presente.

Para dar cuenta de lo anterior, presentamos en este documento un estudio preliminar, de carácter bibliométrico, con el ánimo de abrir una ventana que permita empezar a *narrar lo que sucedió*. Para ello, hemos tomado las memorias de los últimos cuatro Encuentros Colombianos de Matemática Educativa (ECME), por cuanto consideramos es el evento que agrupa, en el ámbito nacional, un gran número de investigadores y profesores en educación matemática. Esperamos que se constituya tan solo en un punto de partida, el cual posibilite abrir espacios para el desarrollo de trabajos de mayor aliento y envergadura.

2. Revisando la literatura: ¿Qué y cómo lo hicimos?

En lo que se refiere a la MM en el contexto colombiano, fuimos convenciéndonos de que era –y es– necesario empezar a revisar su pasado para entender su presente, lo que nos llevó a enfrentarnos a preguntas como: ¿Cómo proceder en esa revisión de la literatura?, ¿qué lógica seguir y adoptar en nuestro empeño?, ¿qué preguntas orientadoras plantearnos?, ¿dónde buscar la información requerida? Una primera aproximación a la reflexión de estas cuestiones nos condujo a aceptar que la tarea debía ser realizada en diferentes etapas y acotando los lugares y tiempos en que debíamos buscar los documentos a analizar. Por lo que surgió un sinnúmero de fuentes y momentos en los cuales desarrollar la búsqueda de los documentos a analizar –algunos con mayor o menor complejidad–, pues podríamos encontrar evidencias en: revistas especializadas, trabajos para optar por el título de pregrado, tesis de maestría y doctorado, memorias de eventos especializados –a regionales, nacionales e internacionales–, etc.

1. Si partimos de su incorporación en el currículo colombiano a través del documento de los Lineamientos, este proceso lleva alrededor de dos décadas de desarrollo.

Dado que este trabajo se refiere a un estado del arte (preliminar) de la MM en Colombia, la pregunta a responder era: ¿Cuál de las anteriores fuentes es la más adecuada para realizar un estudio inicial y modesto en torno a la revisión de la literatura en nuestro campo?

Basados en nuestra experiencia y conocimiento de la comunidad académica en la educación matemática colombiana, era posible establecer que las bases de datos para ubicar los trabajos de grado, tesis de maestría y doctorado no serían de fácil acceso, pues en muchas universidades apenas se está instaurando la exigencia de poseer tales bases de datos o repositorios y, en otras, ellas son inexistentes, por lo que no era una opción viable a nuestros ojos iniciar por este camino.

En cuanto a las revistas especializadas existe un sinnúmero de posibilidades en donde los investigadores del campo pueden realizar sus publicaciones. Sin embargo, debemos reconocer que solo existen dos revistas especializadas y reconocidas por la comunidad académica nacional que se concentran en la educación matemática en Colombia. Una de ellas enfocada en estudios de corte sociocultural y etnomatemático, y la otra, apenas cuenta con dos volúmenes y tres números lanzados a la comunidad, por lo que no se constituyen, desde nuestras perspectivas, en una rica fuente para el análisis de corte documental sobre la MM.

Por su parte, las memorias en eventos especializados son, en su mayoría, de corte regional, aspecto que, creemos, limita de alguna manera nuestro empeño de cubrir todo el territorio nacional. Afortunadamente, contamos con un evento en educación matemática que por más de tres lustros ha intentado abarcar trabajos en todo el país. Dicho evento, denominado Encuentro Colombiano de Matemática Educativa (ECME), se ha desarrollado anualmente, tomando su sede en diferentes ciudades a lo largo y ancho del territorio nacional, con el objeto de llegar a la mayor cantidad de profesionales e investigadores. Por lo que decidimos realizar nuestra exploración en sus memorias.

La pregunta que abordamos a continuación fue la de cómo limitar en el tiempo el estudio a realizar, pues el ECME ha desarrollado 16 encuentros desde 1999. Decidimos tomar como punto de partida los últimos cuatro, pues consideramos que, al ser un estudio preliminar, un lapso mayor desbordaría nuestras posibilidades en el volumen de la información.

Nuestro siguiente paso se constituyó en enfrentarnos a la tarea de identificar preguntas orientadoras que nos permitieran localizar, al menos, las siguientes cuestiones: ¿Qué perspectivas son expresadas en los trabajos que localizaremos?, ¿qué líneas de preocupación puede evidenciarse?, ¿existen conexiones –o desconexiones– entre esas líneas?, ¿quienes las representan?, y ¿de qué regiones proceden sus trabajos?

Con el propósito de dar respuesta a estas preguntas, adaptamos las etapas propuestas por Planas, Valero (2016) para la elaboración de estados de arte: selección –de literatura–, estructuración –búsqueda de perspectivas, líneas y conexiones– y análisis –novidades–. Siendo las etapas de carácter inductivo, pues no establecemos de antemano categorías conceptuales a identificar. A continuación, pasaremos a desarrollar tales etapas.

a. Etapa de selección

Consistió en elegir el conjunto de documentos a estudiar. Aquí identificamos, en las memorias de los ECME desarrollados en los años 2012, 2013, 2014 y 2015, los documentos que en cualquier apartado mencionaran las palabras: *modelación*, *modelaje* o *modelo*. De este ejercicio, se obtuvieron 73 documentos (7 en 2012, 43 en 2013, 10 en 2014 y 13 en 2015). Luego, descartamos aquellos en donde el uso de las palabras anteriores no condujera a una explicitación de la MM –por ejemplo: *modelo de Van Hiele*–, de lo cual se obtuvieron 41 –7 en 2012, 18 en 2013, 9 en 2014 y 7 en 2015–².

2. Las memorias de los eventos están disponibles en la página web <http://asocolme.org/publicaciones-asocolme/memorias-ecme>.

b. Etapa de estructuración

Aquí identificamos si los documentos son resultado de una investigación, de un proceso de formación o de la reflexión de un colectivo de trabajo; además de qué tipo de población se impacta y si son trabajos teóricos o prácticos. Lo anterior nos condujo a establecer que el tratamiento que el (los) autore(s) da(n) a la MM en ocasiones no se explicita ni se profundiza. Generalmente tal sentido plantea que es un proceso para llegar a una representación que involucra conceptos matemáticos de una situación no matemática tomada de la realidad. Tal intención se presenta a continuación, discriminada evento por evento.

ECME 13 (2012)

En la versión número 13 del ECME identificamos siete documentos: Henao, Vanegas (2012) [13-1]³; Obando, Sánchez, Muñoz, Villa (2012) [13-2]; Olmos, Sarmiento, Montealegre (2012) [13-3]; Moreno (2012) [13-4]; Espinosa (2012) [13-5]; Cumbal (2012) [13-6]; Rivera, Londoño, Jaramillo (2012) [13-7]. En todos ellos se hace explícita una intención de plantear actividades para ser desarrolladas en el aula, por lo que los catalogamos como de corte práctico. No obstante, en uno de ellos se presenta una reflexión teórica de revisión documental, previa a la organización del diseño que los autores desean plantear, por lo que podría considerarse a su vez de corte teórico ([13-1]). Cinco de tales trabajos están dirigidos a desarrollar actividades con estudiantes de secundaria ([13-2], [13-3], [13-4], [13-6] y [13-7]) y

3. Para comodidad al referenciar los documentos que analizamos, los codificamos de acuerdo con el Encuentro en que fue presentado y a su aparición en la publicación de las memorias. Así, por ejemplo, Henao, Vanegas (2012) se corresponde con el código [13-1], pues fue presentado en el 13 Encuentro Colombiano de Matemática Educativa y es el primer documento de ese encuentro que hace referencia a la MM.

dos con estudiantes universitarios ([13-1] y [13-4]), siendo las temáticas trabajadas muy diversas, pues van desde un tratamiento de la función cuadrática, pasando por conceptos de volumen y área, hasta las ecuaciones diferenciales; incluso, uno de los trabajos se centra más en aplicaciones hacia la robótica.

Todos los documentos dan cuenta de procesos investigativos; dos de ellos desarrollados por profesores universitarios ([13-1] y [13-5]), cuatro por estudiantes de maestría ([13-3], [13-4], [13-6] y [13-7]) y uno por un grupo de profesores e investigadores ([13-2]), siendo las ciudades donde se desarrollan Cali –tres ([13-1], [13-4] y [13-6])–, Medellín –dos ([13-2] y [13-7])–, Florencia –uno ([13-3])– y Bucaramanga –uno ([13-5])–.

ECME 14 (2013)

Durante la versión 14 del ECME observamos que dieciocho documentos hacen algún tipo de alusión a la modelación: Molina, Villa (2013) [14-1]; Álvarez, Colorado, Ospina (2013) [14-2]; Rendón, Esteban, Villa (2013) [14-3]; Gómez (2013) [14-4]; Gallego, Aldana (2013) [14-5]; Bustos, Bustos, Novoa (2013) [14-6]; Martínez, Páez, García (2013) [14-7]; Tavera, Villa (2013) [14-8]; Echeverry, Audor (2013) [14-9]; Aponte, Alméciga, Torres (2013) [14-10]; Pedreros, Mejía (2013) [14-11]; Bossio, Londoño, Jaramillo (2013) [14-12]; Mogollón (2013) [14-13]; Sánchez, Obando, Muñoz, Villa (2013) [14-14]; Hernández, Cuevas (2013) [14-15]; Puerto (2013) [14-16]; Espinosa, Hernández, Yáñez (2013) [14-17], y Galán, Rodríguez (2013) [14-18]. Dos tuvieron un corte de carácter teórico ([14-3] y [14-7]) y diecisiete prácticos ([14-1], [14-2], [14-4], [14-5], [14-6], [14-7], [14-8], [14-9], [14-10], [14-11], [14-12], [14-13], [14-14], [14-15], [14-16], [14-17] y [14-18]). En cuanto a los segundos, puede decirse que dan cuenta de propuestas de enseñanza o aprendizaje (algunos de ellos usando tecnología) ([14-1], [14-2], [14-4], [14-6], [14-10], [14-13], [14-16] y [14-18]) análisis en el proceso de MM realizados por los estudiantes ([14-7], [14-12] y [14-14]), exhibición de las relaciones existentes entre la matemática y

otro tipo de actividades de carácter cultural (los malabares ([14-9]), el uso de la modelación como herramienta de formación para ingenieros y trabajos cuyo objetivo no está centrado en la MM, pero la menciona para alcanzar sus objetivos ([14-8], [14-5], [14-8], [14-15] y [14-17])). En cuanto a los documentos de carácter teórico, uno ([14-3]) plantea una discusión acerca de cómo la MM puede convertirse en una herramienta de formación para los ingenieros (propriadamente en Ingeniería de Diseño) y el otro ([14-7]) exhibe aspectos relacionados con las dificultades que presenta la modelación, desde la perspectiva sociocrítica, en el sentido de Barbosa (2006) y Araújo (2009), para integrarse al currículo de matemáticas (del grado octavo) y como parte de las prácticas en la clase.

Once documentos plantearon actividades para ser desarrolladas en el aula con estudiantes de básica y media ([14-1], [14-4], [14-6], [14-7], [14-10], [14-12], [14-13], [14-14], [14-15], [14-16], [14-18]), tres con estudiantes de pregrado ([14-2], [14-3] y [14-5]), uno a malabaristas profesionales de la ciudad de Cali ([14-9]) y tan solo en tres casos no fue posible reconocer la población a la que fue dirigido ([14-8], ([14-11] y ([14-17])). En nueve casos no fue posible identificar en qué marco fue desarrollada la experiencia ([14-2], [14-6], [14-8], [14-9], [14-11], [14-13], [14-16], [14-17] y [14-18]), mientras que dos fueron elaborados en el ámbito de una investigación ([14-5] y [14-12]), una corresponde a la investigación desarrollada alrededor de un proyecto doctoral ([14-3]), cuatro como trabajo de maestría ([14-1], [14-4], [14-7] y [14-14]), una en un espacio de formación de pregrado ([14-10]) y una en el marco de una práctica docente ([14-15]).

En relación con los proponentes, tres de ellos fueron realizados conjuntamente por profesores y estudiantes de posgrado ([14-1], [14-7] y [14-14]), uno por profesores del sistema educativo e integrantes de un grupo de investigación ([14-8]), uno por integrantes de un grupo de investigación ([14-2]), cinco por estudiantes –uno de posgrado ([14-4]), tres de pregrado ([14-10], [14-15] y [14-18]) y uno con estudiantes de pregrado y posgrado

[14-6])– y en ocho casos no fue posible establecer quién los propone ([14-3], [14-5], [14-9], [14-11], [14-12], [14-13], [14-16] y [14-17]). Con respecto a las ciudades donde fueron realizados estos trabajos encontramos: seis en Bogotá ([14-4], [14-6], [14-7], [14-10], [14-15] y [14-18]), tres en Medellín ([14-1], [14-3] y [14-14]), dos en Armenia ([14-2] y [14-5]), uno en Bucaramanga ([14-8]), dos en Cali ([14-9] y [14-11]), uno en Cúcuta y Táchira ([14-17]), uno en San José del Guaviare ([14-13]) y uno en Sincelejo ([14-16]). Además, se reporta uno desarrollado en el municipio de Turbo ([14-12]).

ECME 15 (2014)

En las memorias de este encuentro, identificamos nueve documentos: Parra, Villa (2015) [15-1]; Apon-te, Fernández, Vega (2015) [15-2]; Gómez *et al.* (2015) [15-3]; Duarte, Rendón, Villa (2015) [15-4]; Perdomo, Tafur, Martínez (2015) [15-5]; Chávez, Samboni (2015) [15-6]; Marcillo, Rojas, Villa (2015) [15-7]; González, Muñoz, López (2015) [15-8], y Guerrero, Salas (2015) [15-9]. Seis de ellos con la intención de plantear actividades para ser desarrolladas en el aula con estudiantes de básica y media, por lo que se catalogan de corte práctico [15-2], [15-5], [15-6], [15-7], [15-8] y [15-9]) y dos relacionados con revisiones documentales ([15-1] y [15-3]) y uno con el uso de la MM como herramienta de formación para los ingenieros ([15-4]), por lo que entran en la categoría de teóricos. En cuanto a los trabajos de corte práctico, podemos señalar que se centran en contenidos como la proporcionalidad directa y la función lineal ([15-2] y [15-3]), aspectos sociales que se pueden desarrollar en los estudiantes con el enfoque sociocrítico de la MM ([15-6]), reflexiones de profesores de primaria gracias a la incorporación de la modelación y comunicología ([15-7]). En cuanto a las revisiones documentales, puede observarse que una trata sobre las tendencias de la MM en educación primaria ([15-1]), trabajos desarrollados en el enfoque sociocrítico ([15-3]) y la MM como herramienta de formación para los ingenieros ([15-4]).

De los seis documentos que reportan actividades para ser desarrolladas con estudiantes, cuatro están dirigidos a estudiantes de secundaria ([15-2], [15-5], [15-7] y [15-9]), uno a estudiantes de primaria ([15-6]) y uno a profesores de primaria ([15-8]). Siendo las ciudades donde se desarrollaron estos trabajos: Medellín –cinco– ([15-1], [15-3], [15-4], [15-7] y [15-8]), Bogotá –dos ([15-6], [15-9])–, Cali –uno ([15-1])– y Florencia –uno ([15-5])–. Siete están formulados por estudiantes –de maestría o doctorado ([15-1], [15-2], [15-3], [15-4], [15-7], [15-8] y [15-9])– y sus asesores de tesis y dos solamente por los estudiantes que las desarrollan ([15-5] y [15-6]).

ECME 16 (2015)

Durante la versión 16 del ECME observamos siete documentos: Sierra, Monroy (2016) [16-1]; Sánchez *et al.* (2016) [16-2]; Botello, Parada (2016) [16-3]; Bolaños, Arboleda, Motato (2016) [16-4]; Cetina, Cabañas, Villa (2016) [16-5]; Romero, Barrios, Galvis (2016) [16-6], y Perilla, Mancera, Camelo (2016) [16-7], de los cuales seis tuvieron un corte de carácter práctico ([16-1], [16-3], [16-4], [16-5], [16-6] y [16-7]) y dos que pueden catalogarse como teóricos ([16-2] y [16-6]). En cuanto a los primeros, puede decirse que dan cuenta, por ejemplo, de: la creación y análisis de un ambiente de MM ([16-6]), propuestas didácticas que buscan fortalecer el pensamiento científico con relación al contenido matemático ([16-4]) y el proceso que los estudiantes desarrollan al modelar algunas situaciones ([16-5]). Mientras que en los documentos de carácter teórico se presentan, por un lado, planteamientos acerca de los alcances y limitaciones que tiene la MM cuando se implementa a través de proyectos ([16-2]), y por otro, se reflexiona sobre aspectos relacionados con la emergencia de discursos desarrollados por los estudiantes cuando se involucran en actividades de MM ([16-6]).

De los siete documentos, tres plantearon actividades para ser desarrolladas en el aula con estudiantes de básica y media ([16-5], [16-6] y [16-7]), tres con estudiantes de pregrado ([16-1], [16-2] y

[16-3]) y tan solo en un caso no fue posible identificar la población a la que fue dirigido [16-1]. En cuatro casos no fue posible identificar en qué marco fue desarrollada la experiencia ([16-1], [16-2], [16-4] y [16-5]), los restantes tres fueron desarrollados en el ámbito de una investigación ([16-3]), de un trabajo de maestría ([16-6]) y de una experiencia de aula ([16-7]). En relación con los proponentes, cuatro de ellos fueron realizados conjuntamente por profesores y estudiantes ([16-1], [16-4], [16-5] y [16-6]) (en tres de ellos no fue posible identificar si los estudiantes eran de pregrado o posgrado), uno por profesores universitarios ([16-2]), uno por profesores universitarios y de colegio ([16-7]), y otro por estudiantes de pregrado y egresados ([16-3]). Las ciudades donde se realizaron estas propuestas son: Bogotá –dos ([16-6] y [16-7])–, Bucaramanga –una ([16-3])–, Cali –una ([16-4])–, Chilpancingo (México) –una ([16-5])– y Medellín –una ([16-2])–. Además, se reporta un trabajo desarrollado en el municipio de Fusagasugá ([16-1]).

c. Etapa de análisis

Un primer aspecto que queremos resaltar es que de los 41 documentos analizados, 36 son de carácter práctico y 8 de orden teórico, por lo que podemos señalar que los que hacen algún tipo de alusión a la MM en los últimos cinco años en los ECME, tienen una clara tendencia a cuestiones prácticas –aproximadamente el 88 %–. Circunstancia que deja entrever que la MM en el campo de la educación matemática en Colombia hasta ahora está iniciando un desarrollo teórico propio. Si bien es usual que dichas propuestas de corte práctico retomen un insumo teórico en las experiencias internacionales para ponerlo en práctica en nuestro contexto, es pertinente observar que con el transcurrir de los años la comunidad empieza a mostrar interés en los aspectos teóricos en esta actividad.

En este último sentido, establecimos que los trabajos teóricos son desarrollados en Medellín –cinco–, Bogotá –dos– y Cali –uno–. Se encontraron dos colectivos de trabajo: uno en la Universidad de Antioquia –Medellín– y otro interinstitucional en

las universidades Pedagógica Nacional y Distrital Francisco José de Caldas –Bogotá–.

Por su parte, los trabajos prácticos fueron desarrollados en Bogotá (diez), Medellín –siete–, Cali –seis–, Bucaramanga –tres–, Florencia –dos–, Armenia –dos–, Fusagasugá –uno–, San José del Guaviare –uno–, Sincelajo –uno–, Turbo –uno– y dos trabajos con carácter internacional, uno desarrollado en la frontera colombo-venezolana Cúcuta-Táchira, y otro en Chilpancingo (México). Identificamos, además, que el profesor Jhony Villa lidera la mayor cantidad de iniciativas que se presentan en los ECME en torno de la MM.

En cuanto a la población sobre la que se desarrolló el trabajo, la mayoría de documentos estuvieron dirigidos a estudiantes de básica y media, de los cuales tres fueron en primaria y veinte en secundaria; seguidos por nueve universitarios y uno que se desarrolló con malabaristas profesionales, uno dirigido a profesores de básica primaria y en siete documentos no fue posible establecer la población.

En la figura 1, y a manera de resumen, condensamos los anteriores aspectos con el ánimo favorecer un mayor entendimiento.

Conscientes de que nuestro propósito es iniciar y aportar a la comunidad académica una revisión de la literatura sobre el estado de la MM colombiana en los últimos ECME, nos propusimos retomar cada uno de los 41 documentos con el ánimo de identificar aquellos que presentaran explícitamente una definición sobre la MM, así como el desarrollo de esta, pues consideramos interesante ahondar sobre las ideas que en los encuentros rondan sobre esta actividad matemática en cada uno de los ECME.

ECME 13

Para esta versión del ECME pudimos establecer que un documento [13-5] no hace mención a una definición explícita de la MM, ya que tan solo plantea que “se utilizan modelos matemáticos representados por ecuaciones diferenciales de primer orden

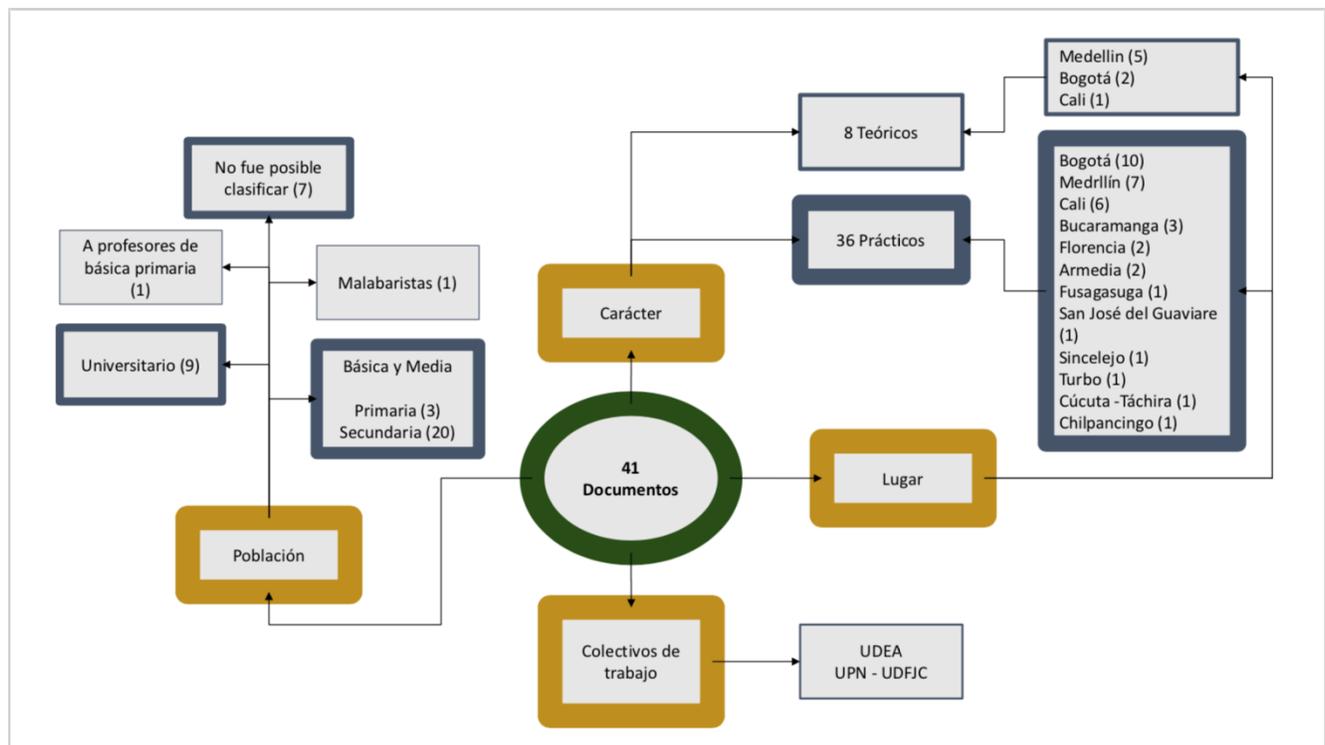


Figura 1. Descripción general de los documentos.

Fuente: autores.

que describen el fenómeno”, pero no desarrolla más profundamente la idea, dedicando el texto a explicar cómo encontrar soluciones con un *software*. Los demás documentos sí proporcionan sendas definiciones sobre la MM.

El trabajo [13-1] puede inscribirse dentro de lo que Kaiser, Sriraman (2006) han denominado *la perspectiva educacional*, pues pretende dar cuenta “de una conjugación de las matemáticas y la realidad para la promoción de la formación de conceptos matemáticos asociados a lo cuadrático” [13-1, p. 265].

En cuanto a los documentos [13-2], [13-4] y [13-7] los caracterizamos como lo que Kaiser, Sriraman (2006) califican como *perspectiva realista*, pues el primero modela un problema de la vida real de la comunidad en que están inmersos los estudiantes; el segundo modela un proyecto de robótica, y el último, un problema de inundaciones que afrontan algunas comunidades.

En [13-3] se encuentra un desarrollo más cercano a lo que puede entenderse por modelizar que a la

propia MM, pues este trabajo pretende establecer cuál caracterización de la competencia matemática modelizar para el caso de la función cuadrática en una institución específica.

Por su parte [13-6] se basa en la teoría antropológica de lo didáctico, aceptando que toda actividad matemática puede ser interpretada como una actividad de MM, por lo que esta última no escapa a “las praxeologías como unidad mínima de análisis para describir la actividad matemática y la actividad didáctica”.

En la figura 2, representamos los desarrollos vislumbrados sobre la MM en el ECME 13.

ECME 14

En esta versión del ECME consideramos que los documentos [14-8] y [14-11] merecen una mención aparte. El primero se centra en un análisis de contenido de libros de texto –de grado décimo– y en las actividades propuestas para el estudio de las

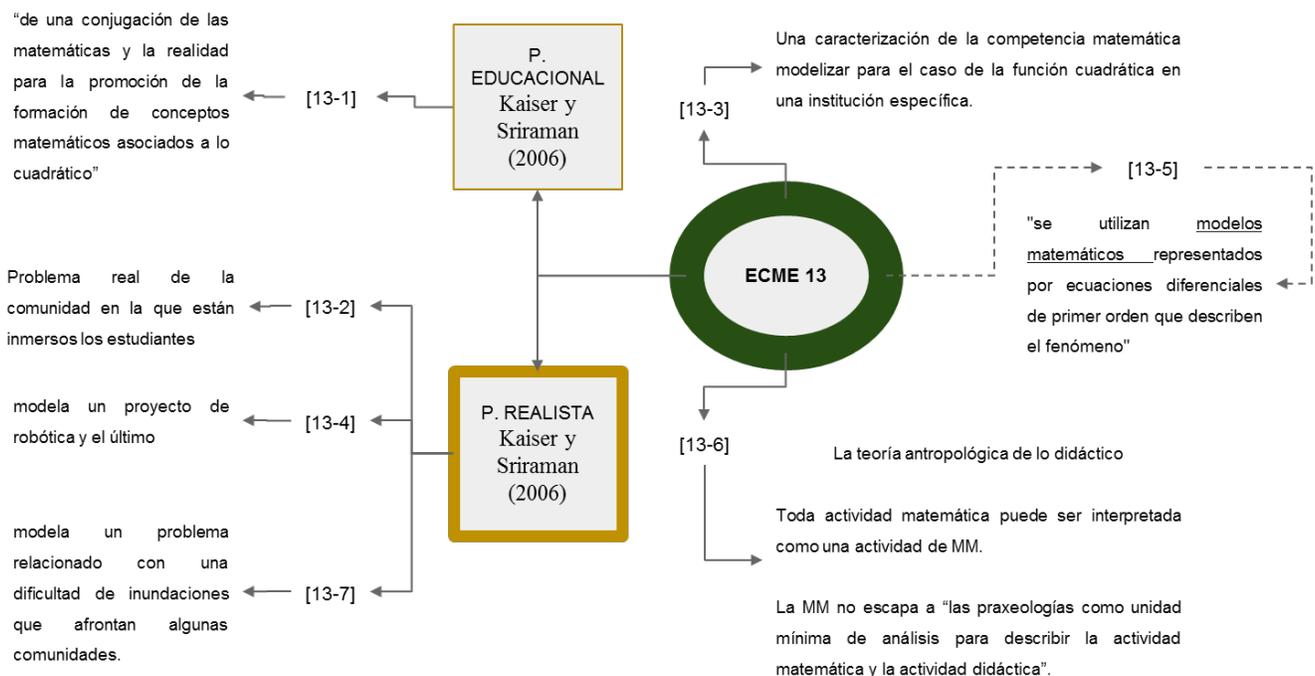


Figura 2. Desarrollos sobre la MM en el ECME 13.

Fuente: autores.

relaciones trigonométricas. El segundo se enfoca en presentar reflexiones “frente al papel que desempeña la integración de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) y la Génesis Instrumental en dos experiencias investigativas con el uso de las calculadoras graficadoras algebraicas, CBR (Calculator Based Ranger) y/o Lápiz/Papel (L/P)”. Ninguno aborda, decisivamente, la idea de MM, circunstancia que nos llevó a no considerarlos en esta fase del análisis.

En relación con los documentos [14-1], [14-2], [14-4], [14-10], [14-12], [14-15] [14-16] y [14-18], los clasificamos en la perspectiva educacional. Pues en [14-1] se presentan resultados parciales de una investigación en la que se sugirió un proceso de MM para estudiar algunos aspectos de la función trigonométrica seno; mientras que en [14-2], los autores buscan determinar la diferencia en el aprendizaje significativo del concepto de derivada y reglas de derivación, en dos grupos de cálculo diferencial con estudiantes universitarios. En [14-4], el autor concluye, en relación con el estudio del pensamiento variacional en la escuela, que este debe surgir de tareas sobre las nociones de *cambio*, *variación* y *procesos* de MM, en busca de desarrollos por comprensión y no como un estudio formal de conceptos. Por su parte, en [14-10] se esboza una propuesta para la enseñanza del álgebra escolar, para ello, sugieren que el docente inicie dicha enseñanza con un lenguaje retórico, seguido del sincopado y del simbólico; considerando como un hecho importante que el docente plantee situaciones donde el estudiante modele problemas algebraicos en un lenguaje que esté en concordancia con el momento en que se encuentre. En [14-12] se presentan resultados de una investigación desarrollada en una institución rural de la región de Urabá, con el propósito de analizar un proceso de MM que les permitiera a los estudiantes generar modelos lineales desde un análisis del cultivo del plátano. En [14-15], “se reportan los resultados de una secuencia de actividades que tiene por finalidad potenciar el desarrollo de razonamiento estadístico en estudiantes de quinto de primaria como medio para la construcción de predicciones respecto a la resistencia física”. En [14-16] se presenta un taller

cuyo propósito fue “mostrar cómo con el uso del Cabrí, y la construcción de algunos fractales [...] se pueden identificar patrones numéricos y/o geométricos” en el proceso de transición de la aritmética al álgebra. Por último, en [14-18] los autores presentan un proyecto de innovación pedagógica que se centra en la enseñanza/aprendizaje de las isometrías en el plano bidimensional, y reflexionan sobre el desarrollo de una experiencia en los grados sexto y séptimo, donde el arte gráfico posibilita modelar usando las teselaciones.

Al documento [14-3] lo hemos clasificado, por una parte, en la perspectiva epistemológica, por cuanto sus autores buscan informar algunos aspectos que se vienen adelantando en una investigación correspondiente a la formación doctoral, en la que discuten una comprensión teórica sobre cómo la MM puede convertirse en una herramienta de formación matemática para los ingenieros –particularmente de ingeniería de diseño–; y por otra, puede ubicarse en la perspectiva educacional pues pretende resaltar la posibilidad de usar la MM para dar cuenta de los procesos de enseñanza y aprendizaje con tal grupo de ingenieros.

De otro lado, [14-5] se clasifica en la perspectiva cognitiva, pues presenta, desde lo que los mismos autores denominan, una aproximación cognoscitiva, un estudio diagnóstico partiendo de la premisa de que los estudiantes ponen en evidencia dificultades para encontrar la solución óptima a una situación problema –de optimización–, las cuales radican en la formulación del modelo matemático y los conocimientos previos propios del cálculo.

Los documentos que asumen a la MM desde una perspectiva sociocrítica son: [14-6], [14-7], [14-14] y [14-17]. En el primero, las autoras, al considerar una propuesta para visualizar procesos de MM usados por estudiantes de noveno grado de un colegio público de Bogotá, se enmarcan en esta perspectiva considerando que permite, por una parte, “vincular el contexto sociocultural en el cual están inmersos los estudiantes con la matemática”, y por otra, “como lo menciona Valero (2002) el desarrollo de competencias democráticas necesarias para ser actores responsables en su sociedad”. Por su parte [14-7], al

describir los procedimientos realizados en el montaje de un escenario de MM, evidencian dificultades que presenta la MM para integrarse al currículo de matemáticas del grado octavo y formar parte de las prácticas en la clase de matemáticas. En [14-14], los autores analizan la experiencia de modelación del cultivo del café, en cinco estudiantes de grado décimo de una institución educativa ubicada en un municipio reconocido por su producción cafetera. En [14-17] se describe “la producción de etanol a partir de desechos orgánicos domésticos y hojarasca, utilizando modelos matemáticos aplicados en los programas *Derive 6.1* y *Excel*”, a través de la que se reflexiona sobre una cultura ecológica en la protección y conservación del medio ambiente.

En relación con la perspectiva realista, encontramos los documentos [14-9] y [14-13]. En el primero se exhiben, concretamente, las relaciones entre la matemática y los malabares; y menciona que la manera de modelizar matemáticamente los lanzamientos, por ejemplo, recibe el nombre de *transposicionales*, en las cuales el tiempo entre los lanzamientos es constante,

lo cual da lugar a calcular el número de lanzamientos posibles desde que se proyecta la bola hasta que regresa. Entre tanto, el segundo expone y reflexiona acerca de una estrategia pedagógica para proveer herramientas a los estudiantes de decimo grado que les permitan, usando el contexto regional, la visualización y modelación de objetos trigonométricos.

En la figura 3, de forma sintética, presentamos los desarrollos encontrados sobre la MM en el ECME 14.

ECME 15

En esta versión del ECME excluimos el documento [15-5] dado que los propios autores señalan que la idea de la MM será abordada en otros avances de la investigación. De los ocho documentos restantes, cuatro de ellos –[15-6], [15-3], [15-1] y [15-8]– hacen alusión a lo que podemos denominar MM desde una perspectiva sociocrítica. En el primero de ellos, al incorporar contextos reales a las actividades matemáticas, las autoras ponen en juego a la modelación como una herramienta necesaria tanto para

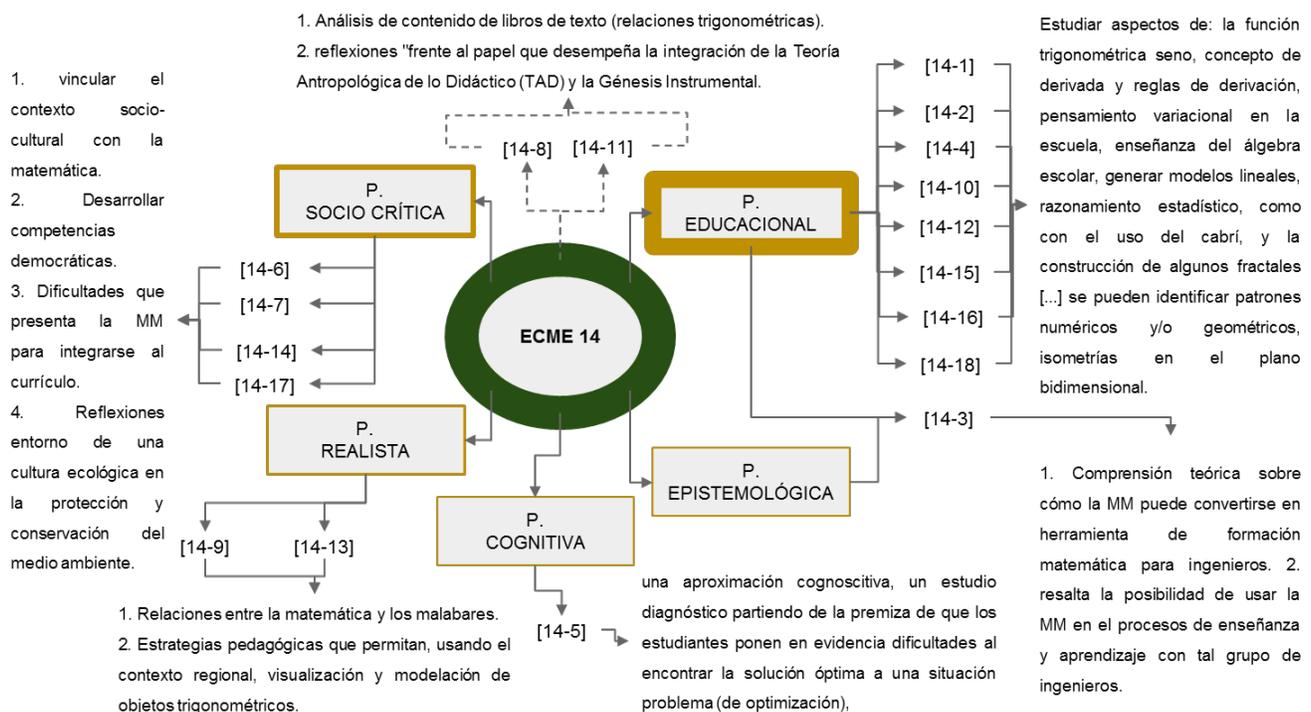


Figura 3. Desarrollos sobre la MM en el ECME 14.

Fuente: autores.

interpretar como para solucionar la problemática que le da vida a la actividad. En el segundo, los autores consideran que la MM puede ayudar a la finalidad de “la consolidación de los ideales de una ciudadanía reflexiva, el cumplimiento de las leyes de forma consciente, la participación en la toma de decisiones del país de una forma crítica y el respeto por la diversidad cultural”. Cabe señalar que a diferencia del anterior, presenta en su desarrollo una relación clara con esta perspectiva, pero no explicita una definición concreta de lo que significa para ellos la MM desde dicha perspectiva. En el tercer documento, los autores indagan por la integración de la MM como un recurso en la educación primaria, mientras que en el cuarto centran su atención en las reflexiones, emergentes, de dos docentes de primaria cuando participan en actividades de MM.

De los documentos clasificados en la perspectiva educacional, [15-9] y [15-4], el primero no hace una alusión fuerte a una definición concreta de la MM, ni al tratamiento de la modelación a lo largo del documento. Esta situación es opuesta a la del segundo documento, en el que se presenta una discusión sobre la MM como herramienta de formación para los ingenieros.

En relación con el documento [15-7], se observan y analizan relaciones entre diferentes aspectos involucrados de la comunicación en ambientes de MM; con lo que se busca construir *insight* en las interacciones entre ambos procesos, que a su vez, sugieren aspectos que puedan generar dinámicas en la comunicación en el interior del aula de clase al desarrollar la MM. Esta circunstancia, a nuestro modo de ver, enfatiza en el desarrollo de la teoría interna de la modelación, por lo que la clasificamos en la perspectiva epistemológica en un sentido más amplio del propuesto por Kaiser, Sriraman (2006), pues su tratamiento no es sobre conceptos y propiedades matemáticas.

Finalmente, en el documento [15-2], inscrito en la perspectiva contextual, se propone una actividad que involucra la experimentación física del principio de Bernoulli y la MM como alternativa contextual para la conceptualización de la proporcionalidad directa.

En la figura 4, presentamos los desarrollos observados sobre la MM en el ECME 15.

ECME 16

En este encuentro hemos establecido que, de los siete documentos analizados, uno ([16-1]) no se inscribe en la educación matemática, ya que da cuenta del proceso de modelación desarrollado para analizar la metástasis en el sistema linfático, a través de grafos y cadenas de Markov, sin tomar en consideración propósitos educacionales en la construcción del modelo. Los restantes seis sí son de interés para el campo de la educación matemática.

Así, [16-2], [16-3] y [16-4] son documentos que se pueden catalogar en la perspectiva educacional, por cuanto sus objetivos privilegian preocupaciones por el aprendizaje de conocimientos matemáticos, pues [16-2] parte por reconocer a “la modelación matemática como un recurso que permite establecer relaciones entre experiencia diaria y los conceptos matemáticos”; [16-3] sugiere identificar, a través de una prueba diagnóstica, cuáles son las dificultades de un grupo de estudiantes en torno del pensamiento multiplicativo; mientras que [16-4] esboza una herramienta didáctica que pretende fortalecer el pensamiento científico, con relación al contenido matemático en los estudiantes de una licenciatura en Matemáticas y Física.

En la perspectiva teórica de la educación matemática realista pudimos identificar a [16-5], pues reportó la exploración de “un diseño que contempla dos situaciones realistas que promueven procesos de matematización en los estudiantes de grado once”.

Por su parte, [16-6] y [16-7] explicitan una perspectiva sociocrítica de la MM: el primero muestra el reporte de un estudio de los discursos que emergen en los espacios de interacción constituidos durante un proceso de MM; mientras que el segundo se propone reportar la creación y análisis de un ambiente de MM desde la perspectiva mencionada.

En la figura 5, presentamos los desarrollos percibidos sobre la MM en el ECME 16.

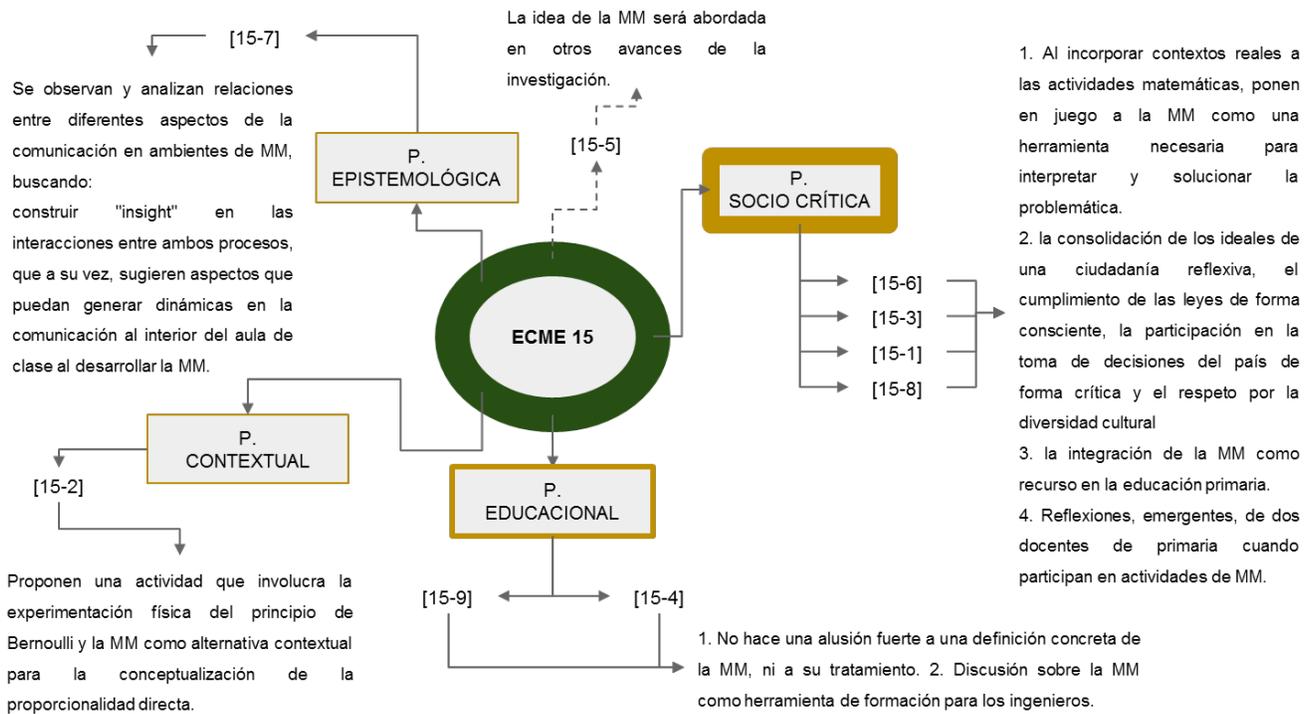


Figura 4. Desarrollos sobre la MM en el ECME 15.

Fuente: autores.

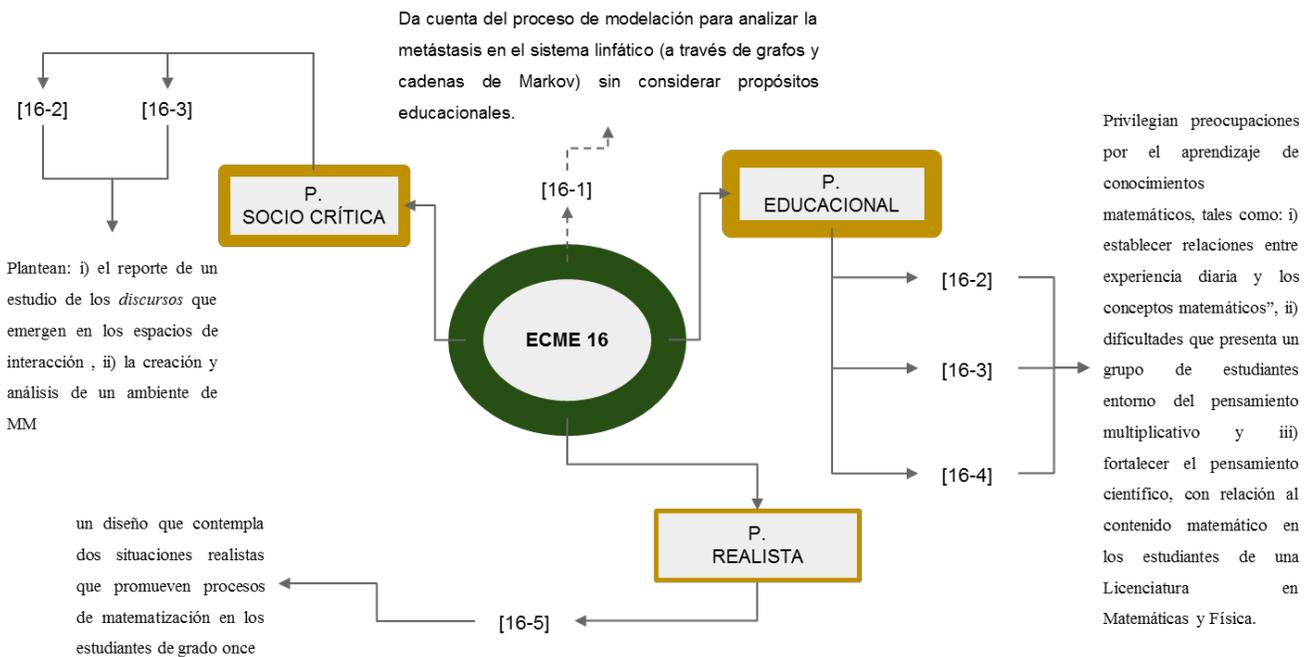


Figura 5. Desarrollos sobre la MM en el ECME 13.

Fuente: autores.

3. A manera de conclusión

Partimos por reconocer la importancia que fue adquiriendo la MM en nuestras prácticas pedagógicas e investigativas en educación matemática, por lo que identificamos una ausencia en la organización de los trabajos desarrollados en Colombia en torno a dicha idea. Nos propusimos, entonces, de manera general, desarrollar un estudio que nos ayudará a plantear un panorama de lo que hasta hoy se ha realizado en la MM en el país, inspirados en el epígrafe de este documento. Observamos, además, que un trabajo en esa dirección significa un esfuerzo de largo aliento, por lo que decidimos realizar una revisión de los trabajos que se desarrollaron en los últimos cuatro Encuentros Colombianos de Matemática Educativa. Para ello seleccionamos, estructuramos y analizamos los documentos que hacen referencia a la MM en los últimos cuatro encuentros desarrollados.

Identificamos que los trabajos se encapsulan en ocho perspectivas: educacional –34,1 %–, sociocrítica –24,4 %–, realista –14,6 %–, epistemológica –4,9 %–, cognitiva –2,4 %–, contextual –2,4 %–, teoría antropológica de lo didáctico –2,4 %– y modelizar –2,4 %–. Es importante resaltar que cinco trabajos –12,1 %– no se analizaron porque consideramos que no se enmarcan en la educación matemática. Como puede apreciarse, se evidencia una pluralidad en las perspectivas educacional, sociocrítica y realista, lo que contrasta con las restantes, pues son reducidas y esporádicas. Esta situación permite señalar que la MM, en los eventos analizados, tiene un desarrollo eminentemente didáctico, práctico y que su avance teórico es circunstancial. Lo anterior se reafirma al observar que, de los documentos analizados, 31 son de corte práctico, mientras tan solo 8 son de carácter teórico.

En cuanto a las líneas de preocupación podemos identificar que existe un énfasis en el desarrollo de trabajos que plantean a la MM como medio para la enseñanza o aprendizaje de contenidos específicos; seguido de una preocupación por utilizarla para el fomento de algún tipo de pensamiento crítico, siendo las actividades o problemas planteados desde

contextos realistas. Tan solo un documento –de un avance doctoral– permite una conexión entre dos de estas perspectivas –epistemológica y educacional–.

Los trabajos en general proceden de las ciudades de Bogotá –doce–, Medellín –doce– y Cali –siete–, lo que permite identificar que esta actividad se concentra en las principales ciudades capitales del país; y son dirigidos en su mayoría a estudiantes de básica y media, seguidos por trabajos cuyo interés está a nivel universitario.

A la luz de lo anterior, esta revisión nos permite preguntarnos sobre la producción académica que pudiera estar aconteciendo en los municipios apartados de las capitales, pues –al menos en estos eventos– no se observan tales iniciativas. Este hecho nos motiva a hacer un llamado a la comunidad de educadores matemáticos para generar canales que nos permitan conocer, de primera mano, los desarrollos que allí se estén consolidando y desde tal reconocimiento avanzar en la construcción de colectivos de trabajo alrededor de la MM. Así mismo, y dada la escasa producción reportada, cabe cuestionarse si lo que se divulga en los eventos sobre lo que acontece en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali es representativo de lo que allí se desarrolla en la MM.

En relación con las conexiones entre los trabajos reportados, es necesario resaltar que se evidencia poco reconocimiento entre los investigadores nacionales, pues no se recogen suficientemente los desarrollos que se van decantando. Sin embargo, en al menos dos colectivos de trabajo se adoptan marcos teóricos comunes que provienen de investigadores reconocidos a nivel internacional. Lo anterior puede darse porque parte de la producción se centra en la elaboración de trabajos de posgrado a los que no se les da mayor continuidad una vez que los estudiantes se gradúan. No obstante, es importante reconocer, en tales colectivos, el surgimiento de producción académica propia.

Por último, somos conscientes de que esta exploración resulta ser una pequeña muestra en nuestro intento de *narrar lo que sucedió* para, a partir de allí, atrevernos a proyectar el trabajo que debemos

desarrollar. En ese sentido, una de las preocupaciones que queremos resaltar, derivada de este estudio inicial, tiene que ver con la interpretación que, tal vez, se le esté dando en las aulas colombianas a las prácticas de MM, por lo que invitamos a la comunidad académica a aunar esfuerzos con tal propósito.

4. Agradecimientos

Queremos agradecer especialmente a las profesoras Claudia Salazar y Diana Acevedo, por sus profundas lecturas y aportes en la construcción de este documento. Así mismo, a los egresados tanto del grupo de investigación EdUtopía como del colectivo de Edumays, por sus valiosas consideraciones. No obstante, las afirmaciones e ideas desarrolladas en este texto son enteramente de nuestra responsabilidad.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ, D.; COLORADO, H.; OSPINA, P. Una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de derivada. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 95-101. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.5961>
- APONTE, H.; FERNÁNDEZ, J.; VEGA, M. (2015). Modelación matemática a través de fenómenos físicos. La proporcionalidad directa y el principio de Bernoulli. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 348-352. 2015.
- APONTE, P.; ALMÉCIGA, H.; TORRES, D. Apuntes para la enseñanza de objetos matemáticos inmersos en el álgebra escolar. Un paso por diversas investigaciones. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 345-350. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7071>
- ARAÚJO, J. Uma Abordagem Sócio-Crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, Brasil, v. 2, n. 2, pp. 55-68, 2009.
- ARENDE, H. *La condición humana*. 1993. Disponible en: http://www.perio.unlp.edu.ar/catedras/sites/default/files/arendt_h_-_la_condicion_humana_prologo_byn.pdf.
- BARBOSA, J. Mathematical modelling in classroom: A socio-critical and discursive perspective. **ZDM**, Alemania, v. 38, n. 3, pp. 293-301, 2006. <https://doi.org/10.1007/BF02652812>
- BOLAÑOS, J.; ARBOLEDA, C.; MOTATO, J. (2016). Sistematización de una experiencia para la enseñanza del movimiento parabólico y su relación con el modelo termodinámico: una vía para fortalecer el pensamiento científico en los estudiantes de Licenciatura en matemáticas y física de Universidad del Valle. **Revista Colombiana de Matemática Educativa**, Bogotá, v. 1, n. 1b, p. 150. 2016.
- BOSSIO, J.; LONDOÑO, S.; JARAMILLO, C. Modelación matemática en el aula clase: una producción de modelos lineales desde el contexto del cultivo de plátano. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 409-412. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.6507>
- BOTELLO, I.; PARADA, S. La evaluación del Pensamiento Variacional de los estudiantes de recién ingreso a la Universidad. **Revista Colombiana de Matemática Educativa**, Bogotá, v. 1, n. 1b, p. 146. 2016.
- BUSTOS, A.; BUSTOS, G.; NOVOA, Y. Propuesta de ambientes de aprendizaje para la promoción de la modelación matemática desde la perspectiva crítica. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 95-101. 2013.
- CETINA, M.; CABAÑAS, G.; VILLA, J. Situaciones realistas y la matematización de la función cuadrática. **Revista Colombiana de Matemática Educativa**, Bogotá, v. 1, n. 1b, pp. 151-152. 2016.
- CHÁVEZ, A.; SAMBONI, T. No le des la espalda a tu espalda. Cuidado del cuerpo y matemáticas. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 369-374. 2015.
- COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional. **Lineamientos curriculares. Área Matemáticas**. Cooperativa Editorial del Magisterio, Bogotá: Colombia. 1998.
- CUMBAL, L. La modelación matemática como proceso de estudio en el álgebra escolar. En: 13

- ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012.
- DUARTE, P.; RENDÓN, P.; VILLA, J. La modelación matemática: una experiencia de formación en ingeniería. **RECME**, v. 1, n. 1, pp. 440-445. 2015.
- ECHEVERRY, F.; AUDOR, Y. La matemática en los malabares. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 303-307. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7059>
- ESPINOSA, J. Solución de modelos matemáticos, utilizando el *software Derive 6.1* en aplicaciones de ecuaciones diferenciales de primer orden. En: 13 ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012
- ESPINOSA, J.; HERNÁNDEZ, H.; YÁÑEZ, L. Descripción de la producción de etanol a partir de desechos orgánicos domésticos y hojarasca, utilizando modelos matemáticos aplicados en el *software Derive 6.1* y la hoja de cálculo Excel. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 700-704. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7755>
- GALÁN, G.; RODRÍGUEZ, Y. Dibujando la realidad usando las Isometrías en el plano bidimensional. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 709-711. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7757>
- GALLEGO, L.; ALDANA, E. Análisis de la concepción de la actividad de optimizar, desde una ingeniería didáctica. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 216-219. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.6486>
- GÓMEZ, O. Desarrollo del pensamiento variacional en estudiantes de grado noveno. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 115-120. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.5966>
- GÓMEZ, P. *et al.* Aspectos sociocríticos en la modelación matemática: una revisión documental. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 353-358. 2015.
- GONZÁLEZ, S.; MUÑOZ, L.; LÓPEZ, C. Reflexiones docentes a partir de actividades de modelación matemática. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 399-403. 2015.
- GUERRERO, F.; SALAS, J. Narrativas de los derechos humanos en educación matemática: el caso de los estudiantes de grado sexto. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 451-455. 2015.
- HENAO, S. M.; VANEGAS, J. A. La modelación matemática en la educación matemática realista: un ejemplo a través de la producción y uso de modelos cuadráticos. En: 13 ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012.
- HERNÁNDEZ, E.; CUEVAS, J. Razonamiento estadístico en estudiantes de quinto de primaria a partir de predicciones en torno a la idea de resistencia física. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 551-554. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7723>
- KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **ZDM**, v. 38, n. 3, pp. 302-310. 2006. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- MARCILLO, A.; ROJAS, C.; VILLA, J. Procesos de comunicación en la modelación matemática escolar. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 392-398. 2015.
- MARTÍNEZ, D., PÁEZ, O.; GARCÍA, G. Modelación desde la perspectiva de la educación matemática crítica. Cuestiones relacionadas con la obsolescencia. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 288-292. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7054>
- MOLINA, J.; VILLA, J. La modelación en la producción de conocimiento matemático: el caso de la función seno. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 80-84, 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.5496>
- MOLLOGÓN, J. Un problema de alturas en el Guaviare. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 523-527. 2013.
- MORENO, J. La modelación matemática en el contexto de la robótica: una actividad didáctica realizada por aprendizaje de proyectos para el concepto de proporción. En: 13 ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012.

- OBANDO, J.; SÁNCHEZ, J.; MUÑOZ, L.; VILLA, J. El reconocimiento de variables en el contexto cafetero y su constitución como modelos matemáticos. En: 13 ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012.
- OLMOS, C.; SARMIENTO, D.; MONTEALEGRE E. Competencia matemática modelizar: un estudio exploratorio desde la función cuadrática. En: 13 ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012.
- PARRA, M.M.; VILLA, J. Tendencias en investigación en modelación matemática en educación primaria. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 235-240. 2015.
- PEDREROS, M.; MEJÍA, M. Relaciones e integraciones de la Teoría Antropológica de lo Didáctico y la Génesis Instrumental. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 397-401. 2013.
- PERDOMO, E.; TAFUR, Y.; MARTÍNEZ, J. La conversión entre los registros de representación de la función lineal y criterios de congruencia entre algunas de sus representaciones. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1, pp. 72-77. 2015.
- PERILA, W.; MANCERA, G.; CAMELO, F. La telefonía móvil en Colombia: un ambiente de modelación matemática desde una perspectiva crítica. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1b, pp. 100-101. 2016.
- PLANAS, N.; VALERO, V. Tracing the socio-cultural-political axis in understanding mathematics education. En BOERO, P.; LEDER, G. (eds.). **The Second Handbook of the Psychology of Mathematics Education. The journey continues**. Sense Publishers. Róterdam: Países Bajos. 2016. pp. 447-449. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-561-6_13
- PUERTO J. El uso de los fractales para potenciar el desarrollo del pensamiento algebraico-variacional a través del *software Cabri* “Del pensamiento numérico al pensamiento Algebraico-Variacional”. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 665-669. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7747>
- RENDÓN, P.; ESTEBAN, P.; VILLA, J. La modelación matemática en la ingeniería de diseño. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 102-106. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.5962>
- RIVERA, S.; LONDOÑO, S.; JARAMILLO, O. Medida de área y el volumen en contextos auténticos: una alternativa de aprendizaje a través de la modelación matemática. En: 13 ENCUENTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA. Medellín: Colombia. 2012
- ROMERO, J.; BARRIOS, O.; GALVIS, T. Emergencia de discusiones en un proceso de modelación matemática desde la perspectiva sociocrítica. **Revista Colombiana de Matemática Educativa**, Bogotá, v. 1, n. 1b, p. 156. 2016.
- SÁNCHEZ, J. *et al.* Posibilidades y limitaciones de la Modelación Matemática a través de proyectos. Una experiencia en formación inicial de profesores. **RECME**, Bogotá, v. 1, n. 1b, pp. 130-131. 2016.
- SÁNCHEZ, J.; OBANDO, J.; MUÑOZ, L.; VILLA, J. La modelación matemática: Un ejemplo en el contexto cafetero. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 474-478. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.6570>
- SIERRA, L.; MONRROY, N. Análisis de la metástasis en el sistema linfático, con grafos y cadenas de Markov. **Revista Colombiana de Matemática Educativa**, Bogotá, v. 1, n. 1b, p. 86. 2016.
- TAVERA, F.; VILLA, J. El pensamiento variacional en el estudio de las relaciones trigonométricas: una mirada desde los libros de texto. **Revista Científica**, Bogotá, v. 1, n. esp., pp. 298-302. 2013. <https://doi.org/10.14483/23448350.7058>
- VALERO, P. Consideraciones sobre el contexto y la educación matemática para la democracia. **Quadrante**, Portugal, v. 11, n. 1, p. 33-40, 2002.





ADOLESCÊNCIA EM DOIS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS

ADOLESCENCE IN TWO SCIENCE TEXTBOOKS

ADOLESCENCIA EN DOS LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS

Mateus Souza da Luz^{*ID}, Solange de Fátima Reis Conterno^{**ID}, Gicelle Galvan Machineski^{***ID},
Letícia Katiane Martins^{****ID}, Alessandra Crystian Engles dos Reis^{*****ID} y
Fernanda Aparecida Meghioratti^{*****ID}

Cómo citar este artículo: Luz, M.S., Conterno, S.F.R., Machineski, G.G., Martins, L.K., Reis, A.C.E. y Meghioratti, F.A. (2020). Adolescência em dois livros didáticos de ciências. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 268-283. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14336>

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar dois livros didáticos de Ciências do oitavo ano do Ensino Fundamental, fornecidos pelo Programa Nacional do Livro Didático do Brasil, utilizados em um município da região Oeste do Paraná, em relação aos temas e aos conceitos pertinentes à adolescência. Trata-se de um estudo exploratório-descriptivo, do tipo qualitativo fundamentado na análise de conteúdo. Foi possível constatar que os dois livros abordam assuntos relacionados ao adolescente, porém de maneira restrita. Mediante a importância dos conceitos e a carência de informação, evidencia-se que as inclusões dos assuntos relacionados à essa faixa etária são vitais para a abordagem pedagógica. Pode-se afirmar, que o livro didático nem sempre contempla os assuntos pertinentes a essa fase, devendo o professor enriquece-lo, pois, temas importantes podem estar negligenciados nas obras.

Palavras-chave: adolescente; educação sexual; livro didático.

Recebido: 15 de janeiro de 2019; aprovado: 13 de junho de 2019

- * Enfermeiro especialista em Gerenciamento de Enfermagem em Clínica Médica e Cirúrgica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel, Paraná, Brasil. Correio eletrônico: matthheus72@gmail.com
- ** Doutora em Educação. Docente do curso de Enfermagem e do Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Biociências e Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel, Paraná, Brasil. Correio eletrônico: solangeconterno@gmail.com
- *** Doutora em Enfermagem. Docente do curso de Enfermagem e do Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Biociências e Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel, Paraná, Brasil. Correio eletrônico: gmachineski@gmail.com
- **** Enfermeira especialista em Gerenciamento de Enfermagem em Clínica Médica e Cirúrgica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel, Paraná, Brasil. Correio eletrônico: leticiakmartins2@gmail.com
- ***** Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática (PPGCEM), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel, Paraná, Brasil. Docente do Curso de Enfermagem da Unioeste. Correio eletrônico: alessandra.reis@unioeste.br
- ***** Doutora em Educação. Docente do curso de Ciências Biológicas e dos Programas de Pós-Graduação em Educação e em Educação em Ciências e Educação Matemática (PPGCEM), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel, Paraná, Brasil. Correio eletrônico: fernanda.meghioratti@unioeste.br

Abstract

The objective of this study was to analyze two eighth grade science textbooks, which are provided by the National Textbook Program and used in a municipality in the Western region of Paraná Brazil, in relation to themes and concepts pertinent to adolescence. This is an exploratory-descriptive study that employs qualitative content analysis. The results reveal that the two books deal with subjects related to the adolescence, but in a restricted way. Due to the importance of the concepts and lack of information, it is evident that the inclusion of subjects related to this age group is vital for the pedagogical approach. It was affirmed that textbooks do not always contemplate subjects pertinent to this phase, and teachers must, therefore, cover some themes that may be left out in these textbooks.

Keywords: teenage education; sexual education; elementary school textbooks.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar dos libros didáticos de ciencias de octavo grado en secundaria, suministrados por el Programa Nacional del Libro Didáctico del Brasil, utilizados en un municipio de la región Oeste de Paraná, respecto a los temas y conceptos que tienen que ver con la adolescencia. Se trata de un estudio exploratorio-descriptivo, de tipo cualitativo, fundamentado en el análisis de contenido. Es posible constatar que los dos textos abordan asuntos relacionados con el adolescente, pero de manera restringida. Dada la importancia de los conceptos y la carencia de información, se evidencia que la inclusión de asuntos relacionados con esa edad es vital para el abordaje pedagógico. Sin embargo, podemos afirmar que los libros no suelen contemplar asuntos pertinentes para el estudio de esta edad, dejando al profesor la responsabilidad de enriquecerlos, pues temas importantes son descuidados en estas obras.

Palabras clave: adolescente; educación sexual; libro de texto.

Introdução

O adolescente se encontra em uma fase de transição importante para o desenvolvimento humano, quando se observa o início da mudança do corpo infantil para adulto. Várias alterações hormonais, morfológicas e comportamentais estão acontecendo, as quais são consideradas para que estudiosos e organizações conceituem a adolescência.

Para tanto, toma-se como importante, de imediato introduzir a origem do termo problematizado neste estudo, para que o leitor melhor contextualize o sujeito adolescente. “A etiologia da palavra adolescência vem de duas raízes inter-relacionadas: do latim *ad* (a, para) e *olescer* (crescer) e, também, de *adolesce*, origem da palavra adoecer” (Ribeiro, 2011 p. 2). Para Shaffer (2005) a adolescência é um período compreendido entre 10 e 19 anos de idade, marcado não só por mudanças físicas, mas também no campo social e cognitivo.

No Brasil a Lei 8069 de 13 de julho de 1990, que dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente, no Artigo 2º, considera criança a pessoa com até 12 anos de idade incompletos e, adolescente entre 13 e 18 anos de vida (Brasil, 1990). Para a vertente psicológica a adolescência não é mera etapa cronológica/temporal, deve ser uma época de perturbações advindas do aumento na produção de hormônios sexuais, os quais provocam manifestações que marcam o despontar da sexualidade (Bock, 2007). Com base nessa vertente, a sexualidade deve ser compreendida no âmbito biopsicossocial, já que o adolescente está inserido em determinado contexto sócio histórico.

Considerar o sujeito adolescente protagonista na construção do viver em sociedade confere, ao mesmo, compromisso social e pessoal. Questões do desenvolvimento psicossocial, ainda são tratadas como um tabu (Ramos, 2001). O tema sexualidade na unidade familiar é passível de ser oculto, uma vez que, os pais nem sempre possuem propriedade quanto às informações pertinentes ou se sentem à vontade para falar desse assunto. No entanto, é nessa fase que o sujeito embebido pela condição hormonal

se encontra potencialmente fragilizado, exposto a situações de risco, de forma mais evidente e abrupta (Nery *et al.* 2015), como no caso de envolvimento com álcool e outras substâncias lícitas ou ilícitas, além de infecções sexualmente transmissíveis e a gravidez na adolescência.

Acredita-se que a precária abordagem da sexualidade e demais problemáticas inerentes à adolescência pela família, por vezes, torna-se preocupante, tendo em vista, as possíveis lacunas próprias da inexperiência adolescente e a busca instintiva por sua identidade social.

Diante dos apontamentos que contextualizam a problemática estudada, faz-se pertinente a pesquisa de temas próprios da adolescência e de como são tratados nos livros didáticos de Ciências visto que, no Brasil, são amplamente operados pelos professores e alunos para a condução didático pedagógica. Para tanto, faz-se necessário a preocupação com a qualidade dos conteúdos dispostos nos livros utilizados (Altmann, 2005). Como no caso de Dias, Oliveira (2015), que estudaram o corpo, gênero e sexualidade no Projeto Político Pedagógico em determinada escola estadual em Sergipe e identificaram que essas temáticas estão inseridas superficialmente no currículo escolar.

No Brasil, os livros didáticos utilizados pela rede pública de ensino são gerenciados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Esses livros passam por um processo de seleção, com o intuito de verificação da qualidade do material, sendo essa logística de responsabilidade do PNLD, antes de estarem sob posse dos estudantes brasileiros (Brasil, 2017). Neste contexto, esta pesquisa se ocupa em analisar dois livros didáticos de Ciências utilizados nos anos finais do Ensino Fundamental da rede pública do estado do Paraná, distribuídos pelo PNLD 2017, afim de identificar os temas e conceitos relacionados a adolescência.

1. Metodologia

Trata-se de um estudo exploratório e descritivo, do tipo qualitativo fundamentado na Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2012).

O estudo em questão analisou a abordagem do ser adolescente, em dois livros didáticos de Ciências do oitavo ano do Ensino Fundamental. Destaca-se nesta pesquisa a escolha dessas obras, tendo em vista que a Base Nacional Curricular Comum para o Ensino de Ciências no eixo de Vida e Evolução, especificamente no ano selecionado do Ensino Fundamental, considera a abordagem dos mecanismos reprodutivos e da sexualidade (Brasil, 2016). É importante salientar que os livros escolhidos fazem parte do PNLD 2017 e foram adotados para o triênio 2017/2018/2019 pela maioria das escolas da rede estadual de ensino de um município da região Oeste do Paraná (Brasil, 2017).

Para escolha das obras foi solicitado a superintendência do Núcleo Regional de Educação da região, via Secretaria de Educação do Estado do Paraná, a relação de escolas e as respectivas obras da disciplina de Ciências que foram escolhidas para o triênio do município estudado. Foi observado que dos 38 colégios estaduais, 12 adotaram a obra *Investigar e Conhecer*, 7 o *Projeto Teláris*, 6 *Projeto Araribá*, 4 *Projeto Apoema*, 4 *Ciências Novo Pensar*, 3 *Ciências Naturais*, 1 *Ciências: O Corpo Humano* e 1 *Ciências*. Assim, foram objeto de estudo desta pesquisa as obras: *Investigar e Conhecer* da autora Sônia Lopes (2015) e *Projeto Teláris* do autor Fernando Gewandsznajder (2015) que para fins teóricos serão identificados ao longo da pesquisa como L1 e L2, respectivamente.

Para o desenvolvimento deste estudo foram identificadas categorias, correspondentes ao conjunto de palavras que expressam determinado sentido, após a primeira leitura e pré análise das obras (Bardin, 2012). Segundo Meireles, Cendón (2010 p. 78), "As deduções lógicas ou inferências que serão obtidas a partir das categorias serão responsáveis pela identificação das questões relevantes contidas no conteúdo das mensagens". Em um segundo momento, a partir da definição das categorias/questões relevantes, os dados foram novamente analisados conforme o objetivo proposto para a pesquisa, os quais são apresentados nos resultados e discussão a seguir.

2. Resultados e discussão

Na ausência ou frágil amparo familiar e desinformação, os adolescentes podem recorrer a fontes e aceções não confiáveis. Cabe salientar, o ambiente escolar como espaço de socialização de conteúdos sistematizados, de discussão e fomento do tema, visando uma abordagem que vai além do biológico, abarcando o contexto biopsicossocial e, o livro didático, recurso importante para o ensino e a aprendizagem, utilizado com destaque, para o planejamento da abordagem pedagógica (Vargas, 2014). Lima Soares *et al.* (2018) compreendendo essa importância, estudaram as representações do corpo humano nos livros didáticos de Ciências, assim também descreveram que o livro didático, por vezes, é fonte exclusiva para planejamento e trabalho do professor.

Nesta perspectiva e conforme a metodologia utilizada neste estudo foram identificadas seis categorias: *puberdade*; *drogas*; *alimentação saudável*; *sexualidade*; *infecções sexualmente transmissíveis (IST's)* e; *higiene*. Destaca-se que a sexualidade é implícita e explícita ao ser, o qual é composto por um organismo que se relaciona com distintos contextos: social, emocional, histórico, com grupos e ambientes culturalmente diversos; e que não apresenta conotação patológica, para tanto, justifica-se uma categoria exclusiva para IST.

Na categoria *puberdade*, os livros didáticos salientaram a ocorrência da puberdade fisiológica e os principais eventos resultantes das mudanças hormonais no menino e na menina.

Na puberdade, há um aumento na produção de hormônios sexuais, os quais, entre outras coisas, estimulam o funcionamento das glândulas sebáceas. Consequentemente, a pele fica mais oleosa. Em alguns casos, a gordura produzida (sebo) entope a saída da glândula e forma o cravo. A cor escura dos cravos se deve a melanina e ao sebo oxidado. Além disso, bactérias podem se reproduzir no canal da glândula e provocar uma inflamação no local. Surgem as conhecidas espinhas: é a acne (Gewandsznajder, 2015 p. 125).

“A adolescência é uma fase de muitas mudanças e transformações no corpo. O sistema endócrino influi diretamente nesses fenômenos” (Lopes, 2015 p. 228).

Tanto a autora do L1 quanto o autor do L2, trouxeram o conceito de puberdade fisiológica, ao passo que destacaram as principais ocorrências de eventos durante esse período. Em relação ao desenvolvimento corporal, trazem uma representação importante a ser trabalhada com os adolescentes, na qual cada indivíduo irá desenvolver-se dentro de um padrão esperado, porém com situações distintas e essa variedade é uma característica importante na espécie humana, exemplo: na puberdade alguns adolescentes possuem espinhas. A explicação fisiológica também possibilita a compreensão de que os hormônios responsáveis por todas essas mudanças são produzidos desde a vida intrauterina, sendo que o ápice dessa produção ocorre na adolescência.

É nessa fase do ciclo vital que um corpo diferente, do que havia até então, emerge. Na puberdade há o aumento da produção hormonal, propiciando o crescimento físico e o aparecimento de caracteres sexuais secundários. A velocidade de crescimento possibilita, por vezes, que o adolescente não reconheça seu próprio corpo, em razão de que algumas partes específicas crescem mais que outras e de maneira desigual. Os reflexos dessas alterações podem ser visualizados em atividades do cotidiano, é comum que os adolescentes derrubem objetos facilmente e tornem-se desajeitados ao desempenhar micro e macro atividades. Essa desorganização é devido ao não redimensionamento das percepções de tempo, espaço e tônus que passaram a fazer parte do corpo adolescente (Brêtas, Muroya, Goellner, 2009).

Dentre as diversas mudanças no corpo adolescente, uma das que mais o deixa aborrecido devido a distúrbios de imagem e percepção diz respeito as espinhas. Os autores de L1 e L2 deram enfoque para essa situação, pois é um evento compartilhado por ambos os sexos e, por vezes, os adolescentes recorrem a indústria farmacêutica para aquisição de produtos com intuito de cessar a ocorrência das mesmas. L1 traz uma figura e texto (2015 p. 227) nos

quais destaca a acne e o cuidado com a utilização de produtos farmacêuticos sem a devida orientação de um profissional da saúde. Portanto, visando as alterações próprias da adolescência é necessário instrumentalizá-los sobre as principais modificações que ocorrem na puberdade, atentando-se também para as características sexuais secundárias, como é o caso da acne, a fim de esclarecer quaisquer dúvidas que possam surgir. Além de orientá-los, bem como seus familiares, a buscar auxílio de um profissional mediante alterações patológicas.

Na categoria *drogas*, notou-se nas obras a contextualização a respeito do atual cenário de inserção dos jovens e adolescentes no uso de agentes químicos lícitos e ilícitos. O L1 destaca o risco de desenvolvimento de câncer e compara os efeitos do álcool com o uso do craque e da cocaína, os quais provocam danos importantes sobre o organismo. Finaliza o texto mencionando que álcool para adolescentes é proibido. Já o L2 traz, no início da sua redação, que o álcool não deve ser ingerido por crianças e adolescentes e destaca alguns fatos curiosos sobre o efeito dessas drogas em relação a memória e a redução da capacidade para o desenvolvimento de raciocínios complexos e tomadas de decisões imediatas.

“O álcool é a droga que mais detona o corpo (tanto quanto a cocaína e o craque); a que mais faz vítimas; e é a mais consumida entre os jovens no Brasil” (Lopes, 2015 p. 112).

Crianças e adolescentes não devem tomar bebida alcoólica. A bebida na juventude aumenta o risco de dano cerebral. Estudos mostram que os jovens consumidores de álcool têm a parte do cérebro relacionada à memória 10% menor. Além disso, há uma redução das capacidades de raciocínio complexo e tomada de decisões rápidas (Gewandsznajder, 2015 p. 63).

O álcool é a substância psicoativa que os adolescentes tem contato mais precoce. Estudo retrata que as primeiras ingestões de álcool de um indivíduo ocorreram com idade entre 10 e 12 anos. Embora a Lei nº 13.106 de 2015 proíba o consumo, a venda

e a oferta de bebidas alcoólicas para menores de 18 anos, o uso de tal substância é comum. E, por vezes, tem caráter abusivo seja em reuniões de amigos, nas festas e até mesmo no convívio familiar (Bonito, Boné, 2014). Assim, aponta-se o álcool como um artifício de socialização, autoafirmação e até mesmo de inclusão em determinado grupo (CARLINI *et al.* 2010).

É interessante que a obra L1 associa o envolvimento químico com o possível isolamento social, conforme a autora ilustra em uma figura (2015 p. 223) um adolescente em lugar escuro, com uma das mãos na cabeça, podendo estar disperso ou pensativo e texto em anexo enfatizando que o jovem envolvido nessa situação desafiadora não está sozinho e deve procurar ajuda.

Estudo realizado na cidade do Rio de Janeiro com 21 adolescentes de ambos os sexos, entre 12 e 18 anos, identificou que 18 desses participantes tinham consumido bebidas alcoólicas. Dentre os motivos para não experimentar tais bebidas três participantes relataram a falta de interesse em experimentar, e um dos participantes acha totalmente errado fazer uso de bebidas alcoólicas. Em relação ao primeiro contato com tal substância o mesmo ocorreu entre 9 e 17 anos no grupo estudado (Neves, Teixeira, Ferreira, 2015).

Em pesquisa realizada em Porto Velho - RO, Ji-Paraná - RO e Santarém - PA, com 996 alunos, os resultados chamam atenção devido ao fato de 39,2% dos participantes terem experimentado álcool no ambiente familiar, muitos na idade entre 12 e 13 anos. Além disso, o mesmo estudo constatou que, tanto em relação ao álcool quanto ao tabaco e a outras drogas, a idade de experimentação foi de 12 a 13 anos para o álcool e tabaco e; 13 a 15 anos para outras drogas (Elicker *et al.* 2015).

O uso de álcool pode causar intoxicação quando usado regularmente. Os estudos confirmam que a ingestão está associada: à morte, predisposição a violência sexual, relações sexuais desprotegidas, ao déficit de memória e a diminuição da percepção frente aos problemas. Além desses efeitos imediatos, tem-se ainda os efeitos a longo prazo como é

o caso do aumento significativo da probabilidade de uso de álcool na vida adulta, degeneração dos centros responsáveis pela memória, sistema límbico, vias dopaminérgicas, dificuldade no aprendizado e concentração, além da dependência do álcool para criar coragem no desempenho dos papéis sexuais e de relacionamento afetivo (Pechansky, Szobot, Scivoletto, 2004).

O tabaco é outra droga utilizada como forma de socialização dos adolescentes. Carlini *et al.* (2010) indicam que, no Brasil, o cigarro juntamente com o álcool é a droga de uso mais frequente entre os adolescentes, essa conclusão foi possível após o estudo temporal realizado desde a década de 80 pelo Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas (CEBRID). Iglesias *et al.* (2007) destacam que o tabaco é a segunda droga de maior consumo entre os jovens no mundo e no Brasil, e a possível explicação para os inúmeros adeptos ao cigarro deve-se em parte pela facilidade e estímulos para aquisição do produto, o baixo custo, a curiosidade estimulada pela imitação do comportamento adulto, bem como a falta de informações acerca dos problemas multifatoriais que estão envolvidos em seu consumo. Sendo o câncer de pulmão um dos melhores exemplos relacionado aos efeitos adversos do uso do tabaco e seus subprodutos.

O uso do tabaco pode predispor a experimentação de outras drogas como por exemplo o álcool e a maconha, conseqüentemente expõe a saúde do indivíduo a complicações de curto, médio e longo prazo que refletirão na vida adulta (Iglesias *et al.* 2007; Carlini *et al.* 2010). L1 ilustra esse contexto com um cartaz elaborado pela Organização Mundial da Saúde que destaca o combate ao uso do tabaco, com a imagem (p. 125) de uma garota irritada, negando o cigarro oferecido enquanto que atrás dela um garoto posicionado seriamente observa atentamente a cena.

Os livros didáticos analisados problematizam também o uso de drogas ilícitas e seus efeitos no sistema nervoso central. Discorrem ainda a respeito dos danos causados a saúde e a vida social do indivíduo que as consome. A primeira figura de

L1 comentada nesta seção (2015 p. 223), a qual insere o adolescente em um espaço de penumbra, permite ao leitor refletir e repensar sobre seus atos no que tange ao uso ou experimentação de drogas.

As abordagens sobre o uso de substâncias psicoativas, apresentadas pelas duas obras, evidenciam dados relevantes do consumo de álcool e tabaco, contextualizando ainda os efeitos adversos das drogas lícitas e ilícitas no organismo. Nota-se uma visão integral e valorosa para ser abordada com os alunos, pois a desinformação pode levar o jovem a experimentar o novo, nesse caso as drogas, sem que saiba os contratempos e impactos biopsicossociais do uso e abuso.

Na categoria *alimentação saudável* ambos os livros destacam a importância dessa temática e as consequências trazidas pela ingestão inadequada de alimentos. Associam-se os hábitos alimentares com o sedentarismo e o resultado desses para a saúde atual do adolescente, além dos futuros problemas trazidos pela má qualidade de vida.

Na adolescência ocorre um rápido desenvolvimento físico. Consequentemente, há também um aumento da necessidade de nutrientes. No entanto, diversos estudos indicam que muitos adolescentes, apesar de saberem o que é alimentação saudável, não consideram que sua alimentação seja saudável. Muitos não querem pensar nas consequências de uma má alimentação no futuro. Preferem pensar apenas no prazer imediato dado por certos alimentos (Gewandzajer, 2015 p. 71).

“[...] A forma mais eficaz de manter-se longe da hipertensão na juventude é mantendo hábitos saudáveis. Não fume, tenha uma alimentação baseada em muita fruta e pouca gordura, além de consumir pouco sal” (Lopes, 2015 p. 152).

Conforme destacado pelos autores, os adolescentes têm adotado hábitos de vida não saudáveis, optando por alimentos simples e rápidos e redução na prática de atividades físicas,

Nota-se, que com o aumento dos serviços tipo *fast-foods* pode haver, por sua praticidade, o favorecimento do consumo de carboidratos simples,

altamente energéticos e a redução da ingestão de fibras, que são provenientes de frutas, hortaliças, verduras e legumes.

Estudo realizado por Souza *et al.* (2016) buscou descrever o perfil de consumo alimentar dos adolescentes brasileiros, além de estimar a prevalência de inadequação na ingestão de micronutrientes. Após a conclusão da pesquisa obteve-se como resultado, que os adolescentes brasileiros ingerem os alimentos tidos como tradicionais, incluindo o arroz e feijão, porém ao serem questionados sobre as bebidas obteve-se um alto índice no consumo de refrigerantes e sucos ultra processados. Esse perfil dietético veio acompanhado de excessiva ingestão de ácidos graxos saturados, açúcares e baixo consumo dos micronutrientes como o cálcio e as vitaminas. Para finalizar e não menos importante, a pesquisa conclui que 80% dos 71.791 adolescentes entre 12 e 17 anos, consomem o sódio acima dos limites toleráveis.

É necessário levar em consideração, não apenas os aspectos inerentes ao indivíduo, mas sim os determinantes sociais, políticos e econômicos. Nesse sentido, ao abordar a alimentação saudável é interessante que se saiba o conceito de alimentação, os valores depositados nos hábitos alimentares, bem como a cultura de um povo e o acesso aos alimentos (Silva, Teixeira, Ferreira, 2014).

Tendo em vista a importância da educação em saúde para instrumentalizar os adolescentes a respeito de uma prática de alimentação saudável, é necessário considerar que o alimento é o responsável pelo fornecimento dos nutrientes necessários para manutenção da saúde e prevenção de agravos. Nesse sentido, cabe destacar que tanto os macronutrientes quanto os micronutrientes devem estar associados em nossa alimentação. E que a alimentação saudável não se refere a privação de um ou de outro nutriente específico, pois o exagero causa danos e a falta traz consequências, como por exemplo a fraqueza e o cansaço excessivo.

Neste contexto, destaca-se no L1 que, “A criança e o adolescente devem ser incentivados à prática regular de atividade física, ao cuidado na alimentação

e à recusa de comidas ricas em gordura” (Lopes, 2015 p. 152).

É necessário um olhar holístico para o adolescente, pois nessa fase a formação de conceitos e opiniões leva o adolescente a tentar se adequar aos padrões impostos pela sociedade. Nesse sentido, podem praticar atos como privar-se de alimentos, uso de laxantes dentre outras práticas, na busca incessante para identificar-se com um grupo. Podemos citar ainda, que os distúrbios alimentares tem sido uma recorrência e uma emergência na atualidade. O conhecimento e o reconhecimento de sinais e sintomas por parte dos docentes são de fundamental importância (Brasil, 2008).

Os transtornos alimentares podem ser definidos como mudanças comportamentais no hábito alimentar que levam a alterações significativas no peso corporal do indivíduo. Assim como destacado pela autora do L1, estudos mostram a incidência de adolescentes acometidos pela anorexia, bulimia nervosa e pelo transtorno compulsivo alimentar periódico (Albino, Macedo, 2014). São grandes as possibilidades de um adolescente ter alterações do seu apetite e perturbações da sua imagem corporal. Sobre isso, pesquisas mostram que 45% de adolescentes em idade escolar querem ser mais magros (as) e outros (as) 37% tentam perder peso (Albino, Macedo, 2014; Gonçalves, Faleiro, Malafaia, 2013).

Pode-se concluir que a nutrição é um dos principais elementos que promovem a saúde e proporcionam bem-estar aos indivíduos e que a formação de hábitos alimentares saudáveis é iniciada na infância, definida na adolescência e irá perdurar por toda a vida (Brasil, 2008).

É importante que os professores estejam atentos para possíveis alterações no comportamento dos escolares, principalmente aqueles relacionados aos transtornos alimentares, expressos pelo emagrecimento abrupto, ganho de peso inesperado, a fim de comunicar aos responsáveis para que procurem ajuda especializada. E contribuam para melhorar e até mesmo proporcionar saúde mental ao adolescente acometido pelas patologias nutricionais, quer seja pelo abuso de nutrientes ou pela falta deles.

Na categoria *sexualidade* foi contextualizado pelo L2 a masturbação, sendo essa caracterizada pelo ato de manipulação genital a fim de obter a satisfação sexual.

A masturbação, isto é, o ato de manipular os órgãos genitais para obter prazer, é muito comum na adolescência (tanto em garotos quanto em garotas). Ela não prejudica a saúde e nem é doença. É um modo de satisfazer o desejo sexual e aliviar tensões. A masturbação tampouco esgota os espermatozoides, que são produzidos aos milhões todos os dias. A eliminação de esperma durante o sono, chamada de “sono molhado” ou poluição noturna, também é normal (Gewandsznajder, 2015 p. 230).

Falar a respeito da masturbação na adolescência é fundamental, pois muitas são as dúvidas e os tabus que cercam essa prática. A masturbação conforme Brêtas, Muroya, Goellner (2009 p. 103) retrata a “[...] primazia genital na adolescência”, ou seja, identifica a genitália como área prioritária de prazer e satisfação quando da manipulação do próprio corpo.

O ato de masturbar, ainda nos dias atuais, é reconhecido como sinônimo de perversão sexual. Na cultura popular existem mitos em torno dessa prática, como por exemplo o crescimento de pelos nas mãos, aumento dos seios masculinos e hipertrofia de pequenos lábios nas mulheres (Aberastury, Knobel, 1981). Estudos abordados por Brêtas, Muroya, Goellner (2009) revelam que a sexualidade não é um problema em si, mas a sociedade assim a percebe.

Sendo a masturbação reconhecida como perversão sexual, e a sexualidade percebida como um problema, é fato que a conotação negativa para com o fenômeno da masturbação é acentuada. Então, quando o autor de L2 contempla a discussão desse fenômeno, com enfoque para a saúde do adolescente, percebe-se um avanço em relação aos cuidados com o comportamento adolescente/humano, com ênfase para o comportamento da menina, a qual tende raramente ser reconhecida como portadora de desejo sexual.

Nessa categoria os autores de L1 e L2 destacam ainda o uso dos métodos contraceptivos como forma de planejamento e salientam a importância do uso do preservativo, “camisinha”, em razão de ser o único método que oferece proteção tanto na prevenção da gravidez indesejada quanto a contaminação pelas IST’s.

Ambos os livros analisados trabalham a gravidez na adolescência em forma de textos e figuras. Esse fenômeno é tratado de forma abrangente levando o adolescente a refletir. O L1 ao trabalhar com os métodos contraceptivos no capítulo 12, que aborda sobre a reprodução humana, traz em sua introdução que o planejamento de uma gravidez é necessário para que ocorra em momento oportuno ao casal, visando os benefícios da maternidade e garantia de bem-estar ao filho (Lopes, 2015). No mesmo capítulo a autora trabalha com um texto que revela dados estatísticos da gravidez na adolescência, além de se ocupar brevemente com a questão do aborto, conforme segue,

Desde a puberdade, começa a se intensificar o desejo sexual nos adolescentes, que pode acabar levando-os a iniciarem a vida sexual muito antes de estarem preparados emocionalmente para isso e muito antes de estarem cientes das consequências do ato sexual sem proteção. Entre elas está uma possível gravidez em uma etapa da vida em que pode não ser aconselhável nem desejável que aconteça.

A incidência da gravidez na adolescência tem apresentado índices preocupantes no Brasil. De acordo com dados do Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA), órgão das Nações Unidas (ONU), em 2010, 19,3% dos bebês nascidos no Brasil foram filhos e filhas de mulheres com menos de 19 anos. Outro dado alarmante é que muitas jovens que engravidam tentam aborto, que é a interrupção da gravidez.

O aborto é proibido legalmente no Brasil, exceto em certos casos muito específicos, como aqueles em que a gravidez oferece risco de morte para a mãe. Por isso, muitas jovens acabam procurando clínicas clandestinas, em condições precárias, que muitas vezes causam danos à saúde da mulher, entre as quais

a esterilidade (impossibilidade de ter filhos) e a morte (Lopes, 2015 p. 254).

Salienta-se que ambos os autores trazem a problemática do aborto somente com a conotação criminosa, não trabalham exatamente o que é e os tipos de abortamento que podem acontecer, como por exemplo o aborto natural.

O L2 trabalha no capítulo 16 especificamente com os métodos contraceptivos e descreve que,

O nascimento de um filho traz muitas responsabilidades, para as quais o casal nem sempre está preparado. Isso é comum principalmente entre os adolescentes, que devem se lembrar que a gravidez e os cuidados com o bebê vão ocupar parte do tempo que eles poderiam dedicar aos estudos ou ao início da carreira profissional (Gewandsznajder, 2015 p. 213).

Estudos mostram que desde a década de 1970 a gravidez na adolescência apresenta-se como um problema de saúde pública devido às complicações obstétricas que repercutem na vida da adolescente e do recém nato, que são de ordem psicológica, social e econômica (Pariz, Mengrada, Frizo, 2012). A maternidade na adolescência traz consigo repercussões no campo social, psíquico e econômico. O social tem relação com o abandono dos estudos, as consequências psíquicas têm ligação com o não preparo emocional para assumir uma gestação e, no campo econômico reflete-se no aumento das despesas mensais da família que por vezes assume a criança e a adolescente (Santos, Nogueira, 2009).

Ao contextualizar a história da gravidez na adolescência, tem-se que a mesma é retratada desde o início das civilizações. As meninas iniciavam a vida sexual concomitante a puberdade e pouquíssimas atravessavam a segunda década de vida em razão das complicações do ciclo gravídico puerperal. Na idade média esse hábito persistiu, tendo em vista que aos primeiros sinais da menarca as meninas eram obrigadas a casar com homens com idade em torno de 30 anos (Santos, Nogueira, 2009).

Devido a industrialização, as mulheres passaram a ser inseridas no mercado de trabalho e começaram a exercer funções que antes eram desempenhadas apenas pelos homens, porém as políticas de emprego não asseguravam condições para dividir responsabilidades profissionais e pessoais, como no caso da maternidade. Um marco importante para a mudança de cenário foi o surgimento da pílula anticoncepcional após a segunda guerra mundial (Santos, Nogueira, 2009).

Atualmente os adolescentes dispõem de métodos anticoncepcionais pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e de informações, mas a cultura, a busca pela independência, dentre outros fatores tem contribuído para que os índices de gravidez na adolescência permaneçam em evidência (Brasil, 2008). Fonseca, Melchiori (2010) buscaram identificar os motivos para a ocorrência da gravidez na adolescência. Identificaram as seguintes categorias,

1) Queria ter filho; 2) Não se preveniu, que abrange seis subcategorias explicativas: 2a) Porque o companheiro não quis usar camisinha; 2b) Porque pensava que não ia ocorrer a gravidez; 2c) Porque o parceiro desejava a gravidez; 2d) Por falta de preservativo na hora; 2e) Por falta de orientação materna; 2f) Para manter o relacionamento com o namorado; e 3) Erro na utilização do método contraceptivo (Fonseca, Melchiori, 2010 pp. 138-139).

Em um outro estudo, realizado em Ribeirão Preto, de caráter transversal, foram entrevistadas 200 adolescentes grávidas com idade gestacional a partir de 36ª semanas e puérperas. Os dados identificaram que a gestação foi planejada por 25% das entrevistadas. Aproximadamente 1/3 usava algum método contraceptivo quando engravidou, apesar de algumas referirem não fazer o uso regular/adequado. Dentre essas, 70,3% usavam métodos anticoncepcionais hormonais; 28,4%, utilizavam o preservativo masculino; e 1,4%, faziam uso desses dois métodos combinados. A pílula do dia seguinte era conhecida por 67,5% das jovens e foi utilizada por 33,5% destas (Vieira *et al.* 2017).

Pode-se assim concluir que a gravidez na adolescência é resultante de multifatores, tendo em vista que a iniciação sexual, por vezes, acontece sem prevenção contra a gravidez ou IST. Ambas as obras, L1 e L2 relacionam o uso de contraceptivo para a prevenção da gravidez, no entanto, enfatizam ao abordar as IST's. É importante salientar que nas duas obras não é comentado sobre a possibilidade de gravidez anterior a menstruação. É sabido que a ovulação acontece anterior a menstruação, sendo assim a estudante corre o risco de engravidar por não ter menstruado, porém ovulado (Montenegro, Rezende Filho, 2017). Diante disso, existe a necessidade de oferecer educação em saúde considerando as crenças sobre maternidade, a compreensão dos projetos e dos valores de vida dos jovens e suas condições emocionais e sociais.

Em consonância com essa ideia a pesquisa realizada por Lima Soares *et al.* (2018), a qual analisou livros de Ciências Naturais de uma escola da periferia de um município gaúcho, aponta que os livros “[...] trazem em seus capítulos espaços para discussões sobre o corpo biossocial, de maneira bem elaborada, contemplando diferentes visões, como a sexualidade além da reprodução humana” (p. 56), como é o caso da diversidade sexual. Salienta-se que L1 aborda essa temática em ilustração e texto (2015 p. 247), quando descreve ser rotina aprender sobre heteronormalidade, e que nesse cenário não é considerada a atração homossexual e bissexual, e que a homofobia é considerada crime.

É fato que, “[...] o grande desafio da educação sexual é contribuir para que os jovens exponham suas dúvidas e as esclareçam, superem preconceitos e estereótipos e desenvolvam atitudes saudáveis relacionadas à sexualidade” (Gonçalves, Faleiro, Malafaia, 2013 p. 252). Assim, tanto L1 quanto L2 abordam o tema sexualidade na adolescência, cada qual com sua especificidade como apontado nesta seção. É importante que o professor além do uso do livro problematize essa temática em sala de aula, considerando os distintos públicos de cada escola, para que a sexualidade não seja percebida pelo escolar apenas centrada no órgão genital, mas como

toda forma de manifestação comportamental sob o enfoque sociocultural.

Na categoria *infecções sexualmente transmissíveis*, vale lembrar que nesta pesquisa a IST é distinta de sexualidade por sua conotação patológica, ambos os livros trabalham com a nomenclatura, Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST), porém essa nomenclatura está superada tendo em vista que a Organização Mundial da Saúde já não a utiliza e no Brasil passou a ser adotada após publicação de Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Atenção Integral às Pessoas com Infecções Sexualmente Transmissíveis (Brasil, 2015). Ressalta-se que, devido a aquisição das obras ser para o triênio 2017/2018/2019, os alunos que tiverem contato com as mesmas farão a leitura da nomenclatura antiga, cabendo ao professor de Ciências repassar a atualização.

O assunto IST é trabalhado ao final do capítulo de reprodução humana de L1, no qual a autora explana brevemente sobre: Aids, Herpes genital e Condiloma acuminado – causadas por vírus; Sífilis, Gonorreia, Cancro mole e Linfogranuloma venéreo – veiculadas por bactérias; Tricomoníase – transmitida por protozoário; Candidíase – causada por fungo; e Pediculose ou “chato” – por inseto (pio-lho pubiano) (Lopes, 2015). De maneira geral, são abordados os principais sinais e sintomas de cada infecção e o agente causador. A autora enfatiza a importância de procurar um médico diante de alterações no sistema genital e destaca que o uso do preservativo/ “camisinha”, tanto o masculino quanto o feminino, é o método mais eficaz para prevenção de tais patologias.

O L2 reserva o capítulo 17 para o referir-se às IST's. O autor discorre sobre a Gonorreia, a Sífilis, a Herpes genital, infecção por Clamídia, Condiloma acuminado, Candidíase, Hepatite B, Aids e Tricomoníase. Da mesma forma que a autora do L1, o mesmo discorre sobre os principais sinais e sintomas e o agente causador. O autor de L2 destaca ainda que a prevenção é chave para uma relação sexual prazerosa e sem o risco de contaminação pelas IST's.

Beserra *et al.* (2008) destacam que a estratégia básica para prevenção das IST's diz respeito ao acesso a informação. Dessa forma, a mudança de hábitos de risco, como por exemplo a adesão correta ao uso do preservativo, consolida-se como estratégia eficaz para prevenção da disseminação das IST's. O contágio destas infecções é um grave problema de saúde pública e atualmente atinge cada vez mais a população jovem entre 15 e 21 anos de idade.

O adolescente deve ser orientado desde cedo sobre a sexualidade e suas repercussões, como a prevenção das IST's. (Holanda *et al.* 2006; Beserra *et al.* 2008). “Muitas vezes, esses adolescentes não têm nenhum diálogo em casa sobre sexualidade, nem mesmo na escola, tornando-se um repasse, ou seja, a família joga para a escola a responsabilidade” (Beserra *et al.* 2008 p. 32) e a escola joga para a família, ficando o adolescente à mercê de informações de fontes não confiáveis para sanar seus questionamentos. Por isso, tornar-se essencial o conteúdo referente a *IST* trazido por ambos autores nas duas obras. Talvez as aulas da disciplina de Ciências seja o único momento que o adolescente terá informações adequadas sobre essa temática, a qual pode preservá-lo para um futuro saudável. Nota-se que a adolescência é um período da vida crítico, no qual a escola é um espaço privilegiado para o fornecimento de informações, a fim de que o indivíduo possa ter uma prática sexual segura.

Quanto a categoria *higiene*, apenas o L2 trabalha especificamente com tal temática. Contextualizando a puberdade masculina e feminina e o aumento da produção e liberação hormonal, abordando alguns cuidados importantes sobre a higiene corporal para prevenção de agravos relacionados à saúde, bem como para manutenção do autocuidado. Conforme segue,

“Durante a menstruação, é importante cuidar bem da higiene pessoal, usando absorventes higiênicos e trocando-os várias vezes ao dia, conforme intensidade do ciclo menstrual. Todas as atividades habituais do dia a dia podem prosseguir normalmente” (Gewandsznajder, 2015 p. 228).

Todo homem nasce com uma pele que cobre a ponta do pênis: é o prepúcio. Ao se lavar, o garoto deve puxar para trás a pele que cobre a ponta do pênis, do prepúcio, para evitar acúmulo de secreções e bactérias, que podem causar inflamação. Se o prepúcio for muito apertado e não for possível puxá-lo, deve-se conversar com o médico. Às vezes é necessário fazer uma circuncisão – uma cirurgia simples que retira o prepúcio. Em algumas culturas, essa cirurgia faz parte da tradição religiosa e é feita, em geral, alguns dias após o nascimento.

A maior atividade das glândulas sebáceas pode provocar o aparecimento de espinhas. Nesse caso, deve-se manter a pele limpa para evitar infecções e lembrar-se também de manter uma boa higienização pessoal, já que o suor tende a aumentar. Não se deve espremer espinhas e cravos para não espalhar a infecção pela pele. Com o tempo, as espinhas desaparecem. Mas, se piorarem muito, pode ser necessário consultar um dermatologista.

A grande produção de hormônios estimula as glândulas sebáceas, tornando a pele e os cabelos mais oleosos. As glândulas sudoríparas também passam a produzir mais suor, que muda de cheiro (Gewandsznajder, 2015 p. 229).

No dia a dia alguns hábitos são realizados mecanicamente, sem a atenção a sua execução. “Práticas como lavar o rosto, escovar os dentes, tomar banho, usar o vaso sanitário, dar descarga e olhar-se no espelho” (Silva, Justus, 2013 p. 4). O cuidado com a higiene corporal é ensinado desde a infância e na adolescência a ajuda e supervisão de um adulto é interessante, pois essa fase é caracterizada por novos odores provindos da produção hormonal relacionada a maturidade sexual. No entanto, no adolecer, marcado por traços de independência e responsabilidades, a higiene corporal é relegada ao próprio indivíduo (Brasil, 2008). O adolescente tende a ficar perdido devido às mudanças corporais por vezes bruscas e tem dificuldades em adquirir competências e habilidades para cuidar de si, esse é um dos motivos que corrobora para a ocorrência de alguns hábitos de higiene não adequados.

Uma característica comum a ambos os sexos diz respeito à produção excessiva das glândulas sebáceas que produzem acúmulo de sebo, desencadeando um processo inflamatório denominado de acne, que popularmente conhecemos como espinhas. Essa ativação hormonal também estimula a produção e ativação de glândulas sudoríparas produzirão grande quantidade de suor levando a transpiração corporal principalmente nas axilas e pés que, se não cuidados e tratados adequadamente, exalarão odores desagradáveis característicos, popularmente conhecidos como cheiro de “sovaco” e o “chulé”.

Algumas práticas religiosas da antiguidade possuem relação com os hábitos higiênicos e de saúde. A circuncisão seria um desses exemplos, surgida na África há mais de 5 mil anos e que até hoje é praticada pelos Judeus e Mulçumanos. Nota-se, porém, que “Hoje em dia, povos que não praticam a circuncisão não são julgados menos higiênicos por isso. Assim, o conceito de higiene vem mudando ao longo da história da humanidade” (Faria, Monlevade, 2008 p. 14).

Falar de higiene é complexo, pois cada sociedade e cada povo tem seus costumes, porém trata-se de um dos hábitos fundamentais para prevenção de muitas doenças. O autor do L2, ao trabalhar tal temática, considerou que o adolescente com todo seu arcabouço de mudanças psicobiológicas necessita entender, que os hormônios desencadeiam alterações fisiológicas a ponto de produzir odores desagradáveis no corpo, que podem ser prevenidos e amenizados quando utilizados hábitos de higiene adequados. Cabe aqui destacar a dificuldade para escrever sobre tal temática, tendo em vista as poucas publicações que discutem sobre a higiene na adolescência.

3. Conclusão

A adolescência tem sido um período de vida secundarizado pela sociedade, e a família tem encontrado dificuldade para lidar com esse momento. Nesse sentido, entende-se que a escola é um espaço privilegiado para inserir práticas educativas que considerem o adolescente.

Assim, um livro que contemple situações vivenciadas na adolescência torna-se recurso de apoio para a condução das aulas e conseqüentemente para o processo ensino aprendizagem. Neste contexto, ambas as obras trouxeram elementos importantes sobre a adolescência e sexualidade, os quais devem ser oportunizados nas aulas de Ciências.

Pode-se constatar que ora os conceitos são explorados a partir de uma contextualização ampla, inserindo sensivelmente o adolescente em uma determinada comunidade, grupo, momento, localização, ou seja, proporcionando uma tentativa de aproximação do leitor com a obra. Enquanto que em outros momentos os autores, apesar de explorarem o tema adolescência, trabalham de forma restrita/unilateral sem a preocupação de inserirem o adolescente em um cotidiano real.

A adolescência, por apresentar caráter fisiológico único para o despontar da sexualidade, configura-se como uma temática de grande urgência e relevância em ser trabalhada nas escolas. Tendo em vista que a literatura especializada da área destaca que os adolescentes por vezes não tem diálogo com sua família sobre sexualidade e, na escola tal temática pode também estar ausente possibilitando ao jovem buscar em fontes não confiáveis sanar dúvidas.

Nesta perspectiva, ambas as obras tem suas fragilidades demonstrando que um livro didático não pode ser o único recurso de ensino e o professor, neste caso de Ciências, deve complementá-lo. No entanto, a abordagem não deve ser somente técnica, mas essencialmente dialógica para que as situações social, histórica, cultural e econômica sejam contempladas a fim de aproximar o estudante do tema. Todavia, cabe aqui destacar que não é apenas função do professor de Ciências abordar os temas inerentes a educação sexual, todos os docentes independentemente da disciplina devem incorporar e explorar tal temática.

Espera-se que esta pesquisa proporcione a reflexão do professor, especialmente na disciplina de Ciências, o qual assume a responsabilidade de trabalhar conteúdos pertinentes ao viver saudável. E neste caso a adolescência e suas repercussões,

temática delicada e essencial para a constituição do jovem adulto, ou seja, o conhecimento adquirido nesta temática ultrapassa a constituição de conteúdos que formam o cidadão, essa temática é intrínseca a formação do ser.

Referências bibliográficas

- ABERASTURY, A.; KNOBEL, M. **Adolescência normal: um enfoque psicanalítico**. Artes Médicas. Porto Alegre: Brasil. 1981.
- ALBINO, E.B.S.; MACEDO, E.M.C. Transtornos alimentares na adolescência: uma revisão de literatura. **Veredas Favip**, Brasil, v. 7, n. 1, pp. 108-129. 2014. Disponível em: <<http://veredas.favip.edu.br/ojs/index.php/veredas1/article/viewFile/223/279>>. Acesso em: 13-09-2018.
- ALTMANN, H. **Verdades e pedagogias na educação sexual em uma escola**. p. 213. Programa de Pós-graduação em Educação, Doutorado em Educação, PUC - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.bdae.org.br/dspace/bitstream/123456789/1827/1/tese.pdf>>. Acesso em: 22-07-2018.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. Lisboa: Portugal. 2012.
- BESERRA, E.P. *et al.* Adolescência e vulnerabilidade às doenças sexualmente transmissíveis: uma pesquisa documental. **DST – Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis**, v. 20, n. 1, pp. 32-35. 2008. Disponível em: <<http://www.dst.uff.br/revista20-1-2008/5.pdf>>. Acesso em: 02-10-2018.
- BOCK, A.M.B.A adolescência como construção social: estudo sobre livros destinados a pais e educadores. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, Brasil, v. 11, n. 1, pp. 63-76. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-85572007000100007>. Acesso em: 11-02-2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572007000100007>
- BONITO, J.; BONÉ, M. Abstinência e consumo de bebidas alcoólicas entre os alunos do ensino

- secundário. **International Journal of Developmental and Educational Psychology**, Barcelona, v. 2, n. 1, 93-102, 2014. Disponível em: <<http://www.infad.eu/RevistaINFAD/OJS/index.php/IJODAEP/article/view/421/350>>. Acesso em: 08-10-2018. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2014.n1.v2.421>
- BRASIL. Ministério da Justiça. Lei 8.069, de 13 de Julho de 1990. **Estatuto da Criança e do Adolescente**. Brasília, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8069.htm>. Acesso em: 16-10-2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Departamento de Ações Programáticas Estratégicas Saúde do adolescente: competências e habilidades**. Editora do Ministério da Saúde. Brasília: Brasil, 2008. Disponível em: <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/saude_adolescente/competencias_habilidades.pdf>. Acesso em: 01-12-2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de DST, Aids e Hepatites Virais. **Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Atenção Integral às Pessoas com Infecções Sexualmente Transmissíveis**. Editora do Ministério da Saúde. Brasília: Brasil, 2015. Disponível em: <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_clinico_diretrizes_terapeutica_atencao_integral_pessoas_infecoes_sexualmente_transmissiveis.pdf>. Acesso em: 24-10-2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Segunda versão revista. MEC. Brasília: Brasil, 2016. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso em: 20-07-2017.
- BRASIL. FNDE. **Programas do Livro**. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro>>. Acesso em: 27-06-2017.
- BRÊTAS, J.R.S.; MUROYA, R.L.; GOELLNER, M.B. Mudanças corporais na adolescência. In: **Enfermagem e a saúde do adolescente na atenção básica**. Manole. São Paulo: Brasil. 2009. pp. 82-115.
- CARLINI, E.L.A. *et al.* **VI Levantamento Nacional sobre o Consumo de Drogas Psicotrópicas entre Estudantes do Ensino Fundamental e Médio das Redes Pública e Privada de Ensino nas 27 Capitais Brasileiras – 2010**. CEBRID - Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas e UNIFESP - Universidade Federal de São Paulo. SENAD - Secretaria Nacional de Políticas sobre Drogas. Brasília: Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.antidrogas.com.br/downloads/vi_levantamento.pdf>. Acesso em: 31-10-2018.
- DIAS, A.F.; DE OLIVEIRA, D.A. As abordagens de corpo, gênero e sexualidades no Projeto Político Pedagógico em um colégio estadual de Aracaju, SE. **HOLOS**, Natal, v. 3, n. 31, pp. 259-271. 2015. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3084/1104>. Acesso em: 05-06-2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2015.3084>
- ELICKER, E. *et al.* Uso de álcool, tabaco e outras drogas por adolescentes escolares de Porto Velho-RO, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 24, n. 3, pp. 399-410. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237=96222015000300399-&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08-09-2017.
- FARIA, I.D.; MONLEVADE, I.A.C. **Higiene e segurança nas escolas**. Módulo - Profucionário: curso técnico de formação para os funcionários da educação. Universidade de Brasília. Brasília: Brasil. 2008. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/higiene.pdf>>. Acesso em: 03-10-2017.
- FONSECA, M.S.; MELCHIORI, L.B. Adolescentes: maternidade, riscos e proteção. Gravidez e maternidade na adolescência. In: VALLE, T.G.M.; MELCHIORI, L.E. (Orgs.). **Saúde e desenvolvimento humano** [online]. Editora UNESP. São Paulo: Brasil. 2010. pp. 133-154. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/sb6rs/pdf/valle-9788579831195-08.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2017.

- GEWANDSZNAJDER, F. **Projeto Teláris: ciências: ensino fundamental**. Ática. São Paulo: Brasil. 2015.
- GONÇALVES, R.C.; FALEIRO, J.H.; MALAFAIA, G. Educação sexual no contexto familiar e escolar: impasses e desafios. **HOLOS**, Brasília, v. 5, n. 29, pp. 251-266. 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/784/741>>. Acesso em: 30-06-2018. <https://doi.org/10.15628/holos.2013.784>
- HOLANDA, M.L. *et al.* Compreensão dos pais sobre a exposição dos filhos aos riscos das IST/AIDS. **RENE**, Fortaleza, v. 7, n. 1, pp. 27-34. 2006. Disponível em: <<http://pesquisa.bvsalud.org/bvsvs/resource/pt/bde-17004>>. Acesso em: 02-10-2017.
- IGLESIAS, R. *et al.* Controle do Tabagismo no Brasil. Documento de Discussão. World Bank HNP. Washington (DC): USA. 2007. Disponível em: <http://actbr.org.br/uploads/conteudo/202_controle-tabagismo-brasil-BM.pdf>. Acesso em: 30-10-2018.
- LIMA SOARES, E. *et al.* As Representações do corpo humano nos livros didáticos de ciências. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 13, n. 1, pp. 55-72. 2018. Disponível em: <<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/12018/pdf>>. Acesso em: 10-10-2018. <https://doi.org/10.14483/23464712.12018>
- LOPES, S. **Investigar e Conhecer: ciências da natureza**. Saraiva. São Paulo: Brasil. 2015.
- MEIRELES, M.R.G.; CENDÓN, B.V. Aplicação prática dos processos de análise de conteúdo e de análise de citações em artigos relacionados às redes neurais artificiais. **Inf. Inf.**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 77-93. 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/viewFile/4884/6993>>. Acesso em: 17-02-2017. <https://doi.org/10.5433/1981-8920.2010v15n2p77>
- MONTENEGRO, C.A.B.; REZENDE FILHO, J. **Obstetrícia fundamental**. 13. ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro: Brasil. 2017.
- NERY, I.S. *et al.* Abordagem da sexualidade no diálogo entre pais e adolescentes. **Acta Paulista Enfermagem**, São Paulo, v. 28, n. 3, pp. 287-92. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ape/v28n3/1982-0194-ape-28-03-0287.pdf>>. Acesso em: 16-02-2017.
- NEVES, K.C.; TEIXEIRA, M.L.O.; FERREIRA, M.A. Factores y motivación para el consumo de bebidas alcohólicas en la adolescencia. **Revista da Escola Anna Nery**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, pp. 286-291. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414=81452015000200286-&lng=en&nrmiso>. Acesso em: 08-09-2017. <https://doi.org/10.1590/1982-0194201500048>
- PARIZ, J.; MENGARDA, C.F.; FRIZZO, G.B. A Atenção e o Cuidado à Gravidez na Adolescência nos Âmbitos Familiar, Político e na Sociedade: uma revisão da literatura. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 21, n. 3, pp. 623-636. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902012000300009>. Acesso em: 26-09-2017. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902012000300009>
- PECHANSKY, F.; SZOBOT, C.M; SCIVOLETTO, S. Uso de álcool entre adolescentes: conceitos, características epidemiológicas e fatores etiopatogênicos. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v. 26 n. 1, pp. 14-17. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516=44462004000500005-&lng=en&nrmiso>. Acesso em: 08-09-2017. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462004000500005>
- RAMOS, F. R. S. Bases para uma re-significação do trabalho de enfermagem junto ao adolescente. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Associação Brasileira de Enfermagem. **Adolescer, compreender, acolher**. Brasília, 2001. pp.11-8.
- RIBEIRO, S.R.T. **Percepção da pressão de pares na tomada de decisão dos adolescentes**. Programa de Pós Graduação Integrado em Psicologia. Mestrado Integrado em Psicologia, Universidade de Lisboa, Faculdade de Psicologia, Lisboa, 2011.

- Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/jspui/bitstream/10451/4856/1/ulfpie039628_tm.pdf>. Acesso em: 24-11-2018.
- SANTOS, C.A.C.; NOGUEIRA, K.T. Gravidez na adolescência: falta de informação? **Adolescência & Saúde**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, pp. 48-56. 2009. Disponível em: <http://www.adolescenciaesaude.com/detalhe_artigo.asp?id=42>. Acesso em: 26-09-2018.
- SHAFFER, D.R. **Psicologia do Desenvolvimento: Infância e Adolescência**. Thomson. São Paulo: Brasil. 2005.
- SILVA, J.G.; TEIXEIRA, M.L.O; FERREIRA, M.A. Alimentação na adolescência e as relações com a saúde do adolescente. **Texto contexto – Enfermagem**, Porto Alegre, v. 23, n. 4, pp. 1095-1103. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-07072014000401095-&lng=en&nrmiso>. Acesso em: 14-09-2017.
- SILVA, R.; JUSTUS, J.F.C. Reflexões acerca da higiene pessoal na adolescência no ensino de ciências. In: BRASIL. Secretaria da Educação. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE artigos**. Cadernos PDE. Versão On-line, v. 1. Paraná: Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uepg_cien_artigo_rosinete_da_silva_brizola.pdf>. Acesso em 03 nov. 2018.
- SOUZA, A.M. *et al.* Erica: ingestão de macro e micronutrientes em adolescentes brasileiros. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 50, n. 1, pp. 1s-15s. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v50s1/pt_0034-8910-rs-p-S01518-87872016050006698.pdf>. Acesso em: 13-09-2017.
- VARGAS, L.A. **Sexualidade nos livros didáticos de ciências e percepção de professores sobre o tema**. Programa de Pós-graduação em Cognição e Linguagem – PPGCL, Mestrado em Cognição e Linguagem. Centro de ciências do homem – CCH. Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Bom Jesus do Itabapoana – RJ, 2014. Disponível em: <http://www.pgcl.uenf.br/2018/pdf/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Leila%20Alves%20Vargas.pdf>. Acesso em: 01-07-2018.
- VIEIRA, E.M. *et al.* Gravidez na adolescência e transição à vida adulta em jovens usuárias do SUS. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 51, n. 25, pp. 1-11. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v51/pt_0034-8910-rs-p-S1518-87872016050006528.pdf>. Acesso em: 26-09-2018.





PROCESOS APLICADOS POR LOS ESTUDIANTES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: ESTUDIO DE CASO SOBRE LA FUNCIÓN CUADRÁTICA

PROCESSES APPLIED BY STUDENTS TO SOLVE MATHEMATICAL PROBLEMS: CASE STUDY ABOUT QUADRATIC FUNCTION

PROCESSOS APLICADOS PELOS ALUNOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: ESTUDO DE CASO COM A FUNÇÃO QUADRÁTICA

Jhon Herminson Arias-Rueda* , César Augusto Arias-Rueda**  y
Carlos Arturo Burgos Hernández*** 

Cómo citar este artículo: Arias-Rueda, J. H., Arias-Rueda, C. A. y Burgos Hernández, C. A. (2020). Procesos aplicados por los estudiantes en la resolución de problemas matemáticos: caso de estudio sobre la función cuadrática. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 284-302. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14614>

Resumen

Se presenta una investigación en donde se analizan los procesos que aplica un grupo de estudiantes de Bachillerato durante la resolución de problemas matemáticos, en torno al estudio de las funciones cuadráticas. La teoría que sustentó el trabajo fue el aprendizaje significativo desde la perspectiva ausubeliana. La metodología de esta investigación fue de tipo descriptivo-cuantitativo, enmarcada dentro de un diseño no experimental de tipo transeccional descriptivo. Los datos se recabaron de una muestra de 38 estudiantes que fue tomada mediante una técnica de muestreo no probabilístico, y a la cual se le aplicaron dos instrumentos: un cuestionario y una entrevista semiestructurada. El cuestionario constó de cuatro situaciones problema cuyas soluciones podían encontrarse haciendo uso de las funciones cuadráticas, mientras la entrevista estuvo conformada por trece preguntas semiestructuradas que permitieron complementar la información recabada en el cuestionario. Los resultados evidenciaron que los estudiantes tienden a adquirir un proceso de aprendizaje mecánico y memorístico, dejando a un lado el proceso de reflexión que les permita diseñar una estrategia adecuada para resolver un problema relacionado con las funciones. En conclusión, consideramos que es necesario que los docentes apliquen estrategias de enseñanza/aprendizaje que estimulen la recurrencia a los conocimientos previos del estudiante con el fin de obtener un aprendizaje significativo.

Recibido: 11 de marzo de 2019; aprobado: 28 de junio de 2019

* Magister Scientiarum en Matemática mención Docencia, Universidad del Zulia (Venezuela). Licenciado en Educación mención Matemática y Física. Docente de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Correo electrónico: jariasr@ups.edu.ec

** Doctor en ciencias de la educación, Universidad Rafael Urdaneta (Venezuela). Magister Scientiarum en informática educativa. Licenciado en Educación mención Matemática y Física. Docente de la Unidad Educativa Jean-Jacques Rousseau del Ecuador. Correo electrónico: cesaraugustoiarias@gmail.com

*** Magister Scientiarum en matemática mención docencia, Universidad del Zulia (Venezuela). Licenciado en educación mención matemática y física. Docente del Colegio de La Salle Bogotá. Correo electrónico: cburgos85@hotmail.com

Palabras clave: proceso de aprendizaje; estrategia de aprendizaje; memorización; matemática; función.

Abstract

This is an investigation where the processes applied by a group of high school students during the resolution of mathematical problems are analyzed, around the study of quadratic functions. The theory that supported the work was significant learning from the Ausubelian perspective. We work based on descriptive-quantitative methodology, framed within a non-experimental design of descriptive transectional type. Data was collected with 38 students using a non-probabilistic sampling technique, and applying two instruments: a questionnaire and a semi-structured interview. The questionnaire had four problem situations whose solutions could be found using quadratic functions, while the interview was made up of thirteen semi-structured questions that allowed complementing the information gathered. Results show us that students tend to acquire a process of mechanical and memorial learning, leaving aside the reflection process that allows them to design an appropriate strategy to solve a problem related to functions. In conclusion, teachers must apply teaching-learning strategies that stimulate the recurrence of the student's prior knowledge to obtain meaningful learning.

Keywords: learning process; learning strategy; memorization; mathematics; function.

Resumo

Apresentamos resultados de uma pesquisa na qual analisamos os processos que desenvolve uma turma de alunos de ensino médio, enquanto resolvem problemas matemáticos, especificamente com funções quadráticas. A teoria que fundamentou nosso trabalho é a aprendizagem significativa desde a perspectiva Ausubeliana. A metodologia de pesquisa foi de tipo descritiva-quantitativa, dentro de um planejamento não experimental de tipo transeccional descritivo. Os dados foram coletados com uma amostra de 38 alunos mediante a técnica de amostra no-probabilística, para o qual se aplicaram dois instrumentos: um questionário e uma entrevista semi-estruturada. O questionário teve quatro situações problema cujas soluções podiam ser encontradas fazendo uso das funções quadráticas, enquanto a entrevista foi conformada com treze perguntas semiestruturadas que permitiram complementar a informação. Os resultados evidenciam que os alunos tendem a memorizar um processo mecânico para sua aprendizagem na solução de problemas, deixando de refletir para ganhar verdadeira compreensão do que significa resolver um problema baseado na função quadrática. Em conclusão, consideramos que é necessário que os professores apliquem estratégias de ensino e de aprendizagem que estimule a aprendizagem significativa e que considere os conhecimentos prévios dos estudantes.

Palavras-chave: processo de aprendizagem; estratégia de aprendizagem; memorização; matemática; função.

Introducción

Este artículo tiene como objetivo divulgar una investigación que pretende reconocer los procesos que aplican los estudiantes de bachillerato, durante la resolución de problemas matemáticos, tomando como objeto matemático de estudio las funciones cuadráticas. Para esto, se hace un análisis de las características del aprendizaje que adquieren los alumnos durante el desarrollo de las clases, fundamentado en la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel, y a partir de ello, se recomiendan algunas acciones estratégicas que faciliten a los estudiantes una interpretación correcta de las funciones cuadráticas.

Con la intención de conocer los procesos que aplican los estudiantes al momento de resolver un problema, se ha realizado este estudio de tipo descriptivo que puede servir de fundamento para diseñar estrategias didácticas facilitadoras en el proceso de enseñanza/aprendizaje, considerando dificultades presentes en el sistema educativo como métodos inapropiados de enseñanza, o bien, problemas relacionados con el desarrollo cognitivo del alumno (Díaz *et al.*, 2014) que en muchos casos puede ser debido a la falta de estrategias de enseñanza que se enfoquen en los procesos de aprendizaje. En concordancia con esto, es importante recalcar que muchos investigadores han obtenido excelentes resultados de aprendizaje significativo haciendo énfasis en los procesos en lugar de los contenidos, los cuales se han vuelto el centro del aprendizaje tradicional (Beltrán, 2010).

Así pues, existen aún aspectos importantes por cambiar, entre ellos: la práctica mecánica como método único y exclusivo de enseñanza y aprendizaje, ya que pese a los tantos escritos referidos al aprendizaje significativo, nuestros estudiantes continúan adquiriendo aprendizajes poco significativos. Esta es una razón que nos lleva a insistir en la comprensión y explicación de teorías de aprendizaje significativo (Rodríguez, 2011) que permitan desarrollar estrategias didácticas e innovadoras para que los alumnos aprehendan el verdadero significado de los conceptos que están estudiando. En esto radica la importancia de esta investigación, la cual

nos facilitará el reconocimiento de los procesos que aplican los estudiantes sobre el concepto de *función* para poder usar estas ideas como base en el diseño de estrategias de aprendizaje, dando continuidad al trabajo de otros investigadores como Janakievská, Stojanovská, Bogatinoska (2012); Aranzazu (2013); Espinoza (2017); Sychocki da Silva, Dos Reis Pinto (2018), cuyos estudios hicieron aportes para el desarrollo de estrategias didácticas con el uso de recursos que promueven un aprendizaje verdaderamente significativo de las funciones cuadráticas.

Al momento de enseñar matemáticas se deben considerar algunas variables que intervienen en todo proceso de aprendizaje, como el aspecto social, cognitivo y emocional (Gómez; Oviedo; Martínez, 2011), los cuales pueden influir directamente en el aprendizaje del estudiante. Sin embargo, una clase de matemática debe ser estructurada y guiada por el docente para que el alumno sea capaz de asimilarla de manera fluida y logre un aprendizaje significativo; para ello, es importante considerar la clase de matemática como un ambiente particular del estudiante, donde él mismo, con la ayuda y guía del profesor, está construyendo su conocimiento regido por ciertas directrices sociales e institucionales (Larios; Arellano; González, 2018), lo cual permite una fluidez natural en el aprendizaje.

En este artículo se analiza el proceso de aprendizaje aplicado por estudiantes para resolver problemas de matemáticas, específicamente el propuesto por Ausubel (1983) quien lo clasificó en dos tipos: aprendizaje mecánico y aprendizaje significativo, y en base a esta teoría desarrollar este trabajo. Para ello, se consideran las estrategias y técnicas que aplican los estudiantes cuando resuelven determinados problemas, así como el modo en que las emplean.

1. Referentes teóricos

De acuerdo con España (2014), un proceso se define como una serie sistemática de fases que permiten el desarrollo de un fenómeno natural o de una operación artificial, entendiendo estas como etapas que un individuo realiza para organizar su conocimiento

respecto a un tema particular, lo que involucra un proceso mental. Martínez (1992) define a este último como “procesos cognoscitivos, definidos a grandes rasgos como receptores y manipuladores de información” (p. 145), es decir, el sujeto recibe información sobre determinado tema, produciendo en él una serie de actividades mentales que le permiten adecuar esta información según su estructura cognitiva para obtener un resultado, entendiendo por *estructura cognitiva* el conjunto de ideas que una persona posee sobre un tema en particular y la forma como lo relaciona con otros conceptos (Ausubel, 1983). Esto se refiere a los *conocimientos previos* del individuo, definidos por Rayas (2004) como “aquellas concepciones que los estudiantes han adquirido sobre diferentes conocimientos, tanto los construidos a partir de experiencias externas a la enseñanza sistemática como los creados en los procesos educativos”.

a. El proceso mental en el aprendizaje

El aprendizaje de un individuo se basa en sus conocimientos previos, siendo estos el motor que permite impulsar los nuevos conceptos que está por aprender. Resumido por Ausubel (1983), “el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente” (p. 2). En este sentido, es importante diferenciar entre dos tipos de aprendizaje: mecánico y significativo, los cuales fueron presentados por primera vez hace varias décadas por Ausubel (1983), pero que siguen vigentes en nuestros sistemas educativos. Desde esta perspectiva, el aprendizaje significativo es un referente necesario para el diseño de los planes de estudio en un ambiente donde predomina la enseñanza para estimular un aprendizaje mecánico (Moreira, 2017).

b. Aprendizaje significativo vs. aprendizaje mecánico

Trabajos recientes (Cuevas *et al.*, 2015; Espinoza, 2017; Perdomo, 2016) muestran que desde hace algunos años se ha destacado la importancia que

tiene que los estudiantes sean formados a partir de una metodología que permita en ellos un aprendizaje significativo, lo cual ha llevado a numerosas propuestas de estrategias de enseñanzas que involucran la innovación educativa a partir del uso de tecnologías, actividades lúdicas, contextualización de conceptos en la realidad, entre otros. Sin embargo, pese a todos estos esfuerzos por mejorar la educación, aún es común encontrar docentes que continúan aplicando métodos de enseñanza que incentivan el aprendizaje mecánico de los estudiantes (Castellanos, 2017), problema presente en todos los niveles de educación. A continuación, se exponen breves comentarios para aclarar la diferencia entre los dos tipos de aprendizaje.

Un *aprendizaje significativo* se logra cuando el individuo es capaz de relacionar de manera crítica y reflexiva el concepto que está por aprender con su conocimiento previo (Castellano *et al.*, 2018). Por ello, los docentes deben enfocarse en los conocimientos previos que ya tienen los estudiantes, pues aquellos son la base que permite adquirir los nuevos conocimientos (Acosta, Andrade, 2013). Ausubel (1983) habla de una relación sustancial y no arbitraria, entendiendo por ello que las ideas se conectan entre sí con aspectos específicos y relevantes de la estructura cognoscitiva del estudiante, como imágenes, símbolos, conceptos o proposiciones. De esta manera, el aprendizaje significativo puede entenderse como la retención de nuevos conocimientos con significado que le permiten al alumno la posibilidad de aplicarlos en distintos contextos para buscar la solución de algún problema (Moreira, 2017). De acuerdo con esta teoría, para lograr que el estudiante adquiriera un aprendizaje significativo de un tema en particular, debe considerarse con mayor importancia lo que ya sabe en lugar de lo que va a aprender, de manera que, para poder presentarse este tipo de aprendizaje, es indispensable que exista la disponibilidad de conocimientos previos en el estudiante (Masó, 2016).

El *aprendizaje mecánico*, por el contrario, se refiere a un aprendizaje memorístico, sin significado para el estudiante, basado meramente en grabar en la memoria imágenes o símbolos con el objetivo

de responder a algún problema, sin comprender el sentido de este y las consecuencias intrínsecas de su solución (Moreira, 2017). En el aprendizaje mecánico no existe en el estudiante una actitud significativa de aprender (Rodríguez, 2011), es decir, el estudiante no muestra un interés en conocer de fondo los conceptos que va a aprender, solo se limita a memorizar respuestas correctas sin captar sus significados (Moreira, 2017), trayendo como consecuencia que una vez adquirido este aprendizaje tendrá dificultad para utilizarlo fuera del contexto en el que lo memorizó, porque solo se reproduce de la misma manera que fue aprendido (Díaz, 2002)

Asimismo, el aprendizaje mecánico, más allá de no ser significativo para el estudiante, puede tener consecuencias peores, generando una reacción negativa hacia la materia de enseñanza, especialmente en matemáticas (Moreira, 2017), lo cual puede ser una de las causas del bajo rendimiento académico en esta asignatura. A pesar de esto, nos encontramos en el aula algunos docentes que en sus clases se restringen a hacer de sus estudiantes simples memorizadores de conceptos, fórmulas, tablas, etc., incentivando un aprendizaje mecánico y memorístico que el alumno no podrá utilizar efectivamente en sus estudios posteriores (Beltrán, 2002).

A partir de lo anterior, es importante hacer dos aclaraciones: en primer lugar, debemos entender que en el aula el aprendizaje siempre debe traer como consecuencia un cambio significativo en el constructo mental del estudiante, permitiéndole una comprensión amplia para diferentes contextos. Esto significa que cuando un aprendizaje es mecánico, de fondo no ha sido un aprendizaje (Beltrán, 2002), ya que el hecho de memorizar o repetir alguna información solo para responder un test no implica que se haya logrado un aprendizaje significativo que permita aplicar los conceptos adquiridos fuera del contexto donde se adquirieron, es decir, no aprendió.

En segundo lugar, es importante dejar claro que no se pretende hacer pensar al lector que el aprendizaje mecánico es una forma errada de aprender y que no deba ser utilizado, puesto que, de hecho,

en los primeros años de vida todos aprendemos de esta manera o bien cuando iniciamos una fase de un nuevo conjunto de conocimientos que no requiere de ideas previas relevantes (Ausubel, 1983). Sin embargo, lo que no se puede permitir es que durante los años de escolaridad los docentes continúen estimulando este único tipo de aprendizaje, pues a estos niveles los estudiantes ya están en la capacidad de desarrollar un pensamiento crítico, como para enseñarles a aprender, entendiendo que esto significa aprender a pensar (Beltrán, 2002), y para esto el docente debe desarrollar estrategias metodológicas apoyadas en actividades que estimulen un pensamiento crítico y analítico.

c. Proceso de aprendizaje en matemáticas

Una de las causas del fracaso escolar puede ser las dificultades de aprendizaje en matemáticas (Fernández, 2013), ya que interrumpen de manera dramática su formación profesional, siendo la matemática una base para los procesos superiores de pensamiento (síntesis, análisis, evaluación, abstracción de conceptos complejos, etc.) (Ramírez, 2009). Pueden ser muchas las causas que produzcan la dificultad en esta área; por ejemplo, los estudiantes no parecen tener ningún interés en aprender (Skovsmose, 2018), ya que tienen otras prioridades y su nivel de madurez no les permite centrarse en su formación cognitiva. Además, el grado de dificultad propio de la matemática ha parecido ser una de las principales razones para su rechazo, aunque, Fernández-Gago, Carrillo, Conde (2018) asocian la idea de dificultad a la falta de conciencia que tienen los estudiantes respecto a las destrezas que necesitan para poder resolver los problemas que se les plantea, lo cual se relaciona directamente con falta de interés.

Finalmente, existe un problema intrínseco de la matemática que surge de los fundamentos que el estudiante debe afianzar a medida que avanza en sus estudios, ya que no los ubica en su memoria a largo plazo y por tanto no pueden utilizarlos para los siguientes niveles (Mota, Valles, 2015). Esto se relaciona directamente con el aprendizaje significativo

de Ausubel (1983) que hace referencia a los conocimientos previos, solo que en matemáticas pareciera ser más notoria esta situación, considerando que para resolver un problema en esta área generalmente son necesarios los conocimientos previos que se relacionan con el problema para poder organizar los datos y dar una solución adecuada (Larios, Arellano, González, 2018).

Actualmente, pareciera que enseñar al estudiante los pasos y procedimientos que le permiten encontrar un resultado bastaría para enseñar matemática, o en un mejor contexto limitarse a enseñar los conceptos matemáticos para que de una manera ya predeterminada (mecánica) logren responder a determinado problema, pero hay que recordar que además de los conceptos, los problemas, algoritmos, notaciones, etc., también constituyen el conocimiento matemático (Vicenc, Godino, D'Amore, 2007). De esta manera, es importante considerar que debe existir una armonía entre los que señalan las directrices curriculares en cuanto a contenido y la construcción del conocimiento, minimizando la memorización de reglas y fórmulas (Sychocki da Silva, Dos Reis Pinto, 2018) e incentivando el aprendizaje a partir de la reflexión y el razonamiento.

A partir de lo anterior, se ha desarrollado esta investigación centrada en los procesos que aplican los estudiantes de bachillerato en la resolución de problemas matemáticos considerando que son tan importantes los procedimientos y métodos empleados como el resultado final (Larios, Arellano, González, 2018). Si bien es relevante que la respuesta del estudiante sea correcta, debe importar tanto o más los procesos cognitivos que relacionan la comprensión y el significado de los conceptos involucrados en el problema. Vicenc, Godino, D'Amore (2007) aseguran que hablar de significado y comprensión implica hablar de conocimiento matemático, considerando las producciones cognitivas y sus relaciones con el entorno. Por ello, la importancia de enseñar a los estudiantes a realizar conjeturas, explorar y argumentar, desarrollando conocimiento mediante un proceso significativo mediante el énfasis en la comprensión del proceso y del resultado (Larios, Arellano, González, 2018).

d. Estrategias y técnicas de aprendizaje en matemática

Si un estudiante adquiere un aprendizaje significativo, indica que durante el proceso ha reflexionado sobre los pasos que sigue para poder dar respuesta a su problema (Mota, Valles, 2015), es decir, ha generado una estrategia de resolución del problema y en función de ella podrá elegir la técnica que más se adecúe al proceso. Para esta investigación, es importante entender la diferencia entre *estrategia* y *técnica*.

La enciclopedia de la Real Academia Española (España, 2014) define la *estrategia* como una actividad regulable que conlleva una serie de pautas que permite tomar decisiones acertadas en determinados momentos. En otras palabras, implica un proceso sistemático y planificado en función de un objetivo particular que lleva a un fin particular. Específicamente, en el proceso de aprendizaje hablamos de estrategias de aprendizaje como una serie de actividades que se planifican de acuerdo con las necesidades del alumno (Molina, Lovera, 2008). Para Camarero, Martín del Buey, Herrero (2000), las estrategias de aprendizaje pueden mostrar sus actividades en cuatro fases: en principio, adquisición, codificación y recuperación de la información, y finalmente apoyo a su procesamiento fundamentado en la autodeterminación del individuo.

De acuerdo con esto, se puede apreciar que una estrategia, desde la perspectiva del estudiante, implica un proceso reflexivo de la información recibida que le permite organizarla y juzgar, según su criterio, el mejor camino a seguir para lograr su objetivo; las estrategias de aprendizaje implican la toma de decisiones, por lo que siempre es una reflexión consciente e intencional donde se pretende que el alumno realice los ajustes para el logro del objetivo o dirigirlos a la obtención de metas de aprendizaje (Herrera, 2009). Así pues, las estrategias de aprendizaje son, en conjunto con los contenidos, objetivos y la evaluación, componentes fundamentales del proceso de aprendizaje (Molina, Lovera, 2008), de allí la importancia de ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades que les permitan aplicar

estrategias durante la resolución de un problema matemático.

Por otro lado, cuando hablamos de *técnicas* nos referimos a un conjunto organizado de pasos, que fueron previamente diseñados para conseguir algún propósito. Salazar (2004) las define como acciones propias o muy particulares que desarrollan los estudiantes cuando aprenden: repetición mediante la lectura, subrayar palabras o ideas, jerarquizar conceptos, hacer preguntas, deducir, inducir, inferir, copiar, entre otras, que pueden ser manejadas de forma mecánica. En matemática y física una técnica puede limitarse a aplicación de meras fórmulas o elaboración de gráficos de manera mecánica.

En ese sentido, podemos notar que una estrategia lleva consecuentemente a una técnica; es decir, al momento de diseñar una estrategia se desarrollan acciones a seguir conscientes e intencionales (Salazar, 2004), reflexionamos sobre ellas y luego decidimos qué técnica es más conveniente aplicar a determinada situación. Nótese que, igualmente, es posible resolver un problema simplemente aplicando una técnica adecuada, sin necesidad de reflexionar sobre este; sin embargo, esto sería evidencia de un aprendizaje mecánico, donde el estudiante no necesariamente tiene un entendimiento claro de los conceptos involucrados en el desarrollo de su trabajo, lo que significa que no hay un aprendizaje significativo.

Esta investigación, trata específicamente las funciones cuadráticas, como eje para diversos temas en matemáticas; para esto se ha seleccionado un instrumento que se fundamenta en problemas de contexto cuyas soluciones pueden conseguirse haciendo un análisis funcional, específicamente con una función cuadrática. Pino-Fan, Parra-Urrea, Castro-Gordillo (2019) aseguran que algunos estudios sobre propuestas para la enseñanza de la función establecen la necesidad de analizarla a partir de situaciones contextualizadas, motivo por el cual hemos elegido abordar esta investigación a partir de este tipo de situaciones.

Para estudiar los procesos que desarrollan los estudiantes cuando se encuentran con un problema de matemáticas relacionado con las funciones cuadráticas, hemos utilizado como fundamento teórico el tipo de aprendizaje que atienden los estudiantes cuando están en clases de matemática, tomando como dimensiones de la variable de investigación el *aprendizaje significativo* y *aprendizaje mecánico*. La figura 1 ilustra un resumen de la secuencia que puede seguir el proceso de aprendizaje de acuerdo con lo descrito anteriormente.

La tabla 1 detalla la operacionalización de la variable en función de las dos dimensiones consideradas con sus respectivos indicadores y reactivos.

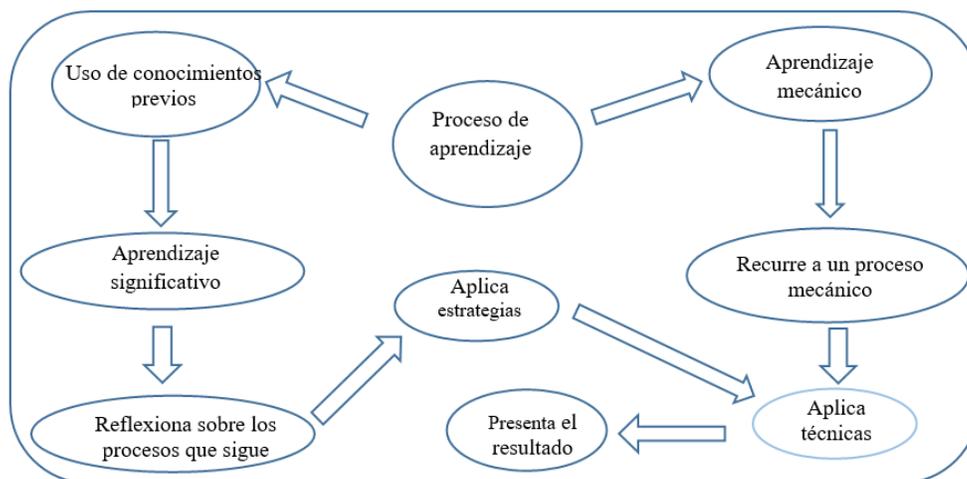


Figura 1. Secuencia del proceso de aprendizaje.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Operacionalización de la variable

Objetivo: Reconocer los procesos que aplican los estudiantes de bachillerato durante la resolución de problemas matemáticos.				
Variable	Dimensiones	Indicadores	Reactivos para el cuestionario	Reactivos para la entrevista
Procesos que aplican los estudiantes de bachillerato durante la resolución de problemas matemáticos	Aprendizaje significativo	Utiliza sus conocimientos previos relacionados con el tema	Aplica conceptos que no se relacionan directamente con las funciones cuadráticas	Relaciona la situación presentada con otras previamente conocidas
			Reflexiona sobre saberes que le pueden ayudar a indagar sobre una posible solución	Traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones
		Aplica una estrategia para la situación presentada	Organiza los datos de la situación presentada antes de resolverlo	Menciona cada paso que siguió para responder la situación
			Muestra un procedimiento organizado en la resolución de la situación presentada	Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir
	Aprendizaje mecánico	Se limita a aplicar memorísticamente técnicas de resolución de problemas	Escribe la fórmula del vértice, y otros puntos de una parábola y sustituye valores (no necesariamente de manera correcta)	Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar
			Sus respuestas se limitan a valores numéricos	No relaciona las situaciones fuera del contexto que se le presentó
		Muestra poco interés en conocer de fondo los conceptos que aplica	No interpreta los resultados que obtiene	Muestra rechazo en este tipo de situaciones

Fuente: elaboración propia.

2. Metodología de investigación

La metodología de esta investigación es de tipo descriptivo-cuantitativo. A continuación, se describe con el fin de analizar los datos que se recogieron y que estos a su vez permitan responder nuestra pregunta de investigación: ¿Cuáles son los procesos que aplican los estudiantes de bachillerato durante la resolución de problemas matemáticos?, usando como caso de estudio la función cuadrática.

a. Diseño y tipo de investigación

El diseño de una investigación se refiere al plan o estrategia que se adopta para obtener la información deseada (Hernández, Fernández, Baptista, 2010). Esta investigación estuvo enmarcada en el diseño cuantitativo no experimental, ya que el estudio se realizó sobre

un grupo de estudiantes de primero de bachillerato que recibieron las clases regulares de funciones correspondientes a su curso y en las que no se intervino, para evitar modificar los procesos que aplicaban durante la resolución de problemas relacionados con las funciones cuadráticas. Para Hernández, Fernández, Baptista (2010), la investigación no experimental se refiere a realizar observaciones de fenómenos tal cual como ocurre en su contexto de origen para ser analizados. De igual manera, dentro del diseño no experimental, la investigación se enmarcó en el tipo transeccional descriptivo, con el propósito de indagar la incidencia de los procesos mentales que siguen los estudiantes de primero de bachillerato en el tema en cuestión, en un tiempo único (Hernández, Fernández, Baptista, 2010), por lo que los investigadores se limitaron a registrar los datos inéditos producidos por los estudiantes en un momento específico.

b. Población y muestra

En este estudio se consideró una población conformada por dos cursos del primer año de bachillerato de estudiantes con edades comprendidas entre 15 y 17 años, de una unidad educativa privada, ubicada al norte de Quito (Ecuador). Para seleccionar la muestra se aplicó una técnica de muestreo no probabilística, ya que la finalidad no fue generalizar en términos de probabilidad sino responder a nuestra pregunta de investigación sobre un grupo específico de estudiantes, y se consideró la riqueza, profundidad y calidad de la información obtenida, más que la cantidad o estandarización de los resultados (Hernández, Fernández, Baptista, 2014). Los autores señalan que este tipo de muestra es un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad o fórmulas, sino de las características de la investigación o de quien la hace. En este caso, la selección fue de 38 estudiantes de manera intencionada, y se tuvieron en cuenta factores como disposición para colaborar en la investigación, constancia en las clases y actitud de trabajo; esto con el propósito de evadir resultados que pudieran ser producto motivaciones o intereses propios del estudiante.

c. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Este estudio recurrió, para la obtención de la información, a la implementación de un cuestionario seguido de una entrevista semiestructurada. De manera que se utilizaron dos instrumentos para recabar la información: i) el cuestionario, donde se presentaron cuatro situaciones que involucraban funciones cuadráticas, y el cual se aplicó durante un tiempo de 90 minutos, tiempo suficiente para que el estudiante pudiera escribir con calma cualquier método que se le ocurriera de manera detallada; y ii) la entrevista semiestructurada, cuyo fin fue obtener la mayor cantidad de información sobre todos los procesos empleados por los estudiantes a la hora de resolver los problemas. Este se aplicó

una vez que los cuestionarios fueron revisados por los investigadores, lo que facilitó a los estudiantes expresar verbalmente las estrategias o técnicas de resolución de problemas que emplearon durante el desarrollo de las preguntas propuestas.

Dichos instrumentos fueron sometidos a la revisión de tres expertos en enseñanza de la matemática, quienes validaron la pertinencia, complejidad, relevancia y claridad del instrumento coincidiendo en que aquellos eran aplicables para el estudio (tabla 2).

Tabla 2. Validación de los instrumentos.

<i>Crterios</i>	<i>Experto 1</i>	<i>Experto 2</i>	<i>Experto 3</i>
<i>Pertinencia</i>	Aplicable	Aplicable	Aplicable
<i>Complejidad</i>	Aplicable	Aplicable	Aplicable
<i>Relevancia</i>	Aplicable	Aplicable	Aplicable
<i>Claridad</i>	Aplicable	Aplicable	Aplicable

Fuente: elaboración propia.

Primer instrumento: el cuestionario

Este instrumento constó de cuatro situaciones problemas relacionadas todas con el concepto de funciones cuadráticas. Cada una pretendió medir el proceso que siguió el estudiante para dar su respuesta al problema. Este cuestionario fue seleccionado por los investigadores, ya que permitió colocar en situación a los estudiantes; así ellos estaban habilitados para recurrir a sus conocimientos previos, evidenciar la manera de raciocinio y poner de manifiesto los procesos mentales que este tipo de situaciones contextualizadas generan en ellos. Esto fue coherente con los postulados de Pino-Fan, Parra-Urrea, Castro-Gordillo (2019).

Primera situación (Huircan, Carmona, 2013 p. 39):

1) *Se lanza una bola verticalmente, alcanzando una altura en cada instante t la cual está dada por la función: $h(t) = -4t^2 + 68t + 160$, donde $h(t)$ se mide en cm y el tiempo t en segundos.*

- a) *Escriba los valores $h(t)$ para cada valor del tiempo.*
- b) *Grafique la función $h(t)$.*

t	0	2	4	6	8,5	11	13	15	17
$h(t)$									

c) ¿Cuánto tiempo tarda la bola en alcanzar su altura máxima?

d) ¿Cuál es la altura cuando la velocidad final es nula?

e) ¿Cuál es el tiempo de vuelo de la bola?

Segunda situación (Huircan, Carmona, 2013 p. 41)
Se debe construir un corral rectangular utilizando como uno de sus muros una roca para economizar malla de cerco. Determine las dimensiones del área máxima del corral si se dispone de 18 metros de malla para cercar.

Tercera situación (Huircan, Carmona, 2013 p. 40)

El tiempo (en minutos) de reacción, $f(x)$, de una plaga de insectos al contacto con un plaguicida está descrita por la función: $f(x) = x(9-x)$, donde x es la cantidad de insecticida en mg/l ($0 < x < 9$, se debe usar menos de 9 mg/l de insecticida debido a los costos)

a) ¿Con cuánta cantidad de plaguicida se obtiene el tiempo óptimo para la reacción?

b) ¿Cuál es el tiempo óptimo para la reacción?

Cuarta situación (Huircan, Carmona, 2013 p. 41)
En momentos de crisis económica, una compañía no desea tener pérdidas, si x son las unidades de productos vendidos, la utilidad que se obtiene está dada por la función: $U(x) = -x^2 + 120x + 1.300$. Determinar para qué valores de x , no hay pérdidas ni utilidades.

Con este instrumento se pretendió medir en los estudiantes si al momento de enfrentarse con un problema de aplicación de las funciones cuadráticas estos eran capaces de reflexionar sobre los procedimientos que seguían para diseñar una estrategia adecuada y dar respuesta al problema, o simplemente se limitaban a aplicar procesos mecánicos por medio de una técnica específica durante la resolución.

Segundo instrumento: la entrevista

El segundo instrumento aplicado a cada estudiante de la muestra fue una entrevista semiestructurada,

preguntas donde el entrevistador tiene la posibilidad de generar nuevas interrogantes que le ayuden a precisar conceptos u obtener mayor información (Hernández, Fernández, Baptista, 2014), la misma fue elaborada a partir de trece preguntas, que se fundamentaban básicamente en extraer información adicional a la que se reflejó por escrito en el cuestionario. Es decir, se buscó directamente del estudiante cualquier otra información que no hubiera suministrado en el cuestionario por causas como: tiempo, nervios, falta de claridad en el momento, falta de conocimiento para escribir su respuesta o cualquier otra. Por otra parte, los reactivos de la entrevista fueron elaborados a partir de los elementos teóricos expuestos anteriormente; con lo que se pretendió recabar información pertinente para la investigación. En la tabla 3 pueden apreciarse las preguntas realizadas en la entrevista junto al reactivo que se consideró para cada una de ellas.

d. Fases de la investigación

La investigación se llevó a cabo en dos fases: selección y recolección de información:

Selección: estuvo comprendida entre los primeros cuatro meses del año escolar, durante el cual se seleccionó a un grupo de estudiantes del primer año de bachillerato quienes estaban estudiando el tema de las funciones, durante esta etapa de la investigación el docente se limitó a impartir sus clases utilizando sus métodos tradicionales de enseñanza y siguiendo la secuencia regular de la unidad que se corresponde al tema en cuestión.

Recolección de información: consistió en la recolección de información a través de los instrumentos elaborados. Culminada la fase de selección se aplicó el cuestionario a la muestra tomada, para ello se les pidió a los estudiantes que se sintieran en libertad de responder con cualquier método que consideraran pertinente y que, en la medida de lo posible,

Tabla 3. Entrevistas.

Entrevista	Reactivos
1. Durante la resolución de cada situación, ¿utilizaste algún procedimiento en particular?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menciona cada paso que siguió para responder la situación ✓ Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir
2. Además de fórmulas, ¿usaste otra herramienta para responder las situaciones?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relaciona la situación presentada con otras situaciones previamente conocidas ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar
3. ¿Consideras necesario aplicar una estrategia para obtener tu respuesta?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar
4. ¿Sientes algún tipo de rechazo ante alguna de estas situaciones u otras similares?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Muestra rechazo en este tipo de situaciones
5. ¿Tomaste en cuenta alguna estrategia para resolver el problema? ¿Cuál? ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones ✓ Menciona cada paso que siguió para responder la situación ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar
6. ¿Te permite esta situación cotidiana hacer algún tipo de analogías con otras situaciones?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones ✓ No relaciona las situaciones fuera del contexto que se le presentó
7. Antes de comenzar a resolver un problema, ¿tomas en cuenta las ideas previas?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No relaciona las situaciones fuera del contexto que se le presentó ✓ Relaciona la situación presentada con otras situaciones previamente conocidas
8. ¿Puedes comparar los procedimientos empleados en estas situaciones con otros utilizados anteriormente para responder otras situaciones?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones ✓ Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir ✓ No relaciona las situaciones fuera del contexto que se le presentó
9. ¿Te hizo falta conocer otros temas para poder responder los problemas?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones ✓ Relaciona la situación presentada con otras situaciones previamente conocidas
10. Si consideraste tus conocimientos previos, ¿podrías describir en una serie de pasos los procedimientos empleados?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relaciona la situación presentada con otras previamente conocidas ✓ Menciona cada paso que siguió para responder la situación ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar
11. ¿Podrías interpretar el significado de los números que has obtenido en tus respuestas?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar ✓ Muestra rechazo en este tipo de situaciones
12. ¿Crees que si empleas alguna estrategia de resolución de problemas puedes llegar a la respuesta más rápido?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar
13. ¿Crees que, si tienes las fórmulas a mano, es suficiente para responder las situaciones que se te presentaron?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir ✓ Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar

Fuente: elaboración propia.

escribieran todo lo que hacían. Una vez que el cuestionario fue revisado por los investigadores, se les entrevistó uno por uno con ayuda del instrumento 2, para que pudieran explicar con sus propias palabras lo que en el cuestionario no reflejaron.

e. Recolección de información

Aquí se consideraron dos dimensiones: *aprendizaje significativo* y *aprendizaje mecánico*. Para ello, se utilizaron tablas de frecuencias que permitieron

organizar la información contrastando las situaciones presentadas en el cuestionario con los indicadores mencionados en la tabla 1 de acuerdo con sus respectivos reactivos. Para rellenar las tablas se revisaron cada uno de los 38 cuestionarios, situación por situación, para poder contabilizar la concurrencia de cada reactivo. Luego, para complementar los datos recogidos hasta el momento, se escucharon las entrevistas de cada estudiante en atención a los reactivos correspondientes. Las tablas 4, 5, 6 y 7 que se presentan en el análisis de los resultados muestran la frecuencia absoluta y porcentual de los reactivos que se corresponden con cada indicador de cada dimensión.

3. Análisis de los resultados

El análisis se realizó mediante la estadística descriptiva, y para categorizar los resultados se definió un baremo. Los intervalos de decisión se consideraron según la puntuación obtenida de uno (1) a cuatro (4) puntos en cada reactivo del cuestionario; donde cada punto representa un intervalo como puede apreciarse en la tabla 4. Mediante la conformación de las tablas de frecuencias se cuantificaron las respuestas a los reactivos y los porcentajes relacionados con estas, para posteriormente comparar los datos con el baremo presentado en dicha tabla, cuyo fin es categorizar la información recabada.

Tabla 4. Baremo para medir las dimensiones.

Criterio de decisión	Intervalo de decisión
Presencia en un nivel muy bajo	$0\% \leq x < 25\%$
Presencia en un nivel medio bajo	$25\% \leq x < 50\%$
Presencia en un nivel medio alto	$75\% \leq x < 100\%$
Presencia en un nivel muy alto	$75\% \leq x < 100\%$

Fuente: elaboración propia.

a. Uso de los conocimientos previos

La tabla 5 muestra un resumen de los datos recabados para el primer indicador de la dimensión *aprendizaje significativo*.

En la tabla 5 podemos observar los resultados que se obtuvieron de la dimensión *aprendizaje significativo* con respecto al indicador “utiliza sus conocimientos previos relacionados con el tema”. Este fue medido a través de la cuantificación de cuatro reactivos que pueden detallarse en la tabla 5. Se observa que el reactivo “aplica conceptos que no se relacionan directamente con las funciones cuadráticas” está presente en un 32% de las personas encuestadas, lo que se puede valorar con una presencia en un nivel medio bajo según el baremo. En referencia al reactivo “reflexiona sobre saberes que le pueden ayudar indagar sobre una posible solución”; presenta un porcentaje del 50% que es cuantificado con una presencia en un nivel

Tabla 5. Frecuencias del primer indicador de la primera dimensión.

Dimensión	Indicador	Reactivos	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual	Porcentaje del indicador
Aprendizaje significativo	Utiliza sus conocimientos previos relacionados con el tema	Aplica conceptos que no se relacionan directamente con las funciones cuadráticas	12	32%	30%
		Reflexiona sobre saberes que le pueden ayudar indagar sobre una posible solución	19	50%	
		Relaciona la situación presentada con otras previamente conocidas	5	13%	
		Traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones	10	26%	

Fuente: elaboración propia.

medio alto entre los estudiantes objeto de estudio. En relación con el reactivo “relaciona la situación presentada con otras situaciones previamente conocidas”, está valorado con una presencia muy baja apenas alcanzando un porcentaje del 13%. Ya para finalizar el conjunto de reactivos de este indicador, tenemos que el reactivo “traslada las situaciones presentadas a otras posibles situaciones” está cuantificado con un 26% que se valora según el baremo con una presencia entre los encuestados como medio bajo.

Luego de cuantificar y valorar los reactivos correspondientes a este indicador se pudo obtener una media porcentual entre los reactivos que representaron el indicador, el cual, de acuerdo con el baremo, está valorado en la categoría de presencia media baja en los estudiantes, y alcanzó un porcentaje del 30% de la muestra. De acuerdo con estos resultados, es posible afirmar que el indicador “utiliza sus conocimientos previos relacionados con el tema” es una carencia que presentan los estudiantes de bachillerato.

En concordancia con esta idea, podemos mencionar la respuesta a la pregunta “Antes de comenzar a resolver un problema, ¿tomas en cuenta las ideas previas?”, que se le realizó durante la encuesta a uno de los estudiantes y cuya respuesta fue: “¡No! No, no, solo comencé leyendo y aplicando las fórmulas”. Esta fue muy común en los estudiantes mientras eran entrevistados, lo cual evidencia que, según ellos, no es necesario recurrir a sus

conocimientos previos para dar respuesta a una situación, en contraposición a lo que señalan Acosta, Andrade (2013), quienes afirman que las ideas previas son la base para promover el conocimiento.

b. Aplicación de estrategias

En la tabla 6 se muestra el resumen de los datos recabados para el segundo indicador de la dimensión *aprendizaje significativo*.

El segundo indicador considerado para la primera dimensión *aprendizaje significativo* fue “aplicación de estrategias para resolver la situación presentada”. Este fue analizado por medio de cuatro reactivos: “organiza los datos de la situación presentada antes de resolverlo”, categorizado con una frecuencia porcentual de 79%, valorado como una presencia entre la población muy alta según el baremo. Como segundo reactivo de este indicador está “muestra un procedimiento organizado en la resolución de la situación presentada”, estimado con una frecuencia de 42%, es decir, este reactivo está presente entre los estudiantes en el intervalo medio bajo. Seguidamente, se tiene el reactivo “menciona cada paso que siguió para responder la situación”; alcanzó un de 16% de frecuencia entre la población objeto de estudio, valorado como una presencia muy baja. Por último, está el reactivo “menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir”, el cual ha sido cuantificado con 21%, categorizado como una presencia muy baja.

Tabla 6. Frecuencias del primer indicador de la segunda dimensión.

Dimensión	Indicador	Reactivos	Frecuencia	Frecuencia porcentual	Porcentaje del indicador
Aprendizaje significativo	Aplica una estrategia para la situación presentada	Organiza los datos de la situación presentada antes de resolverlo	30	79%	39%
		Muestra un procedimiento organizado en la resolución de la situación presentada	16	42%	
		Menciona cada paso que siguió para responder la situación	6	16%	
		Menciona la importancia de definir el procedimiento a seguir	8	21%	

Fuente: elaboración propia.

En consecuencia, en la tabla 5 se evidencia que la media porcentual de este indicador está valorada con una frecuencia porcentual de 39% que según el baremo está en la categoría de presencia media baja. Finalmente, observando los dos indicadores que permiten medir la dimensión *aprendizaje significativo*, según los resultados mostrados en las tablas 4 y 5, podemos ver que, en ambos hay presencia en un nivel medio bajo.

Estos resultados son contrarios a las ideas manifestadas por Molina, Lovera (2008); Camarero, Martín del Buey, Herrero (2000), quienes afirman que las estrategias de aprendizaje cuando son asimiladas por los estudiantes y hay un evidente dominio, permiten que el estudiante desarrolle sus saberes y a su vez pueda realizar nuevos ajustes que permiten la adaptación a otros contextos, lo que conlleva de manera intrínseca a desarrollar procesos metacognitivos de regulación de cómo se aprende. Sin embargo, en este estudio se evidencia que los jóvenes que respondieron ante las situaciones propuestas para recabar información, no se han apropiado de estrategias y técnicas que permitan desarrollar soluciones a las situaciones propuestas en esta investigación. A pesar de que en un porcentaje alto (79%) son capaces de organizar los datos de la situación antes de resolverlo, el resto de los indicadores nos muestran que el estudiante no termina de establecer una estrategia bien definida para su propósito, y aun cuando logra encontrar la respuesta no es capaz de darle un significado a esta.

c. Aplicación memorística de técnicas de resolución de problemas

La tabla 7 muestra un resumen de los datos recabados para el primer indicador de la dimensión *aprendizaje mecánico*.

Para analizar el *aprendizaje mecánico* se utilizaron dos indicadores, en la tabla 6 se muestra el primero de ellos: *se limita a aplicar memorísticamente técnicas de resolución de problemas*; que ha sido cuantificado a través de dos reactivos; por un lado, “escribe la fórmula del vértice y otros puntos de una parábola y sustituye valores”, que presenta una frecuencia del 92%, lo que se puede traducir que tiene una presencia muy alta entre las personas encuestadas. Por otra parte, el siguiente reactivo de este indicador: “Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar”, está cuantificado con la frecuencia del 76%, es decir que está presente en la categoría de muy alto.

Según los resultados obtenidos con los reactivos, se puede observar que la media porcentual del indicador de la tabla 6, alcanza un porcentaje del 80%, lo que es valorado con una presencia muy alta. Podemos reforzar estas ideas con resultados de la entrevista hecha a un estudiante, quien al preguntarle en referencia a la primera situación: “Durante la resolución de cada situación, ¿utilizaste algún procedimiento en particular? Explica”, este respondió: “¡No! Solo utilicé la fórmula para calcular los segundos de la pelota”. Este tipo de

Tabla 7. Frecuencias del primer indicador de la segunda dimensión.

Dimensión	Indicador	Reactivos	Frecuencia	Frecuencia porcentual	Porcentaje del indicador
Aprendizaje mecánico	Se limita a aplicar memorísticamente técnicas de resolución de problemas	Escribe la fórmula del vértice y otros puntos de una parábola y sustituye valores (no necesariamente de manera correcta)	35	92%	80%
		Solo da importancia a las fórmulas que debe utilizar	29	76%	

Fuente: elaboración propia.

respuesta fue muy común en las entrevistas, lo cual nos muestra que el estudiante no ha reflexionado sobre los conceptos que pudiera utilizar y solo se está basando en aplicar fórmulas sin sentido para resolver el problema, consecuencia evidente de un aprendizaje mecánico.

d. Interés de conocer de fondo los conceptos que aplica

Finalmente, se muestra un resumen de los datos recabados para el segundo indicador de la dimensión *aprendizaje mecánico*.

El indicador fue analizado por medio de cuatro reactivos: “sus respuestas se limitan a valores numéricos”, presentando una frecuencia del 71 %, categorizado con una presencia media alta según el baremo. Por otra parte, el siguiente reactivo de este indicador: “No interpreta los resultados que obtiene”, está cuantificado con la frecuencia más alta de este estudio con un 82 %, es decir que está presente en la categoría de muy alto. También podemos observar el reactivo “no relaciona las situaciones fuera del contexto que se le presentó” que se encuentra valorado por la población estudiada con un 79 % de presencia muy alta. Finalmente, para el estudio y análisis del indicador en la tabla 7 está el reactivo “muestra rechazo en este tipo de situaciones”; con frecuencia del 34 %, categorizada con una presencia media baja.

En este sentido, en este segundo indicador: “muestra poco interés en conocer de fondo los conceptos que aplica”, los cuatro reactivos que lo cuantificaron permiten valorar la media porcentual, categorizado con el 57 % de presencia, lo que lo ubica con una presencia media alta de acuerdo con al baremo que estamos utilizando.

En consecuencia, estos respectivos análisis evidencian que el *aprendizaje mecánico* está presente en un alto porcentaje, siento esto coherente con las ideas y planteamientos de Rodríguez (2011), Moreira (2017), Díaz (2002), con respecto al aprendizaje mecánico, pues se refiere a un aprendizaje memorístico, carente significado para el estudiante, basado meramente en grabar en la memoria imágenes, pasos o símbolos con el objetivo de responder a algún problema, sin comprender su sentido y las consecuencias intrínsecas de su solución. Es decir, el estudiante no muestra un interés en conocer de fondo los saberes que va a aprender y mucho menos como asociarlos para dar respuesta a situaciones de otros contextos; sin embargo, sí hace que el alumno desarrolle pasos memorizados que pueden dar respuestas medianamente correctas.

En coherencia con estas ideas, dentro de las evidencias logradas a través del trabajo de los jóvenes, podemos observar la figura 2, la cual muestra el desarrollo que realiza un estudiante cuando trata de resolver la cuarta situación.

Tabla 8. Frecuencias del segundo indicador de la segunda dimensión.

Dimensión	Indicador	Reactivos	Frecuencia	Frecuencia porcentual	Porcentaje del indicador
Aprendizaje mecánico	Muestra poco interés en conocer de fondo los conceptos que aplica	Sus respuestas se limitan a valores numéricos	27	71 %	57 %
		No interpreta los resultados que obtiene	31	82 %	
		No relaciona las situaciones fuera del contexto que se le presentó	30	79 %	
		Muestra rechazo en este tipo de situaciones	13	34 %	

Fuente: elaboración propia.

cuarta situación

En momentos de crisis económica, una compañía necesita tener pérdidas, si x son las unidades de productos vendidos, la utilidad que se obtiene está dada por la función:

$$U(x) = -x^2 + 120x + 1300.$$

Determinar para que valores de x , no hay pérdidas ni utilidades.

$$-(x^2 - 120x - 1300) = 0$$

$$-(x - 130)(x + 10) = 0$$

$$(130 - x)(x + 10) = 0$$

$$130 - x = 0 \quad x + 10 = 0$$

$$\underbrace{130 = x} \quad \underbrace{x = -10}$$

Res p. 130.

Figura 2. Estructura de resolución.

Fuente: tomado del examen de un estudiante.

En la figura 2 se observa que el estudiante aplicó algunos algoritmos, que le permitieron obtener una respuesta, es decir, el desarrollo de la situación, encontrando los ceros de la función mediante una técnica de factorización, y así consiguió dos números (uno positivo y otro negativo); optó por el positivo, y escribió su respuesta en función de eso, pero sin significado alguno. Cuando se entrevistó al estudiante y se le hizo la pregunta: “¿Te hizo falta conocer otros temas para poder responder los problemas?”, este respondió: “¡Ver qué tipo de ecuación tengo, el resultado fue un trinomio cuadrado perfecto, se hace el ejercicio de trinomio cuadrado perfecto y se llega a la solución de x que es 130!”.

Esta situación es recurrente, la muestra de respuestas a través de un número, que muchas veces carece de significado pues la mayoría de los estudiantes no realizan ni reflexionan sobre la estrategia que los lleven a emitir una respuesta que dé un mayor valor al número conseguido.

Finalmente, los indicadores de la dimensión *aprendizaje mecánico* muestran una presencia bastante alta de un aprendizaje mecánico en los estudiantes seleccionados como muestra de estudio.

4. Consideraciones y recomendaciones finales

Como resultado de esta investigación, se pueden mencionar algunos aspectos importantes que pueden responder nuestra pregunta de investigación: ¿Cuáles son los procesos que aplican los estudiantes de bachillerato durante la resolución de problemas matemáticos?

Los conocimientos previos fueron estrechamente utilizados por los estudiantes de la muestra, al responder las situaciones que se presentaron, aunque fueron concepciones que debieron adquirir a partir de otras experiencias académicas o no, y que, de acuerdo con la teoría estudiada, aquellos podrían haberles ayudado a ser más efectivos al momento de responder cada pregunta. Basados en esta observación, merece la pena notar la importancia que tiene para el desarrollo cognitivo del estudiante que el docente incentive sus ideas previas a través de estrategias de enseñanza/aprendizaje en el aula de clases.

Pocos estudiantes lograron adquirir un aprendizaje significativo en el estudio de las funciones cuadráticas, en su mayoría no fueron capaces de establecer una estrategia adecuada y efectiva para

responder las situaciones presentadas, aunque un alto porcentaje de ellos logró organizar los datos presentes en las situaciones, pero pocos llegaron a ejecutar con efectividad el proceso a seguir para resolver los problemas.

El aprendizaje mecánico ha sido el proceso mayoritariamente presente en la muestra de estudio, lo que indica que los estudiantes prefieren en su mayoría limitarse a realizar cuentas sustituyendo valores numéricos en fórmulas y cuyos resultados no presentan significado alguno para ellos, lo cual afirma la postura de Moreira (2017) cuando asegura que en nuestros sistemas educativos predomina el aprendizaje mecánico y no el significativo.

En conclusión, los estudiantes siguen un proceso mecánico y memorístico para responder problemas de matemáticas, limitándose a aplicar técnicas basadas en su mayoría en fórmulas que no tienen sentido alguno más allá de lo numérico. Sin embargo, es importante mencionar que, en muchos casos, son capaces de organizar los datos de una situación determinada, pero no terminan de realizar un procedimiento adecuado que les permita obtener una respuesta correcta.

Para concluir, se espera que esta investigación sirva como fundamento teórico para diseñar experiencias académicas que estimulen un aprendizaje significativo, considerando lo difícil que puede ser diseñarlas si no se parte de los intereses y necesidades de los estudiantes (Arias-Rueda, Castro, Vega, 2017).

Referencias bibliográficas

- ACOSTA, S.; ANDRADE, A. Estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje significativo de la biología en la Escuela de Educación, Universidad del Zulia. **Revista Multiciencias**, Punto Fijo, Venezuela, v. 14, n. 1, pp. 67–73. 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/904/90430816010.pdf>
- ARANZAZU, C. M. **Secuencia didáctica para la enseñanza de la función cuadrática**. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín. 2013. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11788/1/71644693.2013.pdf>. Visitado el 25 de febrero de 2019.
- ARIAS, F. **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. 6a. ed. Editorial Episteme. Caracas-Venezuela. 2012.
- ARIAS-RUEDA, M. J., CASTRO, M.; VEGA, Y. Necesidades de aprendizaje en la formación de ingenieros. Un aporte a las experiencias integradoras entre Física e Inglés. **Omnia**, Maracaibo, Venezuela, n. 1, pp. 117–134. 2017.
- AUSUBEL, D. **Teoría del aprendizaje significativo**. 1983. Disponible en https://www.academia.edu/10435788/TEORÍA_TEORÍA_DEL_APRENDIZAJE_SIGNIFICATIVO. Visitado el 23 de enero de 2019.
- BELTRÁN, J. (ed.). **Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje**. Síntesis. Madrid: España. 2002. pp. 1–38.
- CAMARERO, F.; MARTÍN DEL BUEY, F.; HERRERO, J. Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios. **Psicothema**, Asturias, v. 12, n. 4, pp. 615–622. 2000.
- CASTELLANO G., J. M. *et al.* Un caso de estudio sobre conocimiento previo en tres universidades ecuatorianas: UC , UDA y UNAE. **Estudios Pedagógicos**, Valdivia, Chile, v. 44, n. 1, pp. 377–402. 2018. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052018000100377>
- CASTELLANOS, A. J. Prácticas de laboratorio para promover el aprendizaje significativo del material y seguridad en el laboratorio, características de metales y no metales y formación de compuestos inorgánicos. **Revista Criterios**, Nariño, Colombia, v. 24, n. 1, pp. 235–262. 2017.
- CUEVAS, R. E. *et al.* Corrientes teóricas sobre aprendizaje combinado en la educación. **Revista Iberoamericana de Ciencias**, Texas, Estados Unidos de América. 2015. Disponible en: <http://reibci.org/publicados/2015/enero/0800101.pdf>. Visitado el 25 de febrero de 2019.
- DÍAZ A., F. **Didáctica y currículo: Un enfoque constructivista**. 1a. ed. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca. 2002.

- DÍAZ, C. *et al.* Dificultades de aprendizaje en las matemáticas, prevención y actuación. In GARCÍA, J. N. (coord.). **Prevención en dificultades del desarrollo y del aprendizaje**. Pirámide. Madrid: España. pp. 235–250. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/261703968_Dificultades_de_aprendizaje_en_las_matematicas_prevencion_y_actuacion>. Visitado el 20 de febrero de 2019.
- ESPAÑA. Real Academia Española. **Diccionario de la lengua española**. 23a. ed. Madrid. 2014. Disponible en <<http://www.rae.es/diccionario-de-la-lengua-espanola/la-23a-edicion-2014>>. Visitado el 20 de febrero de 2019.
- ESPINOZA, J. Los recursos didácticos y el aprendizaje significativo. **Espirales. Revista Multidisciplinaria de Investigación científica**, Ecuador, v. 1, n. 2, pp. 33–38. 2017. Disponible en <<http://www.revistaespirales.com/index.php/es/article/view/4/3>>. Visitado el 20 de febrero de 2019.
- FERNÁNDEZ, C. **Principales dificultades en el aprendizaje de las Matemáticas. Pautas para maestros de Educación Primaria**. Universidad Internacional de La Rioja. 2013. Disponible en: <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/1588/2013_02_04_TFM_ESTUDIO_DEL_TRABAJO.pdf?sequence=1>. Visitado el 20 de enero de 2019
- FERNÁNDEZ-GAGO, J.; CARRILLO, J.; CONDE, S.M. Un estudio de caso para analizar cómo ayudan los profesores en resolución de problemas matemáticos. **Educación Matemática**, México, v. 30, n. 3, pp. 247–276. 2018. <https://doi.org/10.24844/EM3003.10>.
- GOMÉZ, D.; OVIEDO, R.; MARTÍNEZ, E. Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario. **Tecnociencia Chihuahua**, Chihuahua-México, v. 5, n. 2, pp. 90–97. 2011.
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, M.P. **Metodología de la investigación**. 5a. ed. McGraw-Hill Educación. México. 2010. <https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf> Visitado el 20 de febrero de 2019.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, M.P. **Metodología de la investigación**. 6a. ed. McGraw-Hill Educación. México. 2014.
- HERRERA, A. Las estrategias de aprendizaje. **Innovación y Experiencias Educativas**, Granada-España, n. 16, pp. 1–14. 2009. Disponible en: <http://prepajocotepec.sems.udg.mx/sites/default/files/estrategias_herrera_capita_0.pdf>. Visitado el 20 de febrero de 2019.
- HUIRCAN, M.; CARMONA, K. **Guía de Aprendizaje N° 2. Las funciones cuadráticas: una herramienta de modelación**. 1a. ed. Ministerio de Educación de Chile, RR Donnelley. Santiago de Chile. 2013.
- JANAKIEVSKA, B.; STOJANOVSKA, L.; BOGATINOSKA, D. Enhanced study of quadratic functions with geogebra and preparation for calculus. In 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GEOMETRIC FUNCTION THEORY AND APPLICATIONS. Ohrid: Macedonia. 2012.
- LARIOS, V.; ARELLANO, C.; GONZÁLEZ, N. Analysis of High School Students' Arguments when Solving Geometry Problems. **REDIMAT, Journal of Research in Mathematics Education**, Barcelona-España, v. 7, n. 3, pp. 280–310. 2018. <https://doi.org/10.4471/redimat.2018.2343>
- MARTÍNEZ, P. Procesos mentales y cognitivismo. **Revista de Filosofía**, v. 5, n. 7, pp. 143–159. 1992. Disponible en <<https://revistas.ucm.es/index.php/RESF/article/viewFile/RES-F9292120143A/11832>>. Visitado el 20 de diciembre de 2018.
- MASÓ, Y. (2016). Estrategias de enseñanza de la propiedad intelectual en la enseñanza superior. **KOINONIA. Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación, Turismo, Ciencias Sociales y Económica, Ciencias del Agro y Mar y Ciencias Exactas y Aplicadas**, Santa Ana de Coro, Venezuela, v. 1, n. 2, pp. 74–102. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/327755988 ESTRATEGIAS_DE

[ENSEÑANZA DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR](#)>.

Visitado el 20 de enero de 2019.

- MOLINA, D.; LOVERA, Z. Significado que le otorgan los docentes a las estrategias de evaluación de los aprendizajes. **Ciências & Cognição**, Río de Janeiro, Brasil, v. 13, pp. 82–93. 2008. Disponible en: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v13/m318207.pdf>>. Visitado el 20 de diciembre de 2018.
- MOREIRA, M. A. Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. **Archivos de Ciencias de la Educación**, Buenos Aires-Argentina, v. 11, n. 12, pp. 0–16. 2017. <https://doi.org/10.24215/23468866e029>
- MOTA, D.; VALLES, R. . Papel de los conocimientos previos en el aprendizaje de la matemática universitaria. **Acta Scientiarum Education**, Maringá-Brasil, v. 37, n. 1, pp. 85. 2015. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v37i1.21040>.
- PERDOMO, W. Estudio de evidencias de aprendizaje significativo en un aula bajo el modelo flipped classroom. **EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa**, Palma-España, n. 55, pp. 1–17. 2016. DOI: <https://doi.org/1135-9250>.
- PINO-FAN, L.; PARRA-URREA, Y.; CASTRO-GORDILLO, W. Significados de la función pretendidos por el currículo de. **Magis, Revista Internacional de Investigación En Educación**, Bogotá-Colombia, v. 11, n. 23, pp. 201–220. 2019. <https://doi.org/10.11144/laveriana.m11-23.sfpc>
- RAMÍREZ, L. Reflexiones sobre la deserción y la mortalidad estudiantil en las universidades colombiana: Un debate necesario. **Educación y Educadores**, Bogotá-Colombia, v.5, pp. 21–38. 2009. Disponible en: <<http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/509/1596>>. Visitado el 20 de febrero de 2019.
- RAYAS, J. El reconocimiento de las ideas previas como condición necesaria para mejorar las posibilidades de los alumnos en los procesos educativos en ciencias naturales. **Revista Xictli de la Unidad UPD**, n. 94. 2004. Disponible en <<http://189.208.102.74/u094/revista/54/02.html>>. Visitado el 20 de febrero de 2019.
- RODRÍGUEZ, L. La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. **Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa**, v. 3, n. 1, pp. 29–50. 2011. Disponible en <http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3_num1/rodriguez/index.html>. Visitado el 23 de enero de 2019.
- SALAZAR, A. Capítulo I: Estrategias de aprendizaje 1. Definición de estrategia de aprendizaje. 1.1. Técnicas y estrategias. Arequipa: Perú. 2004. <<http://files.estrategias2010.webnode.es/200000057-48c3e49bde/Microsoft%20Word%20-%20estrategias-aprendizaje.pdf>>. Visitado el 23 de enero de 2019.
- SKOVSMOSE, O. Interpretações de Significado em Educação Matemática Interpretations of Meaning in Mathematical Education. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, São Paulo - Brasil, v. 32, n. 62, pp. 764–780. 2018. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a01>
- SYCHOCKI DA SILVA, R.; DOS REIS PINTO, S. Funções quadráticas e tecnologias móveis: ações cooperativas em um experimento no ensino médio. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 14, n. 1, pp. 108-125. 2018. <https://doi.org/10.14483/23464712.13317>
- VICENC, F.; GODINO, J. D.; D'AMORE, B. Enfoque ontosemiótico de las representaciones en educación matemática. **For the Learning of Mathematics**, New Westminster, Canadá, v. 27, n. 2, pp. 2–7. 2





BIOLOGICAL EVOLUTION AND CREATIONISM FROM THE PERSPECTIVE OF GRADUATE STUDENTS OF BIOLOGICAL SCIENCES

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y CREACIONISMO EN LA VISIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E CRIACIONISMO NA VISÃO DE ALUNOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Isabela Maria Silva Leão^{*} , Fernanda de Jesus Costa^{**} , Graça Simões Carvalho^{***} y
Hesley Machado Silva^{****}

Citation: Silva Leão, I.M., Costa, F.J., Simões Carvalho, G. y Machado Silva, H. (2020). Biological evolution and creationism from the perspective of graduate students of biological sciences. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 303-321. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14656>

Abstract

This work aimed to analyse students' conceptions in a graduate course of biology teachers at the University Centre of Formiga, Minas Gerais, Brazil, of topics related to evolutionary theory (Chance and Natural selection) and creationism (God and Intelligent design). We used a part of the European BIOHEAD-CITIZEN questionnaire in a sample of 56 students, studying in their 2nd, 4th and 6th terms. The four-category Barbour model (conflict, independence, dialogue and integration) was used to analyse the data and characterise the students' ideas of the relationship between science and

Received: 27 de march de 2019; accepted: 28 de june de 2019

- * Graduate in biology and science from the University Center of Formiga/MG. Studying pedagogy at UNIFRAN. Participated in the Biology Teachers' Conceptions of Three Latin American Countries about Human's Place in Nature and the Human Mind, University Center of Formiga/MG, University of Oxford, supported by the John Templeton Foundation. Email: isabela.leao94@hotmail.com
- * Professor at the Minas Gerais State University, Ibirité Unit. Currently head of the Department of Biological Sciences and supervisor of the Internship Center. Has a bachelor's degree in biological sciences, a master's degree in science teaching and a doctorate in education from the Pontifical Catholic University of Minas Gerais. Develops research on distance education, science and biology teaching, teacher training and integration of digital technologies into the school environment. Email: fernanda.costa@uemg.br
- * Full professor at the University of Minho, Braga, Portugal and director of the Research Centre on Child Studies (CIEC) at the same university. Developed postgraduate research training with a particular focus on school settings. In addition to 24 national projects, she was the general coordinator of pan-European project on 'Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship' (BIOHEAD-CITIZEN: STREP-FP6 CIT2-CT2004-506015; 2004-2008), which involved 19 countries in Europe, North Africa and the Middle East. Was awarded the honorary degree of doctor honoris causa by the University of Claude Bernard Lyon 1, France, in 2017, and received the Women in Science award from the Portuguese Ministry of Science, Technology and Higher Education in 2019. Email: graca@ie.uminho.pt
- * Doctorate in education from the Federal University of Minas Gerais (2015), Brazil, in the Latin American program, with specialization in education and science. Research undertaken focuses on issues of the teaching of evolutionary biology in Latin American Schools, in relation to regional religious and political discourse. Master's degree in education from the Federal University of Minas Gerais (2000). Graduated in biology and science. Specialization in biotechnology from the Federal University of Lavras/MG and specialization in Molecular and Cellular Biology from the Federal University of Ouro Preto/MG. Currently full professor and project coordinator for the pedagogical residency program of in the University Center of Formiga/MG. Has experience in general biology, with emphasis on embryology, genetics, evolution, zoology and coordination of courses in the biological sciences. Email: hesley@unifrmg.edu.br

religion. Using the Pearson chi-square statistical test (χ^2), the differences among the groups of students were tested, at the statistical significance level of 5%. The results show that most students are able to establish a relationship of independence between issues of evolutionary theory and creationism. Even religious students can establish boundaries that separate the fields of science and religion. Due to the importance of evolutionary theory for science and for biology in particular, it is necessary for new research to be carried out in the Brazilian context to determine students' and teachers' perceptions on the topic and to improve the teaching of evolutionary theory in the biological context and to refrain from inserting personal religious considerations into general science and biology classes.

Keywords: evolution; creationism; teachers in education.

Resumen

En el presente trabajo se analizan las concepciones de los estudiantes del curso de Ciencias Biológicas en el Centro Universitario de Formiga, Minas Gerais, Brasil, sobre temas relacionados con la teoría evolutiva (azar y selección natural) y creacionismo (Dios y diseño inteligente). Se aplicó el cuestionario europeo BIOHEAD-CITIZEN en una muestra de 56 estudiantes del 2º, 4º y 6º semestre. Se utilizó el modelo de Barbour de cuatro categorías (conflicto, independencia, diálogo e integración) para analizar los datos a fin de caracterizar las concepciones de los estudiantes sobre la relación entre ciencia y religión. La significación de las diferencias de las respuestas entre los grupos de estudiantes se determinó mediante la prueba estadística de *chi-cuadrado* de Pearson (χ^2) con un nivel de significancia del 5 %. Se observó que los alumnos, en su mayoría, logran establecer una relación de independencia entre los temas, aun siendo religiosos, creando límites que demarcan los campos de la ciencia y la religión. Ante la importancia de la teoría evolutiva para la ciencia, y especialmente para la biología, es indispensable realizar nuevas investigaciones amplias para conocer la percepción de alumnos y profesores sobre el tema en Brasil. Esto con el propósito de perfeccionar la enseñanza de la evolución biológica y evitar la inserción de cuestiones religiosas de carácter personal en las clases de ciencias y de biología.

Palabras clave: evolución; creación; profesor en formación.

Resumo

Considerando a problemática da evolução biológica recorrente no Brasil e no mundo, o presente trabalho objetivou analisar as concepções dos alunos do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário de Formiga, Minas Gerais, Brasil, sobre temas relacionados à teoria evolutiva (Acaso e Seleção natural) e criacionismo (Deus e Design inteligente). Aplicou-se o questionário europeu BIOHEAD-CITIZEN em uma amostra de 56 estudantes do 2º, 4º e 6º períodos de graduação. Foi utilizado o modelo de

Barbour de quatro categorias (Conflito, Independência, Diálogo e Integração) para análise dos dados a fim de caracterizar as concepções dos estudantes sobre a relação entre ciência e religião. A significância das diferenças das respostas entre os grupos de estudantes foi determinada pelo teste estatístico Qui-quadrado de Pearson (χ^2) ao nível de 5%. Observou-se que os alunos, em sua maioria, conseguem estabelecer uma relação de independência entre os temas, mesmo sendo religiosos, criando barreiras que delimitam os campos da ciência e da religião. Diante da importância da teoria evolutiva para a Ciência, e especialmente para a Biologia, é indispensável que novas pesquisas sejam realizadas no vasto Brasil para se conhecer a percepção de alunos e professores sobre o tema, com o intuito de aperfeiçoar o ensino da evolução biológica e afastar a inserção de questões religiosas de cunho pessoal nas aulas de ciências e de biologia.

Palavras-chave: evolução; criação; estudantes para professor.

Introduction

Science and religion have had complex relationships throughout history; one of the most profound intellectual challenges from the twentieth century until now is related to the understanding of the specific features that guide science and religion (Nord, 1999). The theory of biological evolution is at the centre of scientific and religious discussions, becoming a zone of confrontation (Rodrigues, Chaves, 2013 p. 4), as both fields investigate aspects of human existence and life in general but are structured in very different ways (Sepúlveda, El-Hani, 2004). In addition to its account of the diversity of living beings and the trajectory of life on earth (Futuyma, 2002), the theory of biological evolution is considered a unifying axis that connects and facilitates the understanding of other contents that integrate the biological sciences (Meyer, El-Hani, 2005). In other words, nothing makes sense in biology except in the light of evolutionary theory (Dobzhansky, 1973). However, despite its importance and the level of scientific proof undergirding it, the Evolution Theory remains one of the most questioned and misunderstood subjects of biology (Pacheco, Oliveira, 1997).

Discussions of creationism and evolution are widespread among the Brazilian public and have also appeared in the school environment. General science and biology classes should address how science understands living things and how important it is to teach exclusively scientific subjects in these spaces (Staub, Strieder, Meghioratti, 2015). Students often experience difficulties in understanding the Evolution Theory as the unifying axis of Biology (Coimbra, Silva, 2007), and this may also occur with teachers as well (Oleques, Bartholomei-Santos, Boer, 2011). In general, both teachers and students seek ways to accommodate religious hypotheses to scientific theories (Costa, Antunes, 2014). The difficulty of teaching biological evolution often generates conflicts between teachers and students, especially in classes of general science and biology (Rodrigues, Clementino, 2014). Some Brazilian teachers do not

mention religion at all and keep their religious ideas out of their instruction to avoid controversy. Others, having difficulties, tend to avoid debates on this subject in their classrooms (Oleques, Bartholomei-Santos, Boer, 2011). However, others encourage the debate between creationism and evolutionism, so their students can encounter this confrontation between different ways of thinking about human beings, in addition to providing a means of understanding scientific knowledge and its importance for society (Piolli, Dias, 2004).

This study analyses biology students' conceptions of biological evolution and creationism, and analyse them by using a four-category Barbour (1990) analysis, constituted by, namely, conflict, independence, dialogue and integration. These categories are examined below.

The *conflict* category includes people referring to the meeting of radical and divergent opinions. Here, one pole is represented by biblical literalists and creationists, a particular group of Christians who do not accept the theory of biological evolution and believe that it conflicts with religious faith. Charles Brabec, the founder of the Discovery Park of America, a theme park where all the attractions are related to the Bible and creationist thought, is an excellent example of a radical creationist. Brabec calls the teaching of evolutionary theory a strategy that seeks to poison the minds of young students (Abreu, 2007). At the other pole, atheist scientists with extreme views also appear in this category, denying the existence of God and believing that the most considerable evidence matches the evolutionary conception (Sanchez, Danilas, 2012). One well-known radical atheist is Richard Dawkins, who is the author of many well-known works setting forth his theological views, such as *The God Delusion* (Dawkins, 2001) and *The Blind Watchmaker* (Dawkins, 2007). He presents his anti-creationist case, describing evolutionary theory as the only acceptable explanation for the world's diversity. According to the conception outlined by Barbour (2004), it is impossible to have deep religious conviction and be a scientist with

an uncompromising view of scientific truth; one must choose only one of the poles, science or religion, as 'no one can believe in evolution and God at the same time. Each side gains adherents, in part by opposing the other, and either uses war rhetoric' (Barbour, 2004 p. 25).

The category of *independence* proposed by Barbour (1990) presents the view that conflict between science and religion is unnecessary and that there must be a distance between the fields. On this view, real and objective factors are investigated by science, and religion deals with values and the meaning of life. The goals and languages of these two spheres of knowledge are mostly incompatible and focus on altogether different aspects of human existence. In this category, science and religion work to keep from intervening in each other's domain, creating a restricted field proper to each (Rodrigues, Motta, 2011). Among scientists, a clear proponent of this category is the palaeontologist and evolutionary biologist Stephen Jay Gould (2002), who defends the conception of science and religion as having entirely different functions in society, without overlap and with equal importance.

In the third category, *dialogue*, individuals wish to identify the similarities between the fields of science and religion and approximate them to each other. In this category, more complex reflections can arise, such as considerations of the emergence of the universe, a dialogue is sought. This relationship is commonly encountered where there are no known explanations for certain issues or when the two areas come to agree on something. Some issues require science and religion to provide explanations, each respecting the integrity of the other (Barbour, 2004).

Finally, in the *integration* category, people seek harmonise the relationship between the two areas. This can be achieved by scientific initiatives that seek, using the scientific method, to prove the existence of a creator. Integration can also be adopted from the religious side, through the reformulation of beliefs in a way that conforms to scientific discoveries, such as the acceptance of the Big Bang

theory (Barbour, 2004). The hypotheses proposed by Michael J. Behe (1997) constitute a classic example of the integration category. Another reconciliation would be the intelligent design theory, which integrates creationism with biological evolution, suggesting that God participated in or guided evolutionary processes.

Given the above-mentioned issues, the present work analyses the conceptions of graduate students enrolled in biology teachers' training course at the University Centre of Formiga (UNIFOR-MG) on themes related to the evolutionary theory (chance and natural selection) and creationism (God and intelligent design). The aim was to analyse the association of students' faith with their positions on evolution and the relationship they find between science and religion and, consequently, their ideas about teaching evolution.

1. Methodology

The questionnaire developed for the present quantitative study was based on one created by the European project BIOHEAD-CITIZEN (Biology, Health and Environmental Education for Better Citizenship), which posed 144 prompts of teachers and future teachers in 19 European, North African and Middle Eastern countries (Carvalho, Clément, 2007). In this way, conceptions were gathered from these teachers and future teachers on socially controversial topics, such as evolution (in particular, human origins), sex education, health education and environmental education, among other controversial subjects (Carvalho, Clément, 2007).

This BIOHEAD-CITIZEN questionnaire was presented to 56 students at three moments points (their 2nd, 4th and 6th terms) enrolled in a graduate course of biology teachers at the University Centre of Formiga, Minas Gerais, Brazil. The mean ages of the groups were similar, and most of the sample was composed of women (42 of 56, or 75%) as shown in Table 1.

In the present work, only the responses to prompts related to biological evolution and creationism (B.42, B.43, B.44 and B.48) were analysed (Figure 1).

Table 1. Sample characterisation.

Students' group	Mean age (years)	Gender (N)		Total
		Women	Men	
2 nd term	21.2	15	4	19
4 th term	20.1	13	3	16
6 th term	22.9	14	7	21
Total	---	42	14	56

Source: Survey data.

Indicate your evaluation of the importance of the following factors in species evolution
(tick only **ONE** box for each line):

	Great importance	Some importance	Little importance	No importance at all
B.42 Chance				
B.43 Natural selection				
B.44 A program inside the organism (intelligent design)				
B.48 God				

Figure 1. Prompts B.42, B.43, B.44 and B.48 of the BIOHEAD-CITIZEN questionnaire used in this study.

Source: Survey data.

Table 2. Students' religion.

Students' group	Catholic	Evangelical	Agnostic/Atheist	Others	Total
2 nd term	12	6	1	0	19
4 th term	13	2	1	0	16
6 th term	14	3	3	2	22
Total	39	11	5	2	56

Source: Survey data.

To characterise the students' conceptions about the relationship between science and religion, the four categories of Barbour (1990) were used: conflict, independence, dialogue and integration. The responses to the prompts were analysed with respect to the religion (Table 2) of the respondents, with the hypothesis that the Catholic students' conception of evolutionary theory would align to the scientific consensus with a higher frequency than Evangelical Christians, as was suggested by Madeira (2007).

Finally, to evaluate the significance of differences in student responses, data were subjected to Pearson's chi-square (χ^2) statistical analysis, with significance assigned to $p < 0.05$.

2. Results and Discussion

Analyses of the students' responses to each item are presented below.

a. Importance given to *chance* in the evolution of species (item B.42)

Global view

As shown in Figure 2, only a little more than half (56%) of the biology students assigned importance to chance in the evolution of species (composed of 23% giving 'high importance' + 33% giving 'some importance').

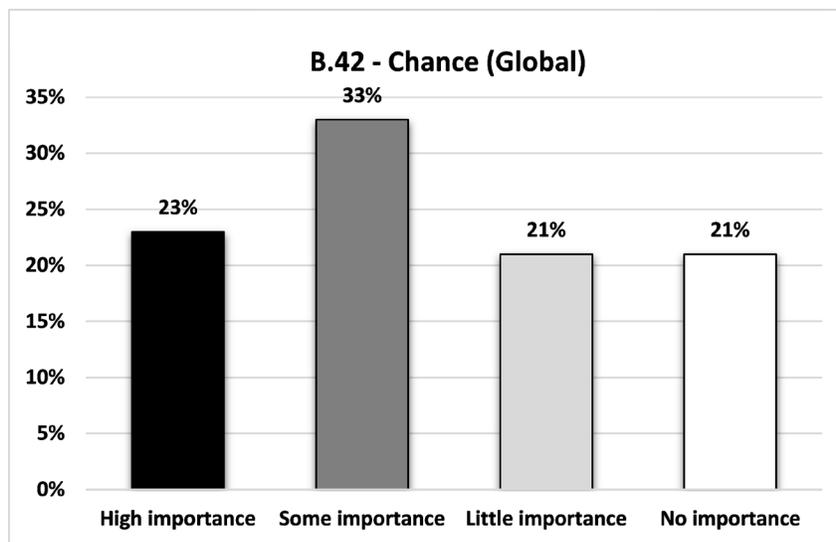


Figure 2. Responses of biology students to item B.42 ('importance given to *chance* in the evolution of species').

Source: Survey data.

These results show an important contrast with general knowledge that is considered to be well established in the scientific community, where it is believed that most of the evolution molecular variation result of chance (Licatti, 2005; Futuyma, 2002) and that accidental natural phenomena, such as meteors, can contribute to evolution (Futuyma, 2002). Despite the relevance of chance to the evolutionary process, it is noticeable that some people have difficulty understanding that new and complex characteristics can result from evolutionary mechanisms (Carrol, 2006). Therefore, it is easy to disregard chance when biological evolution is conceived of as an intentional process aiming at the improvement and survival of living beings (Liporini, Periotto, 2014).

Furthermore, Sepulveda, El-Hani (2004 p. 170) argue that poor discussion of the concept of chance in biological instruction on evolution 'contributes to the students' consideration of the supposedly 'random' feature of the natural selection mechanisms as a counter-intuitive aspect to their understanding and assumption of the Darwinian Theory.' A relevant epistemological obstacle to the understanding of evolutionary theory is that students take humans as 'perfect beings' and, consequently, the fruit of

a Creator (Santos, Bizzo, 2000). It has been found that even within a religious environment and among believers in the Christian God, it is possible students and teachers can accept concepts that are contradictory to religious beliefs, such as the idea that chance is crucial for the evolutionary development of species (Sepúlveda, El-Hani, 2004).

2nd, 4th and 6th term groups

The results for this question 'importance given to chance in the evolution of species' obtained from the groups of students at the three moments (2nd, 4th and 6th terms) are presented in Figure 3. The χ^2 test indicated significant differences ($p < 0.05$) between the three groups on this question. Indeed, only 47% (26% + 21%) of the 2nd term students assigned importance to chance in the evolutionary process and more of the 4th and 6th term students considered it important, at 62% (12% + 50%) and 62% (29% + 33%), respectively. However, these values remain low overall, indicating that more attention should be given to evolution in teacher training for biology teachers at the University Center of Formiga. Similarly, work should be done at other Brazilian universities to determine how far instruction should be improved.

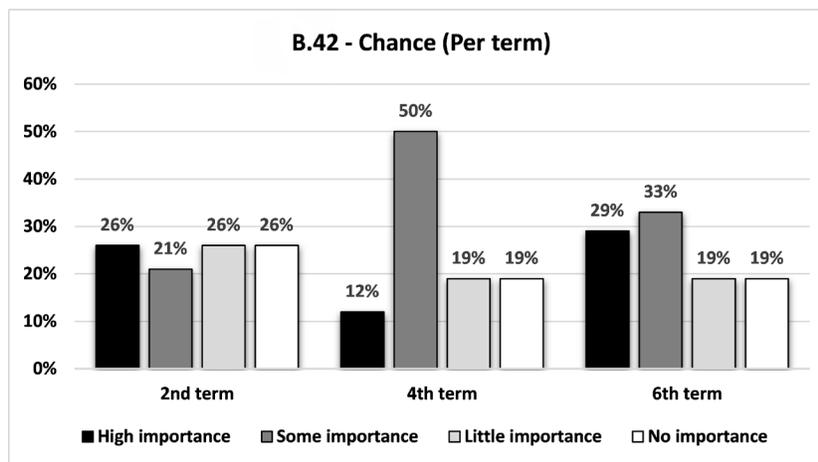


Figure 3. Responses of biology students in the 2nd, 4th and 6th terms to item B.42 ('importance given to *chance* in the evolution of species'). All differences between groups were found to be significant with a χ^2 test ($p < 0.05$).

Source: Survey data.

These results differ from those by Souza, Matsuo and Zaia (2009), who found no differences in students' perception of evolution over the entirety of a biology teachers' training course.

Religious groups

The analysis of data by religion (Catholic, Evangelical and Agnostic/Atheist), shows, as expected, that all Agnostic/Atheist biology students (100%, 60% + 40%) assign importance to chance in the evolution of species (Figure 4). The data further show that a much larger percentage of Catholics (60%, 20% + 40%) assigned importance to chance in evolution than Evangelicals (27%, 18% + 9%).

These results agree with those by Madeira (2007), who considers that Evangelical groups are often more resistant than Catholics to accepting scientific knowledge on issues related to biological evolution.

According to the categories outlined by Barbour (1990), the students' conceptions in relation to the 'importance given to chance in the evolution of species' are to be understood as belonging to the *independence* category. In fact, most respondents who are religious could also acknowledge the importance of chance in evolutionary processes. These data contradict the results obtained by Carneiro,

Rosa (2003), who claim that students have difficulty understanding the role of chance in biological evolution.

It should be noted that only a little more than half of the students (56%; Figure 2) agreed that chance is important in evolution. This indicates that the students should be categorised in the *conflict* category, as many do not accept the role of chance, which is one of the fundamental premises of evolutionary theory, possibly because of the tension that this factor produces in relation to the role of an omnipotent creator. Further, in-depth studies, including interviews with students, are required to understand more clearly the reasons why some religious students nevertheless do accept chance as an important factor in biological evolution.

b. Importance given to *natural selection* in the evolution of species (item B.43)

Global view

By contrast to the weak valuation that the participants gave to the role of chance in the biological evolution (56% - see Figure 1), great importance was assigned to natural selection (96%, 85% + 11%), as shown in Figure 5.

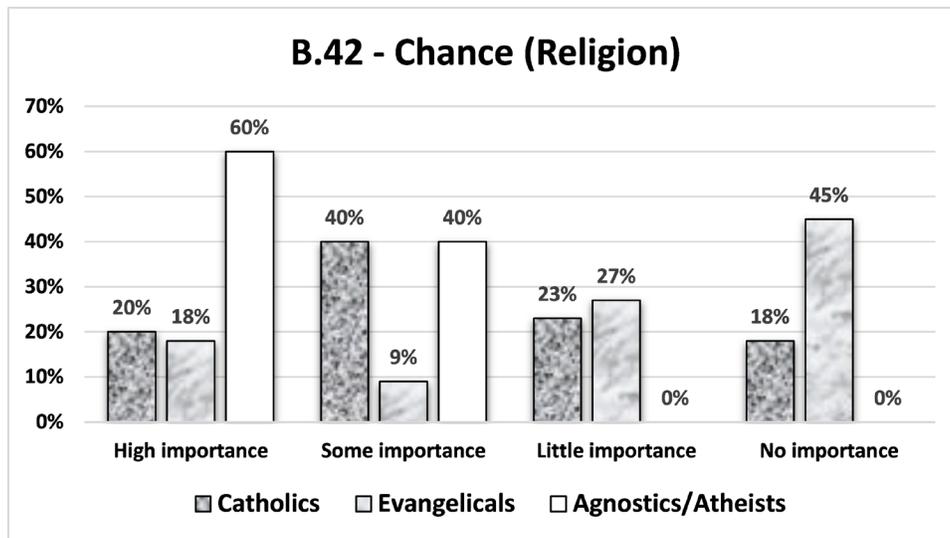


Figure 4. Responses of biology students, grouped by religion, to item B.42 ('importance given to *chance* in the evolution of species').

Source: Survey data.

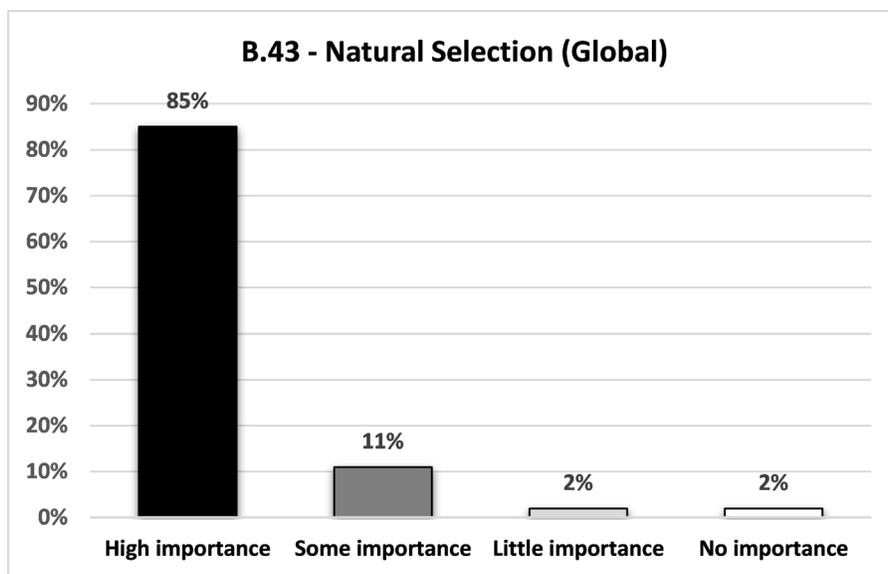


Figure 5. Responses of biology students to item B.43 ('importance given to *natural selection* in the evolution of species').

Source: Survey data.

Although most students accepted the importance of the role of natural selection in the process of biological evolution, there was a small group of 4% (2% + 2%, Figure 5) who gave little or no importance to it. This matches the results of Bishop and Anderson (1990), who found that some students, even if a tiny number, have difficulty understanding the principles of this mechanism in the evolutionary process.

These results, however, differ from those of Almeida (2012) among secondary school students, where only 38% reported that natural selection is directly linked to the evolution of the species, indicating that more in-depth knowledge of biological evolution is necessary to allow for a proper understanding of the role of natural selection in evolution.

Natural selection is considered crucial to evolution by the scientific community (Pereira, 2009); Ridley (2004, p. 4) adds that ‘a beautifully simple and easily understood idea – evolution by natural selection – can be scientifically tested in all fields.’

2nd, 4th and 6th term groups

Analysis of the data at the three moments (2nd, 4th and 6th terms) showed statistically significant differences ($p < 0.05$) among the three groups. In Figure 6, it can also be seen that more importance to natural selection in evolution was given with the progression in the teacher-training course. Indeed, 100% of the 6th term (95% + 5%) and 100% of the 4th term (94% + 6%) students assigned importance to natural selection, but among the 2nd term only 89% (68% + 21%) assigned it important. These results (Figure 6), in contrast to chance (Figure 3), indicate that the training course improved knowledge, opening students’ minds to a more scientific vision of the role of natural selection in evolution. This is of great relevance, as some studies have found insufficiencies in how evolution is approached in teacher-training courses in Brazil (Valença, Falcão, 2012).

Religious groups

Similar to Figure 4 (about the importance of *chance* in biological evolution) the analysis by religion indicated that 100% of Agnostic/Atheist students assigned high importance to the role of natural selection in evolution. All Catholic students did so as well (90% + 10%) (Figure 7). By contrast, only 81% (63% + 18%) of Evangelicals assigned importance to natural selection. These results, once again, agree with those of Madeira (2007), who considered Catholicism to be more flexible in relation to evolution than Evangelicalism.

The fact that most students who declared themselves to be religious assigned importance to natural selection in the evolution suggests that on this question, the *independence* category of Barbour (1990) applies to this population.

c. Importance given to *intelligent design* in the evolution of species (item B.44)

Global view

Item B.44 (‘importance given to *natural selection* in the evolution of species’) investigates student

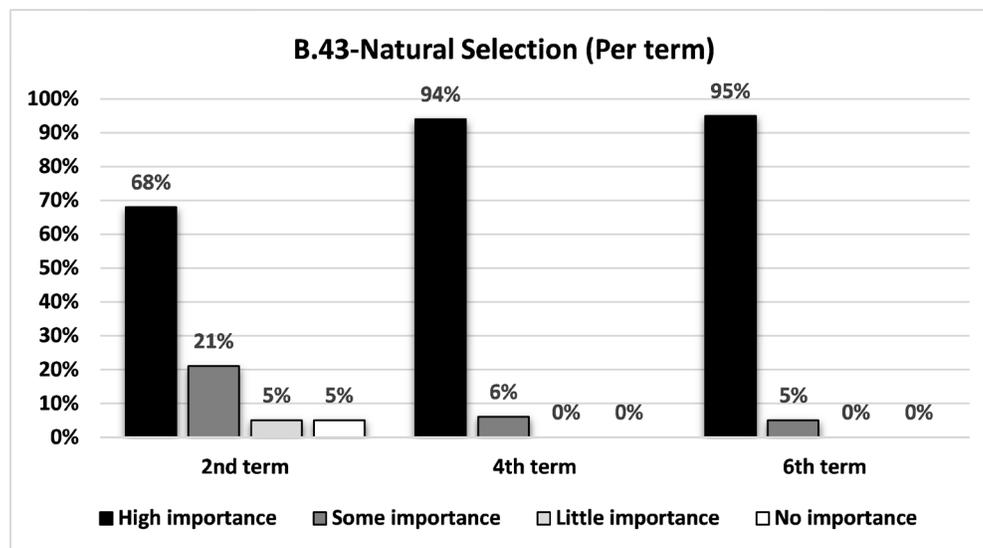


Figure 6. Responses of biology students in the 2nd, 4th and 6th terms to item B.43 (‘importance given to *natural selection* in the evolution of species’). The results of a χ^2 test showed that the differences among the groups were significant ($p < 0.05$).

Source: Survey data.

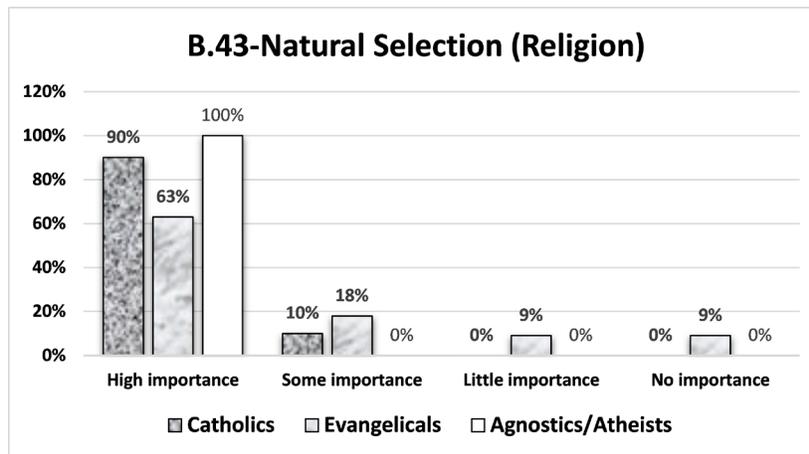


Figure 7. Responses of biology students to item B.43 ('importance given to *natural selection* in the evolution of species'), sorted by religion.

Source: Survey data.

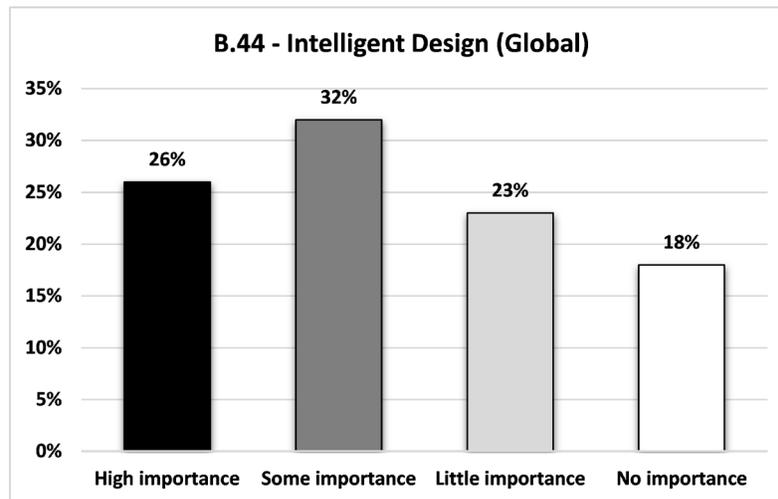


Figure 8. Responses of biology students to item B.44 ('importance given to *intelligent design* in the evolution of species').

Source: Survey data.

conceptions of the importance of intelligent design in the evolution of species. The intelligent design hypothesis is a creationist view that does not consider that living beings could have developed by chance, natural selection and other natural phenomena, instead asserting that a being must be responsible for any evolutionary process (Sanches, 2007). Behe (1997), a strong proponent of the intelligent design hypothesis, claims that there must have been a designer that drove the evolution of species. This movement is considered by the international scientific

community to be harmful to the acceptance of evolutionary theory (Shanks, 2004; Silva, 2017). It is strongly opposed, especially by US researchers, and teaching it in school has been prohibited by legal means in that country (Ayala, 2016).

Figure 8 shows that more than half of biology students (58%, 26% + 32%) considered intelligent design to be important in evolution. Other studies have found a strong and increasing tendency to accept intelligent design among Brazilians (Silva, 2017; Silva, Mortimer, 2014).

Students' responses indicate that they have difficulty separating their religious beliefs from their consideration of more controversial scientific topics. Intelligent design has been considered as a type of intermediary between science and theology (Demb-ski, 1999), with a claim to a kind of compromise with science: 'the presentation and defence of the Intelligent Design argument as a strictly scientific theory is an assumed position from the 1990s on the basis of nineteenth-century arguments' (Engler, 2011, p. 238). It has been suggested that students who accept intelligent design can follow this line of reasoning to approximate religiosity to scientific topics; the risk here lies in the possibility that these students deny the basic assumptions necessary to understand biological evolution, such as the role of random mutation (Ayala, 2017).

2nd, 4th and 6th term groups

The χ^2 statistical analysis of the data obtained from the three groups of students (2nd, 4th and 6th terms) showed significant differences ($p < 0.05$) between them. In Figure 9, it is clear that the biology teachers' training course contributed to the improvement of students' knowledge. Indeed, a continuous decrease in the importance assigned to intelligent design was

observed from the 2nd term (89%, 68% + 21%), to the 4th term (69%, 44% + 25%) and the 6th term (57%, 19% + 38%). Even so, a little less than half (43%, 19% + 24%) of the students in the 6th term persisted in asserting the importance of intelligent design in evolution.

Previous studies have found indicate that longer and better-designed presentation of the scientific concepts of evolution may interfere with the influence of religiosity on the understanding of scientific topics (Silva *et al.* 2014) while also reducing the confusion between robust and evidence-based scientific theory and the intelligent design hypothesis (Pennock, 2003).

Nevertheless, a little less than half (43%, Figure 9) of the students in the 6th term persisted in considering the idea of intelligent design to be important for biological evolution. Similarly, in a study of students in a biology teacher-training course at a large Brazilian university, Souza, Matsuo, Zaia (2009) noticed that the simple presence of the subject of biological evolution in the led to no significant change in the decrease in the influence of religion in the construction of concepts related to the subject. He noted that this resistance to evolutionary theory might have harmful consequences for teaching practice, as these students, who are future teachers, may distort the

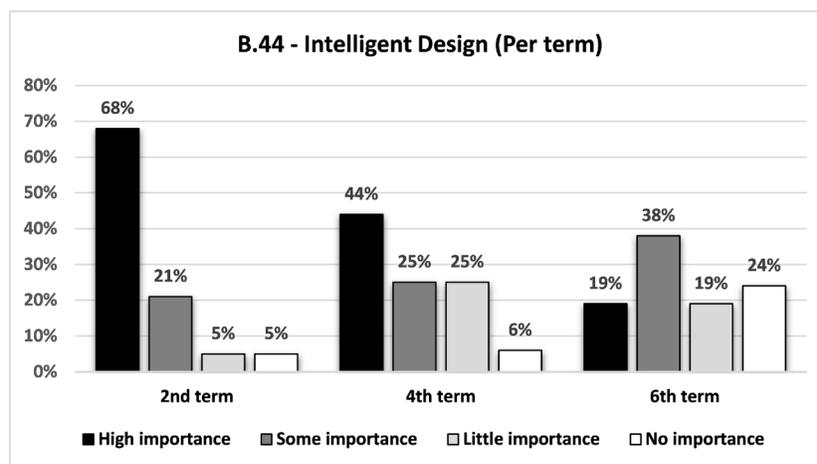


Figure 9. Responses of biology students in the 2nd, 4th and 6th terms to item B.44 ('importance given to *intelligent design* in the evolution of species'). A χ^2 test found significant differences among the groups ($p < 0.05$).

Source: Survey data.

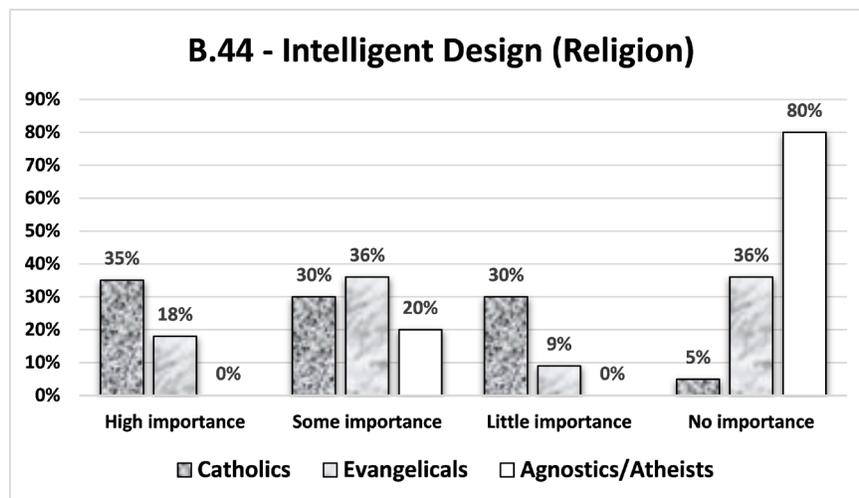


Figure 10. Responses of biology students to item B.44 (importance given to *intelligent design* in the evolution of species), according to religion.

Source: Survey data.

instruction of biological evolution through presentations based on ideas of intelligent design (Souza, 2009). Further study is required to investigate this undesirable possibility.

Religious groups

Data according to students' religion showed that 0.0% of agnostic/atheist students assigned high importance to the role of intelligent design in evolution, but 20% of them did grant some importance to it (Figure 10). Catholics assigned more importance (65%, 35% + 30%) to intelligent design than Evangelicals (54%, 18% + 36%) did.

One interpretation of these results would be that religious students can accept scientific knowledge without abandoning their religiosity (Ávila, 2008). Padian, Matzke (2009) further argue that intelligent design is a theological concept that confuses people about the biological idea of evolution. This is, for example, what is described by Ayala (2007), who strongly criticises the religious approach of intelligent design in science and education (Silva, 2016).

Francisco José Ayala (2007), a theistic evolutionist, considers that belief in an intelligent designer is blasphemous because human beings and every other organism have many defects that are the fruits of evolutionary processes. According to Ayala (2007),

Darwin's discovery of evolution and natural selection is a gift for religion because it grants the ability to explain the evil that exists in the world without the need to attribute it to a creator.

Most religious students (Catholics and Evangelicals) granted intelligent design an essential place in the idea of evolution, expressing a mixture of concepts and elements participating in both religion and science. Because these students are seeking to accommodate scientific and religious knowledge to form their idea of the topic, they fall into the *integration* category, as delineated in Barbour (1990). It is, however, important to highlight that those who are religious but do not accept an important role for intelligent design in evolution fall into the Barbour category of *independence*.

Those in the independence category can teach evolutionary theory with no constraints. However, those that fall into the integration category, according to Amaral (2013), exhibit a teaching strategy to allow them to smuggle creationism into the academic environment in disguise, under the term intelligent design. It is crucial to explore how such future teachers intend to work in the classroom and learn whether they consider intelligent design, which is not a hypothesis that has been confirmed scientifically, should be used in the instruction of evolution.

d. Importance given to GOD in the evolution of species (item B.48)

Global view

The students' responses to the fourth and last question analysed in this study (B.48) are shown in Figure 11. A large majority of biology students (86%, 63% + 23%) assigned importance to God in evolution.

These results indicate that the surveyed students were heavily influenced by their religious beliefs. In a previous study of students studying in a similar course, also in Brazil, Sepúlveda and El-Hani (2004) perceived two aspects in particular that influence coexistence between science and religion: one that deliberately denies this knowledge and another that unites the vision of a theistic world to scientific themes in an integrated way. In another study with students on a psychology course, Guerriero (2000) found that students who profess a religion study and discuss the theme of biological evolution in a way that tries to accommodate the divine into their speech, finding to greater or less influence of a Creator in biological evolution.

2nd, 4th and 6th term groups

A χ^2 test found statistically significant differences ($p < 0.05$) between the three-term groups, indicating that the course helped students understand biological evolution. In fact, a continuous decrease of the importance given to God was observed from the 2nd term (100%, 79% + 21%) to the 4th term (88%, 69% + 19%) and the 6th term (72%, 43% + 29%) (Figure 12).

These results indicate that as knowledge is consolidated regarding biological evolution, students develop a closer understanding of biological evolution and, consequently, can avoid possible religious and common-sense interference. It is important to emphasise that the percentage of those attributing importance to the role of God in evolution remains high, even in the 6th term (72%).

Religious groups

In a similar way to the responses to the intelligent design question (Figure 10), no agnostic/atheist students assigned high importance to the role of God in evolution, but 20% did give it some importance

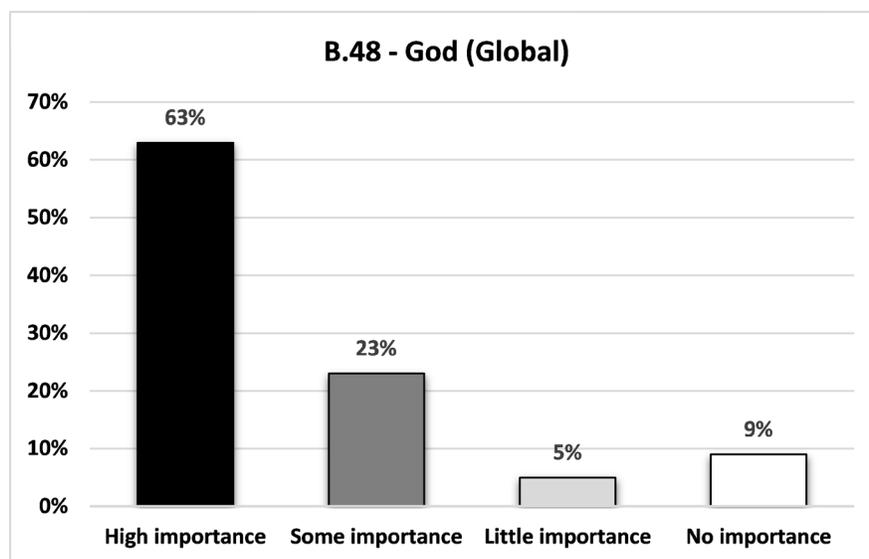


Figure 11. Responses of biology students to item B.48 ('importance given to God in the evolution of species').

Source: Survey data.

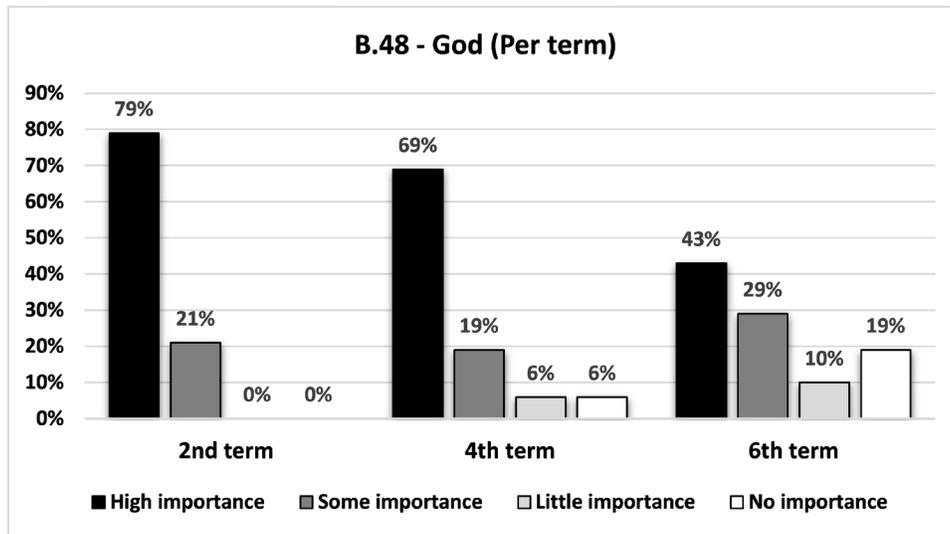


Figure 12. Responses of biology students in the 2nd, 4th and 6th terms to item B.48 (importance given to GOD in the evolution of species). A χ^2 test showed significant differences among the groups ($p < 0.05$).

Source: Survey data.

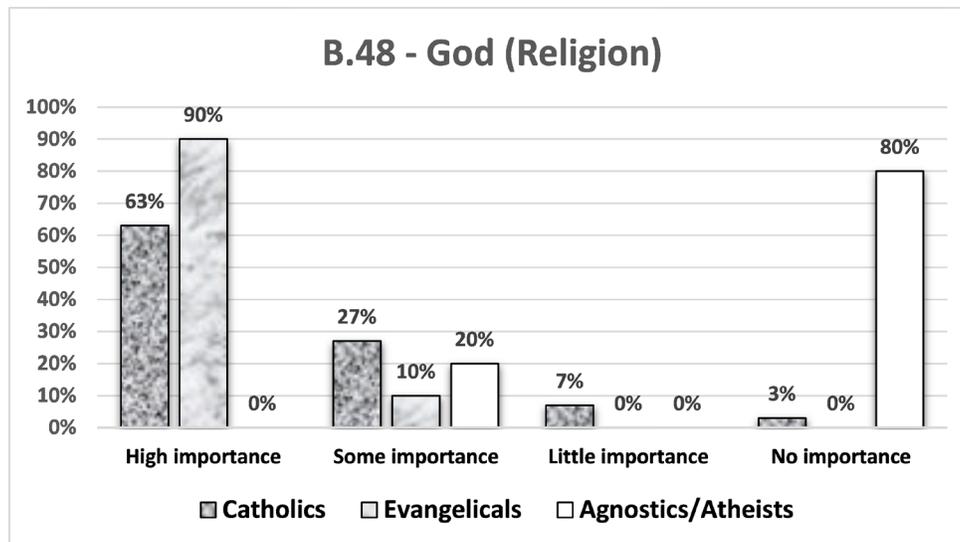


Figure 13. Responses of biology students, according to religion, to item B.48 ('importance given to God in the evolution of species').

Source: Survey data.

(Figure 13). By contrast, all Evangelicals (100%, 90% + 10%) and a very high percentage of Catholics (90.0%, 63% + 27%) assigned importance to the role of God in biological evolution.

The results showed that all Evangelical and most Catholic students accepted the influence of a divine figure in evolution, indicating that they were able to

integrate a mixture of concepts and elements participating in both religion and science. Therefore, these students would be categorised under *integration* category of Barbour (1990). However, it must be recognised that those Catholics who did express acceptance of the importance of God's role in evolution fall into the *independence* category.

3. Final Remarks and Conclusions

As expected, these results, taken together, showed, that the agnostic/atheist students assigned great importance to the role of chance (B.42) and natural selection (B.43) in evolution and did not grant significance to intelligent design (Question B.44) or God (Question B.48) in it. By contrast, Evangelicals and Catholics believe more strongly in the importance of intelligent design and God in evolution than in the importance of chance or natural selection.

Because most Catholics and Evangelicals reported believing in a mixture of concepts and elements from both religion and science, they fall into the category of *integration* in the schema developed by Barbour (1990). The religious students that do not accept the importance of intelligent design in evolution are assigned the Barbour category of *independence*.

This study analysed biology students that will become teachers in a short time. It is known that the religion of the teacher may interfere in the presentation of certain concepts in evolutionary theory, such as adaptation, common ancestry, chance and natural selection (Alexakos, Pierwola, 2013; Costa, Melo, Teixeira, 2011; Porto, Falcão, 2010). This is particularly relevant for those in the *integration* category, as they may teach the evolution process in a way that incorporates intelligent design. By contrast, the religious future teachers who were in the *independence* category should be able to easily teach evolutionary theory because they can separate religion from science.

No direct association has been established between the conceptions of a teacher to be about evolution and their teaching methods. Nevertheless, it is generally recognised that teachers experience challenges in approaching this topic in school (Oleques, Bartholomei-Santos, Boer, 2011; Valença, Falcão, 2012); thus, evolution, which is an integrative topic, must be reinforced and approached in a comprehensive manner in teacher-training courses for future biology instructors (Bizotto, Ghilardi-Lopes, Santos, 2016). Because the role of the teacher goes beyond teaching specific scientific contents, teachers can

use the topic of evolution to make students aware of the different social views and learn how to respect them, even if they do not agree with them.

This study of the students in the biology teacher-training course at the University Centre of Formiga, Minas Gerais, Brazil, indicated that it is essential to expand students' knowledge, opening their minds to a more scientific vision of the role of chance (B.42) and natural selection (B.43) in the biological evolution process. This is relevant to the future role that these students will play as teachers of biological evolution, which is required in the National Curricular Parameters of Brazil. As teachers, they can influence their students' construction of concepts related to evolution.

Due to the importance of biological evolution in the scientific context, it is crucial to carry out research in Brazil that supports the understanding of the perceptions of future teachers and in-service teachers, with the goal of improving the instruction of evolution and the avoidance of possible failures of the approach to evolution presented to students and, most importantly, to prevent any attempt to insert religious themes into science classes, including creationism and intelligent design.

References

- ABREU, H. **O Ensino da Evolução no Presente Uma Análise Crítica. Colóquio do Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa.** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa. 2007. Disponível em <http://cfcul.fc.ul.pt/coloquios/coloquio_criacionismo/coloquio_criacionismo.htm>. Acess: June 20, 2019
- ALEXAKOS, K.; PIERWOLA, A. Learning at the "boundaries": radical listening, creationism, and learning from the "other". **Cult. Stud. of Sci. Educ.**, Heidelberg, v. 8, pp. 39–49. 2013. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9470-7>
- ALMEIDA, D. F. de. Concepções de alunos do ensino médio sobre a origem das espécies. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, pp. 143-154. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000100009>

- AMARAL, J. A. Fatores que dificultam ou facilitam o ensino-aprendizagem de Evolução Biológica na visão de professores de Biologia em Mossoró/RN. In: IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN. *Anais do...* Rio Grande do Norte. pp. 1826 2013.
- ÁVILA, G. C. The edge of evolution: the search for the limits of darwinism. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 28, n. 56, pp. 593-596. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-01882008000200019>
- AYALA, F. J. **Darwin's gift to science and religion**. National Academies Press. Washington D. C., United States. 2007.
- AYALA, F. J. Scientific literacy and the teaching of evolution. **Ludus Vitalis**, Mexico D. F., v. 21, n. 39, pp. 231-237. 2016.
- AYALA, F. J. **A Origem da Humanidade e o seu futuro biológico**. Printer Portuguesa. Rio de Mouro: Portugal. 2017.
- BARBOUR, I. G. **Religion in an Age of Science**. Harper San Francisco. San Francisco: United States. 1990.
- BARBOUR, I. G. **Quando a ciência encontra a religião**. Editora Cultrix. São Paulo: Brasil. 2004.
- BEHE, M. J. **A caixa preta de Darwin: o desafio da bioquímica à teoria da evolução**. Jorge Zahar. Rio de Janeiro: Brasil. 1997.
- BISHOP, B. A.; ANDERSON, C. W. (1990). Student Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, n. 27, pp. 415-427. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- BIZOTTO, F. M.; GHILARDI-LOPES, N. P.; SANTO, M. N. A vida desconhecida das plantas: concepções de alunos do ensino superior sobre evolução e diversidade das plantas. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, Porto, v. 15, n. 3, pp. 394-411. 2016.
- CARNEIRO, A. P. N.; ROSA, V. L. Três aspectos da evolução: concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Jay Gould. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. *Atas...*, USP. São Paulo: Brasil. 2003.
- CARROL, S. B. **Infinitas formas de grande beleza: como a evolução forjou a grande quantidade de criaturas que habitam o nosso planeta**. Tradução de D. ALFARO. Jorge Zahar Ed. Rio de Janeiro: Brasil. 2006.
- CARVALHO, G. S.; CLÉMENT, P. Projecto 'Educação em Biologia, Educação para a Saúde e Educação Ambiental para uma melhor cidadania': análise de manuais escolares e concepções de professores de 19 países (europeus, africanos e do próximo oriente). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, pp. 1-21. 2007.
- COIMBRA, R. L.; SILVA, J. Ensino de evolução biológica e a necessidade de formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. pp. 1-12 Florianópolis. *Anais...* ABRAPEC. Florianópolis, Brasil. 2007.
- COSTA, H. A.; ANTUNES, F. Criacionismo e evolução: conflito cognitivo ou superação em biólogos com formação religiosa protestante? In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. pp. 1-20 Mato Grosso do Sul. *Anais...* ENEPEX. Mato Grosso do Sul. 2014.
- COSTA, L. O.; MELO, P. L. C.; TEXEIRA, F. M. Reflexões acerca das diferentes visões de alunos no ensino médio sobre a origem da diversidade biológica. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, pp. 115-128, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100008>
- DAWKINS, R. **O Relojoeiro Cego: A Teoria da Evolução, o Desígnio Divino**. Companhia das Letras. São Paulo: Brasil. 2001.
- DAWKINS, R. **Deus, um delírio**. Companhia das Letras. São Paulo: Brasil. 2007.
- DEMBSKI, W. A. **Intelligent Design: the bridge between science & theology**. Downers Grove: IVP Academic. Illinois: United States. 1999. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=Sd8I7U3ryKAC&printsec=front-cover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_mary_r&

- [cad=0#v=onepage&q&f=false](#)>. Acesso: 13 de agosto de 2015.
- DOBZHANSKY, T. **Genetic diversity and human equality**. Basic Books. New York: United States. 1973.
- ENGLER, S. Tipos de Criacionismos Cristãos. **Revista de Estudos da Religião**, São Paulo, v. 2, n. 7, pp. 83-107. 2007.
- FUTUYMA, D. J. **Evolução, ciência e sociedade**. Sociedade Brasileira de Genética. São Paulo: Brasil, 2002.
- GUERRIERO, S. A fé na ciência: o ensino da evolução e sua congruência aos sistemas de crenças. In: **XXII Reunião Brasileira de Antropologia**. Fórum de Pesquisa Venturas e Aventuras Religiosas. Brasília, DF, v. 15, 15-19 de julho, 2000.
- GOULD, S. J. **Pilares do Tempo. Ciência e religião na plenitude da vida**. Rocco. Rio de Janeiro: Brasil. 2002.
- LICATTI, F. (2005). O Ensino de Evolução Biológica no Ensino Médio: investigando concepções dos professores de Biologia. Bauru: UNESP. 240 f. Dissertação Mestrado em Educação para Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista–UNESP. São Paulo. 2005.
- LIPORINI, T. Q.; PERIOTTO, F. A Evolução Biológica na Ótica de Alunos do Ensino Médio. In: V Jornada das Licenciaturas da USP/IX Semana da Licenciatura em Ciências Exatas–SeLic. São Carlos. 2014.
- MADEIRA, A. Fé e evolução: a influência de crenças religiosas sobre a criação do homem na aprendizagem da teoria da evolução com alunos do 3º ano do ensino médio. 186p. Doutorado em Educação em PUC/SP. 2007.
- MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. Unesp. São Paulo: Brasil. 2005. <https://doi.org/10.7476/9788539302758>
- NORD, W. A. Science, religion and education. **Religion & Education**, Carolina do Norte, v. 26, n. 2, pp. 55-66. 1999. <https://doi.org/10.1080/15507394.1999.11000904>
- OLEQUES, L. C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L.; BOER, N. Evolução biológica: percepção dos professores de biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Porto, v. 10, n. 2, pp. 243-263. 2011.
- PADIAN, K; MATZKE, N. Darwin, Dover, 'Intelligent Design' and textbooks. **Biochemical Journal**, London v. 209, n. 417, pp. 29-42. 2009. <https://doi.org/10.1042/bj20081534>
- PACHECO, R. B. C.; OLIVEIRA, D. L. O homem evoluiu do macaco? Equívocos e distorções nos livros didáticos de Biologia. In: VI ENCONTRO DE PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA. 87p. São Paulo. *Anais...* FEUSP. São Paulo: Brasil. 1997.
- PENNOCK, R. T. Creationism and intelligent design. **Annual Review of Genomics and Human Genetics**, Salt Lake City, v. 4, n. 1, pp. 143-163. 2003. <https://doi.org/10.1146/annurev.genom.4.070802.110400>
- PEREIRA, H. M. R. Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica. 167f. Dissertação (Mestrado)–Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador. 2009.
- PIOLLI, A.; DIAS, S. **Escolas não dão destaque à Evolução biológica**. 2004. Disponível em: <http://www.comciencia.br/200407/reportagens/05_shtml>. Acesso em 19/09/2016.
- PORTO, P. R. DE A.; FALCÃO, E. B. M. Teorias da origem e evolução da vida: dilemas e desafios no ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, pp. 13-30. 2010. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120302>
- RIDLEY, M. **Evolution**. Blackwell. Malden, Massachusetts: United States. 2004.
- RODRIGUES, L. A.; CHAVES, S. N. Entre Dogmas: Criação e Evolução Fabricando Docência em Biologia. In: ATAS DO IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS–IX ENPEC. pp. 1-8 Águas de Lindóia, SP. 2013
- RODRIGUES, W. G.; CLEMENTINO, P. P. O ensino da teoria evolucionista na perspectiva dos professores de ciências da rede adventista de

- ensino. **Revista Formadores**, Cachoeira, v. 7, n. 3, pp. 5-27, 2014.
- RODRIGUES, W. G.; MOTTA, R. S. S. Relações entre ciência e religião na perspectiva dos professores da Faculdade Adventista de Fisioterapia (FAFIS). **Práxis Teológica**, Cachoeira, v. 11, n. 1, pp. 105-129 2011
- SANCHES, M. A.; DANILAS, S. Busca de harmonia entre religião e ciência no Brasil: Reflexões a partir do ano de Darwin. **Teocomunicação**, Porto Alegre, v. 42, n. 1, pp. 98-118 2012.
- SANCHES, M. A. O diálogo entre teologia e ciências naturais. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 31, n. 2, pp. 179-186 2007. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.200731.2.5>
- SANTOS, S.; BIZZO, N. O ensino e a aprendizagem de Evolução Biológica no cotidiano da sala de aula. In: VII ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA. Anais do VII Enc. Perspectivas do Ensino de biologia. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo: Brasil. 2000.
- SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C.N. Quando visões de mundo se encontram: religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em Ciências Biológicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, pp. 137-175. 2004. <https://doi.org/10.1093/0195161998.003.0003>
- SHANKS, N. **God, the devil, and Darwin: A critique of intelligent design theory**. Oxford University Press. Oxônia: Reino Unido. 2004.
- SILVA, H. M. Interview with Francisco J. Ayala. **Conexão Ciência (Online)**, Formiga, v. 11, n. 1, pp. 5-8. 2016.
- SILVA, H. M. Intelligent design endangers education. **Science**, New York, v. 357, n. 6354, pp. 880-880. 2017. <https://doi.org/10.1126/science.aao3245>
- SILVA, H. M.; ARAÚJO, E. S. N. N. DE.; GIBRAM, D. E.; CARVALHO, G. S. Conceptual change about evolution and origins of life throughout an undergraduate course of Biological Sciences. In: Proceedings of INTCESS 14-International Conference on Education and Social Science Proceedings. pp. 1249-1258. Istanbul: Turkey. 2014.
- SILVA, H. M.; MORTIMER, E. 'Rescuing Darwin' in Brazil 1. In: SILVA, I. (Ed.). **Latin American Perspectives on Science and Religion**. Pickering & Chatto. Oxford. The United Kingdom. 2014. pp. 97-108. <https://doi.org/10.4324/9781315653990-9>
- SOUZA, S. de. **A goleada de Darwin- sobre o debate criacionista/darwinismo**. Editora Record. Rio de Janeiro: Brazil. 2009.
- SOUZA, R. F.; MATSUO, T.; ZAIA, D. A. M. Evolucionismo X Criacionismo. **Revista Ciência Hoje**, v. 43, n. 256, pp. 36-45, janeiro/fevereiro. 2009.
- STAUB, T.; STRIEDER, D. M.; MEGLHIORATTI, F. A. Análise da Controvérsia entre Evolução Biológica e Crenças Pessoais em Docentes de um Curso de Ciências Biológicas. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires v. 10, n. 2, pp. 20-36 2015.
- VALENÇA, C. R.; FALCÃO, E. B. M. Teoria da evolução: Representação de professores-pesquisadores de biologia e suas relações com o Ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Porto, v. 11, n. 2, pp. 471-486. 2012.





O CONHECIMENTO DE FUTUROS PROFESSORES DE QUÍMICA SOBRE O PROCEDIMENTO LÓGICO DE DEFINIR CONCEITOS

THE KNOWLEDGE OF FUTURE TEACHERS OF CHEMISTRY ON THE LOGICAL PROCEDURE TO DEFINE CONCEPTS

EL CONOCIMIENTO DE FUTUROS PROFESORES DE QUÍMICA SOBRE EL PROCEDIMIENTO LÓGICO PARA DEFINIR CONCEPTOS

Isauro Beltrán Núñez* y Sandro Damião Ribeiro da Silva**

Cómo citar este artículo: Beltrán Núñez, I. y Silva, S.D.R. (2020). O conhecimento de futuros professores de química sobre o procedimento lógico de definir conceitos. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 322-338.

DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14143>

Resumo

Apresenta-se o resultado de uma pesquisa que teve como objetivo geral caracterizar o conhecimento de futuros professores de Química sobre *definir* como procedimento do pensamento lógico associado a conceitos e a sua formação na educação básica. Esta baseado nas ideias da teoria Histórico Cultural de L. S. Vigotsky e alguns de seus continuadores, tal como N. F. Talizina. Trata-se de um estudo exploratório no qual foi aplicada uma Prova Pedagógica a um grupo de 46 licenciandos em Química. Os resultados evidenciaram dificuldades dos licenciandos para *definir* o que é um conceito científico e sobre o procedimento de definir como habilidade lógica do pensamento. Por sua vez, nenhum explicitou de forma correta as operações que, segundo a lógica, configuram o referido procedimento. Essa situação deve ser considerada na formação inicial de professores de Química, pela importância de se ensinar a ensinar a pensar os estudantes da educação básica como parte da educação científica na Química.

Palavras-chave: formação de professores; procedimentos das ciências; educação científica.

Recebido: 26 de novembro de 2018; aprovado: 02 de julho de 2019

* Licenciado em Química pelo Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, La Habana, Cuba. Doutor em Educação pela Universidade de La Habana. Atualmente, é Professor Titular do Centro de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil. Correio eletrônico: isaurobeltran@yahoo.com.br

** Licenciado, Mestre e Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil. Correio eletrônico: sandrosilvausa@gmail.com

Abstract

This study presents the results of a research whose general objective was to characterize the knowledge of future chemistry teachers about *defining* as a procedure of logical thinking in relation to concepts and their training in basic education. It is based on the ideas of the cultural history theory of L. S. Vygotsky and some of his followers, such as N. F. Talizina. Additionally, it is an exploratory study in which a pedagogical test was applied to a group of 46 chemistry graduates. The results revealed the difficulties that chemistry graduates experience in identifying what a scientific concept is and the procedure of *defining* as a logical ability of thinking. None of the graduates correctly explained the operations that, according to the logic, configure the referred procedure. This situation should be considered in the initial training of chemistry teachers because it is important to guide teachers on how to teach the process of logical thinking to basic education students as part of scientific education in chemistry.

Keywords: teacher education; procedures; science education; logical thinking.

Resumen

Se presenta el resultado de una investigación que tuvo como objetivo general caracterizar el conocimiento de futuros profesores de química sobre *definir* el procedimiento del pensamiento lógico asociado a conceptos y su formación en la educación básica. Está basado en las ideas de la teoría histórico-cultural de L.S. Vigotski y algunos de sus continuadores, como N.F. Talizina. Se trata de un estudio exploratorio en el que se aplicó una *prueba pedagógica* a un grupo de 46 estudiantes de Licenciatura en Química. Los resultados evidenciaron dificultades para definir lo que es un *concepto científico* y el procedimiento de *definir* como habilidad lógica del pensamiento. Por su parte, ninguno de los futuros profesores explicitó de forma correcta las operaciones que, según la lógica, configuran el referido procedimiento. Esta situación debe ser considerada en la formación inicial de profesores de Química, por la importancia que tiene enseñar a enseñar a pensar a los estudiantes de la educación básica como parte de la educación científica en la química.

Palabras clave: formación de profesores; procedimientos de las ciencias; educación científica.

Introdução

Conforme Talízina (2009) tem destacado, os estudantes, nas aulas de ciências, devem ser ensinados a pensar, o que supõe também desenvolver neles procedimentos do pensamento lógico de forma tal a estimular a apropriação e a aplicação de conceitos científicos, além de potencializar o desenvolvimento da criatividade e, dessa forma, ajudar a superar aprendizagens memorísticas. O desenvolvimento do pensamento lógico permite refletir, de forma contextualizada, sobre os fenômenos da natureza, suas causas e consequências, estabelecer padrões de comportamento e resolver problemas, o que possibilita a compreensão dos fenômenos da natureza.

Diversos estudos mostram que as habilidades do pensamento lógico têm um papel essencial na aprendizagem das ciências. Os estudantes que desenvolvem um bom pensamento lógico têm melhores resultados em tarefas de solução de problemas e apresentam melhores desempenhos no estudo nessa área do conhecimento (Capizzo, Nuzzo, Zarccone, 2006).

Na opinião de Vigotsky (1987), os procedimentos lógicos atendem a requerimentos básicos para a assimilação de conceitos científicos, uma vez que estão vinculados aos fundamentos da estrutura da atividade de assimilação, que é executada de forma consciente e baseada em um sistema de ações e operações interligadas pelo motivo e pelo objetivo. Para o autor, esses procedimentos do pensamento que não são inatos, embora a capacidade de pensar se forme durante a vida, devem constituir objeto de ensino como via essencial para o desenvolvimento integral dos estudantes. Nos entendimentos de Galperin (1986) e Talízina (2009), faz-se necessária a inclusão dos procedimentos lógicos do pensamento como conteúdo do ensino, os quais devem ser objeto especial de aprendizagem consciente.

Talízina (1987) considera que o pensamento lógico pode permitir a construção de argumentos eficazes como resposta aos problemas, uma vez que a lógica e as habilidades do pensamento lógico são necessárias para se chegar a conclusões sólidas

na tomada de decisões e na solução de problemas diversos. O desenvolvimento do pensamento lógico nos estudantes é indispensável para a atividade independente, assim como para a organização da atividade intelectual. Por estarem presentes na atividade humana, em particular na atividade cognoscitiva, permitem o desenvolvimento do pensamento ativo, produtivo e independente, tudo o que se faz necessário à educação científica dos estudantes da educação básica (Núñez, 2018).

Estudos têm evidenciado dificuldades de aprendizagem de estudantes associadas aos procedimentos do pensamento lógico quando resolvem determinadas tarefas que são necessárias à aprendizagem das ciências (Ribeiro, 2008; Travieso, Hernández, 2017; Núñez, 2018). Uma das causas dessas dificuldades diz respeito ao professor não ter como finalidade explícita e consciente o desenvolvimento do pensamento lógico dos estudantes, muitas vezes em decorrência do desconhecimento de metodologias para esse propósito.

Os métodos e estratégias que professores usam no processo de ensino, na educação básica, geralmente, não promovem o desenvolvimento do pensamento lógico, e as habilidades lógicas não se formam conscientemente, e sim de forma espontânea. Essa situação se relaciona com dificuldades da escola básica e até da formação universitária em contribuir de forma explícita e consciente com o desenvolvimento dos procedimentos do pensamento lógico, como têm apontado Hernández, Gonzalez (2015); Ribeiro (2008); Travieso, Hernández, Cortizas (2016).

Travieso, Hernández, Cortizas (2016) trazem uma preocupação no que se referem ao fato de os processos de renovação dos currículos não prestarem a devida atenção à formação e ao desenvolvimento do pensamento lógico dos estudantes. E os professores, por sua vez, não aproveitam as possibilidades que as disciplinas de ciências oferecem para o desenvolvimento de atividades adequadas ao uso desses procedimentos do pensamento.

Dentre as habilidades do pensamento lógico, a definição de conceitos é de relevante importância na contribuição para a aprendizagem de conceitos

científicos com vistas ao desenvolvimento do pensamento dos estudantes nas aulas de ciências (Cutreta, Stepach, 2015). A definição de um conceito, a qual representa um “resumo” de processos de pesquisa científica, é uma etapa muito importante na ciência, e a definição de “novos conceitos científicos” contribui para o aperfeiçoamento das teorias científicas.

Na aprendizagem dos conceitos científicos, a definição pode ser considerada um momento inicial, uma vez que, como explica Talízina (2009), o conceito não deve ser transmitido de forma preparada aos estudantes. Estes devem, sob a orientação do professor, elaborar a definição do conceito pela interação com os objetos que a ele se relacionam. Dessa forma, a definição do conceito não é a finalidade do processo de formação dos conceitos na escola, e sim um primeiro momento desse processo, o que demanda seu uso consciente na solução de determinados problemas, ou seja, pensar usando a definição e não apenas reproduzi-la.

No entendimento de González (2009), a definição de conceitos é uma operação lógica presente e necessária na atividade científica e no ensino, porém existe um desconhecimento, por muitos estudantes e até por professores, das regras que garantem a sua correta aplicação, o que pode dificultar não só o desenvolvimento de habilidades lógicas, como também de um pensamento científico flexível e, conseqüentemente, criativo. Nesse mesmo sentido, Gavin, Matamoros, Escudero (2014) têm chamado a atenção. No entendimento de Buitrago, Mejía, Hernández (2013), a habilidade de definir conceitos está pouco desenvolvida nos estudantes devido ao fato de que os professores, geralmente no início de um tema, definem os conceitos científicos e impedem os estudantes de participar de forma ativa e criativa nesse processo.

A esse respeito, Talízina (2009 p. 79) argumenta:

Na escola, não se ensina ao estudante a estrutura lógica das definições. Ele simplesmente memoriza uma enorme quantidade de diferentes tipos de definições específicas. Se o estudante esquece algo na definição, não pode recuperá-lo pelo raciocínio lógico

por não conhecer a estrutura das definições e não dominar as regras de sua construção.

Segundo Talízina (2009 p. 271), “[...] a causa básica do formalismo na assimilação de conceitos está no fato de não se prestar atenção adequada à organização da atividade dos estudantes com as definições dos conceitos”.

Outra dificuldade, muito relacionada às práticas de ensino dos professores de ciências, é a tendência dos estudantes para copiar as definições de livros didáticos apenas como resposta às demandas do professor, sem considerar que podem ser úteis para aprender (Sanmarti, 2007a). Hernández (2005) e Raviolo (2008) avaliam que atividades que se desenvolvem com livros didáticos, geralmente, não contribuem com a aprendizagem de definições de conceitos. Segundo os autores, nos livros, por vezes, não aparecem as definições dos conceitos que se estudam, e, em outros, as definições aparecem de forma incompleta ou baseadas em características ou atributos não essenciais, de forma tal que não se estabelecem as relações necessárias com as estruturas lógicas dos conceitos.

A problemática exposta se reflete nos resultados de estudantes brasileiros em diferentes avaliações nacionais e internacionais. No caso do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), que, em 2012, mediu a capacidade de resolução de problemas mais elaborados de lógica e raciocínio, com participação de 44 países, o Brasil ficou na 38ª posição, sendo que menos de 2% dos estudantes brasileiros avaliados obtiveram desempenho máximo na solução dos problemas. Na avaliação de 2015, o Brasil teve uma queda nos resultados de Matemática e estagnou em relação às Ciências, cujos resultados também foram insatisfatórios (OCDE, 2015).

Por sua vez, os resultados do Índice de Desenvolvimento Educacional (IDEB) do ano de 2015 (INEP, 2018), que avalia a qualidade do sistema educacional, mostraram a continuidade de problemas de aprendizagens dos estudantes da educação básica. Essas dificuldades não são apenas de natureza cognoscitiva, uma vez que nelas incidem diversos

e complexos fatores. E é certo que o “como se ensina” tem um peso significativo nessa problemática.

Assim, essa é uma situação que demanda uma adequada formação de professores para que incorporem de forma inovadora, nas suas práticas de ensino, atividades que favoreçam o desenvolvimento das habilidades lógicas, dentre elas a definição de conceitos científicos na escola, segundo argumentam (Núñez, 2009) e González (2008). Como destacam Cervantes *et al.* (2001), a formação dos professores de ciências deve ensinar a ensinar, de forma consciente, essa habilidade do pensamento lógico.

É relevante também pesquisar fatores que possam aprofundar a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos estudantes no contexto escolar e os conhecimentos de professores para formar e desenvolver habilidades lógicas, dentre elas a definição de conceitos, de maneira a contribuir para a educação científica dos estudantes. Dessa forma, definimos o seguinte problema de pesquisa ou questão central: Qual é o conhecimento de futuros professores de Química sobre a definição de conceitos como procedimento do pensamento lógico?

Considerando o problema da pesquisa e a natureza do objeto de estudo, definem-se as seguintes questões de estudo:

- a. O que é, na opinião dos licenciandos, um conceito científico da Química?
- b. Qual o conhecimento dos futuros professores sobre o que é definir conceitos segundo a lógica?
- c. Que importância eles atribuem à definição de conceito na aprendizagem de Química?
- d. Qual conhecimento eles têm sobre o sistema de operações da ação *definir conceitos* segundo a lógica?
- e. Na opinião dos licenciandos, a formação inicial tem ensinado a definir conceitos?

1. O procedimento lógico *definir conceitos*

Na Didática Desenvolvimentista, como tendência pedagógica fundamentada na Teoria Histórico-Cultural

de L. S. Vigotsky e de seus continuadores, tal como N. F. Talizina, a escola é uma instituição responsável por orientar o desenvolvimento do pensamento dos estudantes, de sua personalidade integral, ao organizar o ensino que desenvolve. Ou seja, existe um compromisso com o desenvolvimento do pensamento lógico, nos níveis teórico e empírico, nos processos de apropriação dos conteúdos científicos escolares. Assim, devem-se promover nos estudantes níveis superiores, qualitativos e quantitativos dos pensamentos lógico e racional que permitam operar com abstrações e com operações do pensamento lógico, que fomentam níveis expressivos da criatividade.

O conceito é o elemento lógico central do pensamento, como reflexo, na consciência do homem, da essência dos objetos ou classes de objetos, dos nexos essenciais que os une, assim como das regularidades que caracterizam a dinâmica de sua formação. Os conceitos se fixam nas palavras, e, sendo o conceito uma representação mental, a definição representa seu reflexo verbal. O conceito científico é uma estrutura de pensar na qual se reflete que determinadas características são essenciais a determinada classe de objetos (González, 2009). O pensamento científico se realiza usando conceitos científicos, pelo que estes constituem reflexos dos nexos, das relações e propriedades essenciais dos objetos e fenômenos da realidade, reflexo que se enriquece com as práticas históricas e sociais, com os resultados do desenvolvimento da ciência. Por isso, a importância da aprendizagem de conceitos científicos no contexto escolar.

Petrovski (1986) entende o pensamento como o reflexo, na mente do homem, dos objetos, fenômenos e processos do mundo material e ideal, de suas propriedades, suas relações e seus nexos. No pensamento, a realidade é captada, reproduzida, recriada e apreendida e, dessa forma, são elaboradas não só as imagens mentais, mas também as estruturas teórico-conceituais que dela derivam e que permitem a compreensão da realidade e das bases para sua transformação.

Para Núñez (2018), pensar de forma lógica implica habilidades intelectuais para: a) dispor de

uma orientação com base nas qualidades essenciais dos objetos e fenômenos; b) construir ações em correspondência com as leis da lógica; e c) usar operações lógicas na solução de situações problemas de forma consciente. Talízina (2009) entende por habilidade (ou procedimento) lógica ou do pensamento o conteúdo das ações do intelecto humano que se desenvolvem no processo de conhecimento. Estas se realizam mediante as operações lógicas e devem ser formadas e desenvolvidas (se ter domínio delas) ao longo da educação no contexto escolar.

As habilidades lógicas contribuem para a assimilação dos conceitos das disciplinas e são essenciais para o desenvolvimento do pensamento lógico na aprendizagem no contexto escolar e na vida (Talízina, 2000). São habilidades que, como ações, estão formadas por operações que também são lógicas e operam com conceitos, juízos e raciocínios.

As operações lógicas do pensamento são processos que se orientam pelas leis da lógica e dirigem o sujeito à compreensão da realidade. São a base do pensamento do novo e criativo. Como explica Rubinstein (1967), o pensamento não pode ser reduzido à simples aplicação do que já se sabe, mas deve fundamentar-se na busca do que se desconhece, como um processo para se chegar a novos conhecimentos. As operações lógicas, no entendimento de Talízina (2009), têm um caráter geral e são independentes dos conteúdos específicos das disciplinas, embora se realizem com uns ou outros conteúdos específicos.

No entendimento de Talízina (2001), a definição de conceitos é uma das habilidades lógicas mais importantes do pensamento, pois outras habilidades baseadas em conceitos dependem dela. Por outro lado, é uma das vias para a formação do pensamento teórico, a qual expressa um nível de desenvolvimento intelectual que permite pensar com conceitos científicos, refletindo a essência da classe de objeto em questão, a qual se expressa na definição do conceito. Definir conceitos é um processo lógico pelo qual a mente humana elabora novas generalizações que são a base do pensamento.

A definição de conceitos tem sido estudada sob diferentes perspectivas, todas associadas aos processos de pensamento: como habilidade cognitiva (Resnick, 1999; Sfard, 2008), como habilidade cognitivo-linguística (Jorbas, 2000; Sanmarti, 2007b) e como habilidade lógica (Galperin, 1986; López, 1990; Talízina, 2001). A definição de conceitos corresponde a um processo de categorização e de organização da realidade que, nas ciências naturais, possibilita organizar os objetos em classes e dar sentido à referida classe, diferenciando-a de outras, o que é essencial na produção do conhecimento científico.

Sanmarti (2002 p. 246) considera que definir um conceito “é descrever expressando as características essenciais, suficientes e necessárias para que aquilo seja o que é e não outra coisa. A definição é, de fato, um texto descritivo e afirmativo, no qual não há dúvidas nem incertezas”. Nesse processo, especifica-se o significado de uma dada classe de objetos pela descrição das características de uma unidade léxica.

Para López (1990), definir é expressar as características essenciais, necessárias e suficientes de um conceito para que seja o que é, e não outra coisa. Jorbas (2000 p. 36) considera que definir é: “Expressar as características necessárias e suficientes para que o conceito não possa ser confundido com outro, o que se realiza com a ajuda de outros termos que se supõem conhecidos”. González (2009) entende definir como uma resposta à pergunta “O que é isto?”, que tem como finalidade fixar de forma clara e com exatidão o significado que se deseja conhecer pela definição. A definição como operação lógica revela o conteúdo do conceito, ou seja, a intenção, que diz respeito às características essenciais dos objetos ou fenômenos que se refletem nele. É uma operação lógica na qual, a partir de um conceito, obtém-se um novo conceito, com ajuda do qual se expressa o conteúdo do conceito inicial (González, 2009). A definição nas ciências responde à necessidade da comunicação científica de novos conhecimentos que se expressam na forma de conceitos científicos e não deve ser confundida com o discurso cotidiano.

Segundo Kopnin (1993), os conceitos não existem à margem das definições. No entendimento da lógica, se do conceito não existe uma definição, resulta difícil falar de sua existência ainda que se identifique uma palavra que expresse o conceito.

Ao diferenciar definição de conceito sob as perspectivas das lógicas formal e dialética, aponta-se como uma limitação da primeira o fato de se prestar atenção principalmente à correção formal, na busca da garantia de que os erros não afetem a revelação do conteúdo do conceito sem que se expresse a essência deste. Por sua vez, a lógica dialética aponta para um conjunto de exigências que se agregam à lógica formal a fim de que se realize o procedimento lógico de forma dialética (González, 2009). Dentre essas exigências da definição na lógica dialética, destacam-se:

- a. Olhar o objeto sob todos os pontos de vista, em toda sua riqueza e multiplicidade.
- b. Considerar o enfoque histórico na análise do objeto em questão.
- c. Incluir a prática humana como critério de veracidade.

É importante destacar que, na Teoria Histórico-Cultural, os fundamentos lógico-gnosiológicos da formação de conceitos científicos (escolares) na escola ancoram-se no enfoque lógico-dialético da compreensão do que seja um conceito, e se assume a definição como um dos procedimentos do pensamento lógico possível para a sua formação. Dessa forma, esse processo exige o uso consciente, reflexivo e sob o controle deliberado pelos estudantes das características essenciais que entram na definição na solução de situações-problema, o que, no entendimento de Vigotsky (1997), favorece o desenvolvimento das funções psicológicas superiores e, conseqüentemente, o pensamento teórico dos estudantes.

Talízina (2001) destaca que uma habilidade lógica não se forma isoladamente. No processo de apropriação e aplicação do conteúdo, cada habilidade lógica se relaciona com outras habilidades, como um

sistema. A definição de conceitos é uma habilidade que se relaciona, entre outras, com as habilidades de classificar, comparar, hierarquizar, identificar, determinar o essencial, generalizar e abstrair.

É importante assinalar que nem sempre é possível definir um conceito de forma lógica. Como explica Hernández (2005), em determinadas situações, até para a ciência, é difícil elaborar um conceito bem delimitado. O autor enfatiza a complexidade e o caráter não definitivo de um conceito, assim como o ato inadequado de o professor simplificar didaticamente a definição do conceito para facilitar a aprendizagem do estudante.

Reconhecemos a multiplicidade de sentidos que podem ser atribuídos à definição como um procedimento ou habilidade do pensamento. Não obstante, as reflexões teóricas anteriores baseadas em ideias de Teoria Histórico-Cultural constituem o quadro de referência para a elaboração da metodologia e para dar sentido aos dados do estudo, considerando a importância deste na pesquisa educacional, segundo apontam Cerezal, Fiallo (2010). Dessa forma, assume-se a relatividade dos resultados da pesquisa, uma vez que estes são referenciados em um dado marco teórico, o que não exclui outras interpretações.

2. Contexto e participantes no estudo

A pesquisa foi realizada no contexto da formação inicial de professores de Química, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil, no ano de 2017, durante a disciplina Estágio Supervisionado de Ensino de Química I. Participaram do estudo 46 estudantes do referido curso de licenciatura em Química, sendo 58,8% de sexo masculino e 41,2% do feminino. A idade média foi de 23,4 anos. A maioria não tinha experiência alguma com a atividade de ensino na escola, e todos já tinham cursado as disciplinas básicas dos saberes disciplinares da Química, assim como as que correspondem aos saberes de natureza didático-pedagógica da formação. Para as análises dos resultados, os licenciandos foram identificados pelo código L seguido de um número de ordem.

3. Metodologia do estudo

A metodologia combina as análises qualitativa e quantitativa dos dados. Isso significa, entre outros aspectos, que as análises de dados quantitativos e a procura de seus sentidos foram realizadas com base em um dado marco teórico definido, neste caso, a lógica e as habilidades lógicas do pensamento. Esses dois enfoques se integram e se complementam.

O estudo do conhecimento docente pode ser realizado sob diferentes perspectivas: a análise de seu conteúdo e o processo de sua construção nas condições de sua produção e aplicação. Neste caso, centramos a atenção no primeiro, para o qual foi usada uma prova pedagógica (Núñez, 2018). Esse tipo de prova permite caracterizar o conhecimento dos futuros professores sob uma determinada demanda cognoscitiva, neste caso, o nível de conhecimento da definição de conceitos como operação lógica do pensamento. A prova pedagógica foi elaborada levando em conta os objetivos e o marco teórico adaptado na pesquisa. As perguntas da prova, que são objeto de análise neste trabalho, encontram-se no plano de prova apresentado no Quadro 1.

A prova como um todo foi convenientemente validada por um especialista da área. A validação procurou a correspondência das questões da prova pedagógica com os objetivos definidos, assim como com a sua possibilidade de captar o conhecimento dos licenciandos sobre o objeto em estudo ao integrarem os conteúdos analisados na construção de uma resposta ao problema da pesquisa.

4. Organização e tratamento dos dados

As respostas às questões da prova pedagógica foram organizadas numa base de dados do Excel. Esses dados foram tratados usando o *software* Modalisa 3,5, que permite a organização dos dados para as análises qualitativa e quantitativa. Para a organização da informação, foi usado o método estatístico descritivo, com apresentação na forma de tabelas de frequência de categorias.

As respostas às questões abertas foram analisadas segundo a metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin (2011), o que possibilitou a elaboração de categorias empíricas, ou unidades de sentidos, referentes às questões que procuramos responder

Quadro 1. Plano da Prova Pedagógica.

OBJETIVOS	QUESTÕES
Identificar o que é um conceito científico da Química para os licenciandos.	Q1- O que é um conceito científico na Química?
Caracterizar o conhecimento sobre o que é definir conceito (modelo do objeto) segundo a lógica.	Q2 - O que é definir um conceito científico no contexto escolar segundo a lógica? Q3 - Definir um conceito científico. Explicar porque se trata de um conceito científico.
Caracterizar a importância que se atribui à aprendizagem da definição de conceito Químico.	Q4. Qual importância você atribui à aprendizagem do procedimento lógico <i>definir conceitos</i> nas aulas de química?
Caracterizar o sistema de operações (modelo da ação) da definição de conceitos	Q5 - Quais são as operações, ou passos, que devem ser realizadas para definir um conceito segundo a lógica?
Conhecer a opinião dos licenciandos sobre o estudo da definição de conceitos na formação.	Q6 - Durante sua formação universitária, o assunto de como se definem conceitos científicos foi estudado em alguma disciplina? Sim ____ Não ____ Justificativa.

Fonte: pesquisa de dados.

sobre o conhecimento dos licenciandos. Por sua vez, as análises dos conceitos definidos pelos licenciandos foram realizadas segundo os seguintes critérios: a) ser ou não uma definição de um conceito; b) o conteúdo do conceito; e c) a estrutura lógica do conceito.

Toda habilidade, incluindo as habilidades lógicas, apresenta uma estrutura formada por operações que se concatenam num processo contínuo, determinado pela sua estrutura funcional. Dessa forma, faz-se necessário estabelecer o sistema de operações que formam a estrutura da definição de conceito, o que Núñez (2009) chama de invariante funcional. No caso da definição de conceito, e como resultado das análises e várias estruturas apontadas pelos autores Jorbas (2000), López (1990), e Núñez, Ramalho (2017), determinou-se a invariante da ação, conforme mostrada no Quadro 2.

Essa determinação foi instituída como referência de análise das respostas dos licenciandos à questão 5 da prova pedagógica, para as quais se estabeleceram, na análise de cada operação, as categorias: Correta (C), Parcialmente Correta (PC), Incorreta (I) ou Ausente (A).

Para garantir confiabilidade ao processo de análise dos dados, as categorias foram estabelecidas pelos pesquisadores num processo de negociação de sentidos estabelecidos segundo critérios de análises previamente definidos, obedecendo à orientação de Cerezal, Fiallo (2010).

5. O conhecimento dos licenciandos sobre definir conceitos como procedimento lógico

Na educação científica nas aulas de Química, os estudantes devem aprender a pensar de forma lógica e crítica para desenvolverem explicações, criar modelos usando evidências e resolver problemas que exigem dos conteúdos dessa disciplina. Também devem aprender a conceitualizar e definir conceitos, como atividades da ciência, conforme tem apontado Garritz (2010). Por isso a importância de os professores terem um adequado conhecimento sobre processos do pensamento lógico dos estudantes.

A discussão dos resultados se organiza segundo as questões de estudo, com a finalidade de poder responder a pergunta problema que se instrumentaliza em cada uma delas. Dessa forma, é possível caracterizar o conhecimento de futuros professores de Química sobre a definição de conceito como uma habilidade do pensamento lógico. Esse conhecimento é relevante para a atividade de ensino que contribua com o desenvolvimento do pensamento dos estudantes, e, conseqüentemente, com sua educação científica.

Uma vez que o procedimento *definir conceito* se refere a conceitos, procurou-se conhecer a compreensão dos licenciandos sobre o que é um conceito científico da Química. Na Tabela 1, são apresentadas as categorias empíricas das análises de conteúdo das respostas à primeira questão da prova pedagógica.

Quadro 2. Invariante funcional da habilidade definir conceito.

INVARIANTE FUNCIONAL (SISTEMA DE OPERAÇÕES)
01. Determinar o conceito mais geral do qual o conceito a definir é um subconjunto.
02. Determinar conceito da mesma ordem ou hierarquia.
03. Identificar as características do objeto, do fenômeno ou da classe de questão.
04. Selecionar as propriedades necessárias, as quais não podem mudar ou não estarem presentes.
05. Selecionar as propriedades suficientes.
06. Determinar o sistema de características necessárias e suficientes (conteúdo do conceito).
07. Determinar a estrutura lógica do conceito.
08. Escrever um texto com a definição do conceito.

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 1. Porcentagem de licenciandos nas categorias de resposta “o que é um conceito científico da Química”.

Categorias de resposta	% de respostas
Permite explicar, fundamentar, aplicar um fenômeno	23,9
Definição de algo, de um assunto	38,7
Conjunto de palavras, de ideias para dar significado a um conteúdo	17,3
Descrição das características de um fenômeno, objetivo ou processo	8,6
Modelo para estudar o conteúdo	4,3
Caracterização lógica de algo	2,1
É uma teoria	6,5

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 2. Porcentagem de licenciandos nas categorias de resposta “o que é um conceito científico da Química”.

Categorias	% de respostas
Fazer observações, estudos experimentais	13
Falar sobre um assunto de forma clara	45,6
Criar propriedades, dizer como algo funciona	6,5
Expressar algo através de palavras, fórmulas ou equações matemáticas	04
Mostrar o conteúdo a ser abordado, mostrar significado	8,6
Atribuir detalhes e características particulares de algo que se deseja identificar	8,6
Obter uma descrição que seja a mais geral possível para um fenômeno	8,6
Expressar o que é um conceito. Explicar.	17,2

Fonte: dados da pesquisa.

A maior porcentagem de respostas (38,7%) se refere ao conceito como a definição de algo, de um assunto. Isso revela certa confusão do conceito enquanto representação com o processo de sua definição. Essa confusão, de considerar o conceito como sua definição, tem sido constatada em vários estudos, como os de Núñez (2018); Travieso, Hernández, Cortizas (2016). Como se explica na lógica, enquanto o conceito é a representação mental da classe de objeto, levando em conta o essencial, a definição é o seu reflexo verbal, conforme aponta González (2008).

Nas respostas dos licenciandos, não se revelam aspectos importantes do que é um conceito científico, tais como ser uma representação mental, referida a uma dada classe de objetos, daí ser uma generalização na qual se consideram as características

essenciais da classe de objetos ou fenômenos em questão. Esse é um conhecimento que, no sentido da lógica, fundamenta os procedimentos lógicos que se baseiam em conceitos.

O objetivo da segunda questão da prova era indagar sobre o conhecimento dos licenciandos em relação ao modelo do objeto da ação *definir* (o que é definir um conceito). A definição de conceitos corresponde a um processo de categorização da realidade, que, nas ciências naturais, possibilita organizar em classes e dar sentido à referida classe, diferenciando-a de outras, o que é essencial na produção de conhecimento científico. As respostas a essa pergunta foram categorizadas para estabelecer unidades de sentidos. Esses resultados são apresentados na Tabela 2.

Uma observação das categorias de respostas apresentadas na tabela evidencia dificuldades dos licenciandos para definir o que é “definir um conceito segundo a lógica”. Há um predomínio da definição de um conceito como “falar sobre um assunto de forma clara” (45,6%) e, em menor número, relacionar a definição com observações e estudos experimentais (13,02%). Em nenhuma das respostas se explicita a definição com um procedimento ou habilidade lógica do pensamento na qual se expressam as características necessárias e suficientes para uma classe de objetos ou fenômenos, que permite diferenciá-lo de outros, como apontam autores como Sanmarti (2002) e González (2009). Respostas dos licenciandos a esse respeito são exemplificadas a seguir.

- L8. Conseguir expressar através das próprias palavras o que tal conceito/definição sobre determinado assunto, sem que ocorra contradição a forma como foi expresso/exposto pela comunidade científica.
- L11. Definir conceito é expressar através de palavras expressões ou equações matemáticas, o que deseja se definir.
- L23. Definir um conceito é atribuir detalhes e características particulares de algo que se deseja identificar.
- L31. Definir um conceito é demonstrar o que ele é de fato, explicar a sua aplicação e importância, como também demonstrar todas as informações que o constitui.

Nas respostas, não se faz referência à estrutura lógica dos conceitos, aspecto importante da definição. Essas mesmas dificuldades foram encontradas nos estudos de Cubbello (1993), e resultado nesse mesmo sentido tem sido apontado por Travieso, Hernández, Cortizas (2016) ao se referirem às dificuldades de estudantes universitários em relação ao procedimento definição como operação lógica do pensamento.

Na pergunta 3 da prova, os licenciandos deveriam definir conceitos da Química e justificar

porque se tratava de uma definição. Nesse sentido, procurou-se uma melhor compreensão do que significa para eles *definir um conceito*. As análises das respostas mostram que 65,2% definem um conceito científico, enquanto 34,8% apresentam respostas que não respondem à demanda da pergunta, como se apresenta na Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de licenciandos segundo as categorias para a definição do conceito.

Categorias	Quantidade em %
Define um conceito	65,2
Não define um conceito	34,8

Fonte: dados da pesquisa.

Os conceitos definidos respondem às exigências da lógica para esse procedimento, ou seja, expressam-se em termos das características necessárias e suficientes e segundo uma estrutura lógica determinada. No caso das não definições de conceitos, constatou-se que as respostas se referem a leis ou princípios da Química, como nos casos do princípio da conservação da energia, o de incerteza, a primeira lei da termodinâmica.

As definições de conceitos que mais apareceram foram o de ácido de Arrhenius, o de base de Arrhenius, o de ligação química, o de átomo e o de reação química. Todos de forma similar a como se apresentam, no geral, nos livros didáticos.

Ao justificar por que a definição de conceito corresponde ao esperado, as respostas dos licenciandos não evidenciaram diferenças que mostrassem um adequado conhecimento do que é, no sentido de modelo do objeto, a referida habilidade lógica. As respostas categorizadas são apresentadas na Tabela 4.

Constata-se, nas respostas, a ausência de conhecimento em relação ao estabelecido pela lógica para definir conceitos. Ou seja, não se faz referência às características essenciais da classe de objetos que pertencem ao conceito, segundo uma dada estrutura discursiva estabelecida pela lógica. As justificativas dadas foram que o conceito citado se trata de uma

Tabela 4. Porcentagem de licenciados segundo a justificativa de por que se trata de uma definição de conceito.

Categorias	Quantidade em %
Simplifica, restringe ou sintetiza em uma característica várias formas ou processos.	6,6
Pois expressa uma dada compreensão.	30,0
Baseia-se na empiria.	20,0
Algo provado e aceito.	23,3
Ajuda a reconhecer o objeto.	6,6
Não deixa dúvidas.	3,2
Define de forma objetiva.	08
É um ponto de vista.	10,0
Caracteriza um fenômeno explicando o que é.	3,2

Fonte: dados da pesquisa.

definição por expressar uma dada compreensão (30,02%), por se tratar de algo provado e aceito (23,32%) e por se basear na empiria (20,02%), fundamentalmente. Esses conhecimentos dos futuros professores podem estar associados a algo para o qual chamam atenção Cutrera, Stepach (2015) quando afirmam que, nas práticas de ensino, a definição geralmente é apresentada como um texto no qual predomina o implícito, o que dificulta a tomada de consciência de seu sentido.

Outra dimensão usada para caracterizar o conhecimento dos licenciandos foi o conteúdo dos conceitos definidos. Ou seja, o número de características necessárias e suficientes que entram na definição do conceito, o que pode se ver indicados na complexidade do conceito em questão. Em 45,6% das definições apresentadas, o conteúdo diz respeito a duas características, enquanto para 44,4% foram três características. Em nenhuma das definições, apareceram mais de três características, o que se mostra na Tabela 5.

Tabela 5. Porcentagem de licenciandos segundo o conteúdo da definição.

Categorias	Quantidade em %
2 características na definição	45,6
3 características na definição	44,4
Mais de 3 características na definição	0

Fonte: dados da pesquisa.

O conhecimento da estrutura lógica do conceito é essencial no que diz respeito à sua correta definição. Para caracterizar esse conhecimento, foi realizada uma análise das definições apresentadas pelos licenciandos. Os conceitos definidos pelos 30 licenciandos apresentam, na sua maioria (93,7%), uma estrutura lógica conjuntiva, ou seja, as características necessárias e suficientes se unem pela conjunção “e”, enquanto, para 6,7%, as definições têm estrutura conjuntiva/disjuntiva, como se apresenta na Tabela 6.

Tabela 6. Porcentagem de licenciandos segundo a estrutura lógica de definição.

Categorias	Quantidade em %
Definição de estrutura conjuntiva	93,3
Definição de estrutura disjuntiva	0
Definição de estrutura conjuntiva/disjuntiva	6,7

Fonte: dados da pesquisa.

Três exemplos dessa situação se encontram nas respostas dos licenciandos L12, L17 e L21.

L12. A cinética química é a ciência que estuda a velocidade das reações químicas.

L17. Ácido de Arrhenius. Um ácido é uma substância capaz de aumentar a concentração do ion H⁺ no meio aquoso.

L 21. Ligações químicas: são interações estabelecidas entre dois ou mais átomos para formarem

moléculas, ou no caso de ligações iônicas ou metálicas agregados atômicos organizados de forma a constituírem a estrutura básica de uma substância.

Nesses exemplos, observa-se uma característica comum às respostas: o esforço por definições claras, precisas, isentas de ambiguidades. Na opinião de Hernández (2005), faz-se necessário esse esforço no processo de definir conceitos como parte do pensamento lógico.

A importância que os licenciandos atribuem a um determinado conteúdo é um dado capaz de revelar elementos que podem estar implícita ou explicitamente orientando suas atividades de ensino. Na prova pedagógica, na questão de número 4, esse conhecimento é avaliado. As respostas categorizadas para essa questão se mostram na Tabela 7.

Uma análise da tabela permite afirmar que a maioria das respostas se relaciona com a dimensão cognoscitiva, enquanto processo para se aprender. Nesse sentido, referem-se à importância para a compreensão ou domínio do conteúdo (50,0%) e à importância para facilitar a aprendizagem (15,2%). Não se observaram respostas sobre a importância da definição como procedimento lógico do pensamento, relevante à aprendizagem de conceito da Química e, conseqüentemente, para o desenvolvimento do

pensamento dos estudantes, o que é essencial na atividade de ensino e aprendizagem dos conceitos nas aulas de Química. Por sua vez, tampouco se referem à definição dos conceitos como necessária para a formação e o desenvolvimento de outras habilidades lógicas, entre elas identificar, comparar e classificar, necessárias às atividades de aprender e saber Química no contexto escolar.

Os procedimentos lógicos determinam configurações de estruturas do pensamento que permitem ao sujeito, a partir da apropriação das operações que formam parte de cada um deles no nível consciente, usá-los na solução de tarefas e situações-problema. Conseqüentemente, para poder ensinar o procedimento de definir conceitos, os professores devem ter domínio da estrutura do sistema de operações deste.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados das respostas à questão 5 da prova. Como se observa, nenhum licenciando consegue explicitar alguma das operações esperadas no modelo da ação apresentado como referência da invariante operacional da ação, segundo as informações do Quadro 2, que diz respeito a como se define um conceito no contexto escolar segundo a lógica. Isso revela um dado desconhecimento da estrutura operacional da ação, que é importante para poder ser ensinada de forma consciente.

Tabela 7. Porcentagem de licenciandos nas categorias de resposta para a importância da aprendizagem da definição de conceito.

Categorias de resposta	Quantidade
Permite a compreensão, o domínio dos conteúdos	50,0
Ajuda os estudantes a descrever ou caracterizar os fenômenos	8,6
O conceito rege a prática	8,6
Ajuda na lembrança dos conteúdos	2,7
Para facilitar a aprendizagem	15,2
Facilitar a comunicação	4,3
Para desenvolver o pensamento científico dos estudantes	6,2

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 8. Porcentagem de licenciandos segundo as operações do modelo da ação.

Operação	Correto	Parcialmente Correto	Incorreto	Ausente
01	0	0	0	100
02	0	0	0	100
03	0	0	0	100
04	0	0	0	100
05	0	0	0	100
06	0	0	0	100
07	0	0	0	100
08	0	0	0	100

Fonte: dados da pesquisa.

Uma vez que a análise foi realizada em relação ao modelo de ação definido, fez-se necessária uma análise das respostas a fim de se estabelecerem categorias empíricas que revelassem não só as ausências como também o conteúdo das respostas em relação ao conhecimento que se avalia na questão da prova, e no qual se estabelece a invariante do sistema de operações, segundo a lógica. Uma análise desse tipo mostrou que 67,3% dos licenciandos consideram as etapas do trabalho experimental, iniciando pela observação, como os passos necessários à definição lógica de um conceito. Essa situação se mostra nas respostas seguintes.

- L8. 1. Ideias anteriores sobre o assunto a ser conceituado; 2. Observações e experimentos do fenômeno; 3. Levantamento de hipóteses e teorias; 4. Reuniões para consenso com outros profissionais da área; 5. Formulação de um conceito geral.
- L35. 1. Observar um fenômeno ou objeto, verificando suas peculiaridades; 2. Compará-lo com outros semelhantes e observar o que os diferencia; 3. Descrever as características relacionadas ao objeto de estudo.
- L43. Por meio do método científico onde primeiramente deve ser feito a detecção do fenômeno qual seja conceituar. Após detecção e identificação, fazer a observação de conceitos pré-existentes que podem explicar determinado fenômeno. Realizar por fim a caracterização da sua percepção sobre o fenômeno, definindo-o cientificamente.

A atividade experimental pode ser parte do processo de elaboração de conceitos nas ciências, como se evidencia nos exemplos de respostas. Não obstante, não se referem à dimensão lógica da definição, no sentido de proceder a busca do essencial que caracteriza a classe em questão e sua expressão no discurso da ciência e da lógica.

Esses resultados apontam para a possibilidade de os estudos universitários não ensinarem de forma consciente, para que os estudantes aprendam a definir conceitos segundo a lógica, como também foi demonstrada na pesquisa Cervantes *et al.* (2001).

Na pergunta 6 da prova pedagógica, quando questionados se, na formação universitária, a temática da definição de conceitos científicos foi estudada em alguma disciplina, 76,1% responderam de forma negativa, conforme a Tabela 9.

Tabela 9. Porcentagem de licenciandos para as respostas à pergunta se durante a formação universitária estudou como definir conceitos em Química.

Categorias de resposta	Quantidade em %
Sim	23,9
Não	76,1
Total	100

Fonte: dados da pesquisa.

Esses dados podem indicar que, no geral, há pouca preocupação na formação desses futuros professores em relação ao conhecimento necessário para

favorecer o pensamento lógico dos estudantes como via para a aprendizagem de conceitos científicos, considerando a perspectiva teórica adotada neste trabalho, a qual consideramos como um conhecimento teórico importante à profissionalização do ensino de Química na educação básica.

Entre as justificativas, algumas, apresentadas a seguir enfatizam a opinião dos licenciandos a respeito.

L8. No curso de Química Licenciatura nós somos apresentados a vários conceitos, mas, geralmente, é apenas isso (no sentido de que não aprendemos, normalmente, o cerne do "que é um conceito?").

L16. Talvez os programas/professores entendam que o "conceito de conceito" seja dominado por todos ou mesmo a capacidade de defini-los. Ainda, talvez os próprios professores não dominem.

L28. Ao longo da minha formação, infelizmente, nenhuma disciplina abordou o que são conceitos.

Os que responderam de forma afirmativa expressam que não foi estudado de forma explícita como elaborar definições, e, sim, discutida a questão dos conceitos científicos na aprendizagem dos estudantes.

6. Conclusões e consequências para a formação

O domínio das operações lógicas do pensamento é indispensável para o desenvolvimento intelectual dos estudantes, uma vez que contribui para a aprendizagem das ciências, o que potencializa o desenvolvimento integral dos estudantes para ensinar a pensar, a tomar decisões, a argumentar as decisões, a definir, a comparar, entre outros. O conhecimento adequado dos licenciandos sobre os procedimentos lógicos e processos de sua formação é essencial para se contribuir com o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes.

A escola é uma instituição responsável pelo desenvolvimento do pensamento dos estudantes, de suas capacidades e habilidades e de sua personalidade

integral, o que está relacionado também, com o desenvolvimento do pensamento lógico. Desse modo, exige do professor uma adequada formação.

Embora a definição seja uma habilidade lógica relevante na formação e no desenvolvimento de conceitos científicos na educação científica dos estudantes da educação básica, e seu conhecimento essencial para o professor, o estudo revelou dificuldades dos futuros professores de Química em relação ao domínio desse procedimento de pensamento lógico.

No geral, nas respostas dos licenciandos às perguntas da prova pedagógica, verificou-se que eles:

- não têm clareza do que seja um conceito científico segundo a lógica, uma vez que não expressam suas características necessárias e suficientes, o que, sem dúvida, interfere na própria compreensão dos processos lógicos baseados em conceitos;
- não têm um domínio adequado do que seja *definir um conceito segundo a lógica*;
- não têm um domínio das operações lógicas que integram a habilidade *definir conceitos*;
- manifestam, na sua maioria, não terem estudado, na sua formação inicial, o que é *definir conceitos científicos* nem como se definem os conceitos.

Vale salientar que a escola da educação básica presta pouca atenção à formação e ao desenvolvimento do pensamento lógico dos estudantes, o que se traduz, nessa mesma situação, na formação de professores de ciências, como têm apontado os estudos de Ribeiro (2008), Travieso, Hernández, Cortizas (2016) e (Núñez, 2018).

Os resultados que coincidem com os de outros estudos sobre o domínio de futuros professores sobre o conhecimento do procedimento lógico *definir conceitos* chamam a atenção para a seguinte necessidade: a formação inicial precisa incluir não só conhecimentos disciplinares como também, de maneira consciente, o ensinar a ensinar esse procedimento do pensamento pelo qual se pode aprender e aplicar os conceitos de Química, em união indissolúvel com a formação dos aspectos afetivos da personalidade e da identidade profissional dos futuros professores.

7. Agradecimentos

Ao CNPq e Comperve/UFRN pelos apoios financeiros na realização da pesquisa.

Referências bibliográficas

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições. Lisboa: Portugal. 2011.
- BUITRAGO, A.M.; MEJÍA, N.M.C.; HERNÁNDEZ, R.B. La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. **Innovación Educativa**, Bogotá, v. 3, n. 63, pp. 17-39. 2013.
- CAPIZZO, M.C.; NUZZO, S.; ZARCONI, M. The impact of the pre-instructional ability cognitive profile on learning gain and final exam of physics courses: A case study. **European Journal of Engineering Education**, Bruxelas, v. 31, n. 6, pp. 717-727. 2006. <https://doi.org/10.1080/03043790600911811>.
- CEREZAL, J.M.; FIALLO, J.R. **¿Cómo investigar en Pedagogía?** Editorial Pueblo y Educación. La Habana: Cuba. 2010.
- CERVANTES, M.V. *et al.* ¿Se trabaja de manera consciente para que nuestros alumnos definen conceptos? Instituto Superior Pedagógico de Holguín "José de la Luz y Caballero". **Revista Cuatrimestral**, Holguín, v. 7, n. 3, año VII, pp. 35-48. 2001.
- CUBBELO, F.B. Estudio de algunos procedimientos lógicos necesarios para la asimilación de la asignatura Física I. **Revista Cubana de Psicología**, La Habana, v. 10, n. 1, pp. 33-42. 1993.
- CUTRETA, G.; STEPACH, S. Construyendo definiciones en la ciencia escolar. Consideraciones didácticas desde un análisis discursivo. El caso de concepto de sustancia. Actas IV JORNADA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, pp. 28-30, La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad de La Plata. 2015.
- GALPERIN, P.YA. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. Y.A. (Orgs.). **La antología de la psicología pedagógica y de las edades**. Editorial Pueblo y Educación. La Habana: Cuba, 1986. pp. 114-118.
- GARRITZ, A. La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre. **Educación Química**, Ciudad de México, v. 21, n. 1, 2010, pp. 2-15. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30066-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30066-1)
- GAVIN, J.M.I.; MATAMOROS, G.S.; ESCUDERO, I. Aprender a definir en Matemáticas: estudio desde la perspectiva sociocultural. **Enseñanza de la Ciencias**, Barcelona, n. 32, v. 3, pp. 529-550. 2014. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1313>.
- GONZÁLEZ, M.C.B. **Estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento lógico de los profesores generales integrales de secundaria básica en formación inicial**. 152 p. Programa de Educación del Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona (ISPEJV), Doctorado en Ciencias Pedagógicas, Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona. La Habana. 2008.
- GONZÁLEZ, M.C.B. Lógica y Creatividad: nexos imprescindibles en el proceso de enseñanza-aprendizaje. In: MARTÍNEZ, M.L.L.; GEEANCHE, A.M. (Orgs.). **El desarrollo de la creatividad. Teoría y práctica en la educación**. Editorial Pueblo y Educación. La Habana: Cuba. 2009. pp. 53-72.
- HERNÁNDEZ, A.D.; GONZÁLEZ, M.H. Estrategias de aprendizaje en la formación universitaria. **Educare**, Mérida, v. 19, n. 63, pp. 441-454. 2015.
- HERNÁNDEZ, R.H. **La elaboración de conceptos en la escuela y el desarrollo de los procesos lógicos del pensamiento**. Pedagogía 2005. Curso 31. IPLAC. La Habana: Cuba. 2005.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDIOS Y PESQUISAS (INEP). **Resultados IDEB**. [2018]. Disponible em: < <http://portal.inep.gov.br/web/guest/ideb> >. Acceso em: 26 dez. 2017.
- JORBAS, J. La comunicación y las habilidades cognitivas lingüísticas. In: JORBA, J.; GÓMEZ, I.; PRAT, A. **Hablar y escribir para aprender**. Uso de la Lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares. Editorial Síntesis. Barcelona: España. 2000. pp. 29-58.

- KOPNIN, P. **Lógica Dialéctica**. Editorial Pueblo y Educación. La Habana: Cuba. 1993.
- LÓPEZ, M.L. **¿Sabes enseñar a describir, definir, argumentar?** Editorial Pueblo y Educación. La Habana: Cuba. 1990.
- NÚÑEZ, I.B. **Vygotsky, Leontiev, Galperin** – Formação de Conceitos e Princípios Didáticos. Liber Livro. Brasília: Brasil, 2009.
- NÚÑEZ, I.B. O diagnóstico dos níveis de orientação da ação classificar: contribuições da teoria de P. Ya. Galperin. In: FEITOSA, R.A.; SILVA, S.A. **Metodologias emergentes na pesquisa em ensino de ciências**. Editora Fi. Brasil: Porto Alegre, 2018. pp. 157-175.
- NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L. **A teoria da Formação Planejada das Ações Mentais e dos Conceitos de P. Ya. Galperin**: contribuições para a Didática Desenvolvimental. **Obutchenie**, Uberlândia, v.1, n.1, Jan/jul., pp. 1-29, 2017. <https://doi.org/10.14393/OBv1n1a2017-4>
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Programme for International Students Assessment (PISA). Results from PISA 2015**. [2015]. Disponível em: < <http://www.oecd.org/pisa> >. Acesso em: 26 dez. 2017.
- PETROVSKI, A. **Psicología General**. Editorial Progreso. Moscú: URSS. 1986.
- RAVILOLO, A. Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria. **Educación Química**, Ciudad de México, v. 19, n. 4, pp. 315-322. 2008. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.4.25850>
- RESNICK, L. **La educación y el aprendizaje del pensamiento**. Aique. Buenos Aires: Argentina. 1999.
- RIBEIRO, R.P. **O processo de aprendizagem de professores do ensino fundamental**: apropriação da habilidade de planejar situações de ensino de conceitos. 230 p. Doutorado em educação - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Educação – UFRN. Natal. 2008.
- RUBINSTEIN, J.L. **Princípios de Psicologia General**. Editorial Revolucionaria. La Habana: Cuba. 1967.
- SANMARTI, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Editorial Síntesis, S.A. Madrid: España. 2002.
- SANMARTÍ, N. **Hablar, leer y escribir para aprender ciencias**. La competencia en comunicación lingüística en el área del currículo. Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC, 2007a.
- SANMARTÍ, N. **Necesidad de aprender “Lengua” desde todas las áreas**. La competencia en comunicación lingüística en las áreas curriculares. Colección Aulas de Verano. MEC. Madrid: España, 2007b.
- SFARD, A. **Thinking as communicating**: human development, the growth of discourse, and mathematizing. Cambridge University Press. Cambridge: United Kingdom. 2008. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511499944>
- TALÍZINA, N.F. **La formación de la actividad cognoscitiva de los escolares**. CEPES. Universidad de La Habana. La Habana: Cuba. 1987.
- TALÍZINA, N.F. **Manual de Psicología Pedagógica**. Editorial Universitaria Potosí. San Luis Potosí: México. 2000.
- TALÍZINA, N.F. **La formación de las habilidades del pensamiento matemático**. Editorial de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí: México. 2001.
- TALÍZINA, N.F. **La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza**. Editorial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla: México. 2009.
- TRAVIESO, D.V.; HERNÁNDEZ, A.D. El desarrollo del pensamiento lógico a través del proceso enseñanza-aprendizaje. **Revista Cubana de Educación Superior**, La Habana, v. 1, n. 1, pp. 53-68. 2017.
- TRAVIESO, D.V.; HERNÁNDEZ, A.D.; CORTIZAS, Y.E. Desarrollo de la definición como operación del pensamiento en estudiantes universitarios. **Revista Cubana de Educación Superior**, La Habana, v. 1, n. 1, pp. 51-63. 2016.
- VIGOTSKY, L.S. **Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores**. Editorial Científico Técnico. La Habana: Cuba. 1987.





ADIÇÃO DE MONÔMIOS NA PERSPECTIVA DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS

THE ADDITION OF MONOMIOS IN THE PERSPECTIVE OF THE THEORY OF DIDACTIC SITUATIONS

LA ADICIÓN DE MONOMIOS EN LA PERSPECTIVA DE LA TEORÍA DE LAS SITUACIONES DIDÁCTICAS

Jonas dos Santos* , Zulma Elizabete de Freitas Madruga**  y
Eurivalda Ribeiro dos Santos Santana*** 

Cómo citar este artículo: Santos, J., Madruga, Z.E.F. y Santana, E.R.S. (2020). Adição de monômios na perspectiva da teoria das situações didáticas. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 339-352. DOI:

<https://doi.org/10.14483/23464712.14853>

Resumo

Este artigo apresenta uma pesquisa que teve como objetivo analisar as possíveis contribuições da Teoria das Situações Didáticas para a construção do conceito de adição de monômios por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental. A escola onde foi aplicada a intervenção faz parte da rede municipal de uma cidade, localizada na região cacauzeira do sul da Bahia, Brasil. A situação didática se deu por meio de um problema no qual os estudantes teriam que extrair os monômios e efetuar a adição com o objetivo de encontrar a representação do lucro de vendas. Esses estudantes foram divididos em quatro grupos com quatro integrantes. Durante o desenvolvimento foram observadas as motivações e inquietações dos estudantes para solucionar o problema. Assim como os obstáculos epistemológicos e as dificuldades enfrentadas por eles para expressarem com clareza as etapas do desenvolvimento da situação. A Teoria das Situações Didáticas foi o aporte teórico para a construção e aplicação da situação e os resultados foram analisados de forma qualitativa. Como resultado, observou-se que a situação didática motivou os estudantes a questionarem e buscar estratégias para conseguirem construir o conceito de adição de monômios.

Palavras-chave: ensino de matemática; álgebra; situações didáticas; ensino fundamental.

Recebido: 30 de abril de 2019; aprovado: 19 de julho de 2019

* Mestre em Educação Matemática, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Brasil. Correio eletrônico: jonasfisica@bol.com.br

** Doutora em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Brasil. Correio eletrônico: betemadruga@ufrb.edu.br

*** Pós-doutora em Didática da Matemática, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Brasil. Correio eletrônico: eurivalda@uesc.br

Abstract

The objective of this study was to analyze the possible contributions of the theory of didactic situations to the construction of the concept of addition of monomials by eight grade students. The school where the intervention was applied is part of the municipal network of a city located in the cacao region of southern Bahia, Brazil. The didactic situation was presented as a scenario in which students were asked to extract monomials and add them with the purpose of finding the representation of the profit of sales. The students were divided into groups of four. During development, they were motivated and anxious to solve the problem. However, they experienced epistemological obstacles and difficulties in clearly identifying the stages of the development of the situation. The theory of didactic situations provided theoretical contribution to the construction and application of the situation and the results were analyzed using the qualitative method. The results revealed that the didactic situation motivated students to question and seek strategies to succeed in building the concept of monomial addition.

Keywords: teaching mathematics; algebra; didactic situations; elementary school.

Resumen

Este artículo presenta una investigación que tuvo como objetivo analizar las posibles contribuciones de la *teoría de las situaciones didácticas* para la construcción del concepto de adición de monomios por estudiantes de grado octavo en la secundaria. La escuela donde se aplicó la intervención forma parte de la red municipal de una ciudad, ubicada en la región cacaotera del sur de Bahía, Brasil. La situación didáctica se dio por medio de un problema en el cual los estudiantes tendrían que extraer los monomios y efectuar la adición con el objetivo de encontrar la representación del lucro de ventas. Estos estudiantes fueron divididos en grupos con cuatro integrantes cada uno. Durante el desarrollo se observaron las motivaciones e inquietudes de los estudiantes para darle solución a lo planteado; así como los obstáculos epistemológicos y las dificultades enfrentadas por ellos para expresar con claridad las etapas del desarrollo de la situación. La teoría de las situaciones didácticas fue el aporte teórico para la construcción y aplicación de la situación y los resultados fueron analizados de forma cualitativa. Como resultado, se observó que la situación didáctica motivó a los estudiantes a cuestionar y buscar estrategias para lograr construir el concepto de *adición de monomios*.

Palabras clave: enseñanza de matemáticas; álgebra; situaciones didácticas; educación básica secundaria.

Introdução

O processo de escolarização procura fomentar a aquisição do conhecimento pelo estudante nas diversas áreas do saber. Espera-se que durante esse processo os estudantes adquiram conhecimentos sociais, culturais e científicos, acumulados pela humanidade por milhões de anos e, as principais descobertas científicas e tecnológicas da atualidade.

Entende-se que estes conhecimentos são essenciais para a formação e emancipação do homem nos aspectos social, afetivo e cognitivo. Por meio do processo de escolarização, o indivíduo adquire habilidades, e passa a ter uma visão crítica da sociedade na qual está inserido, adquirindo capacidade de propor sugestões e modificá-las para transformar a realidade, melhorando sua qualidade de vida. Para isso, a escola precisa proporcionar-lhes condições para sua emancipação intelectual, assegurando-lhes elementos que fomentem a busca pelo saber e pela produção de novos conhecimentos.

No entanto, existe uma crítica social sobre a escola, pois, na maioria das vezes, ela não consegue cumprir a sua função de escolarização, quando isso acontece, os estudantes não conseguem aprender ou se interessar pelos conteúdos ensinados pelos professores. Devido a essa falta deixada pela escola na vida de alguns daqueles que passam pelo seu espaço, muitos especialistas questionam qual deve ser a real função da escola, quais tipos de conteúdos precisam ser ensinados, qual a relevância desses conteúdos na vida dos alunos, e porque o conteúdo A ou B ainda é ensinado, já que alguns conteúdos não têm um impacto direto na vida social e cultural do estudante.

A partir desses questionamentos surgiram e ainda surgem diferentes estudos, tendências e ferramentas pedagógicas com o objetivo de auxiliar e facilitar a compreensão dos conteúdos pelos estudantes, contextualizando-os com situações da vivência desses estudantes, na busca por tornar o ensino provido de significado.

Nesse cenário, a matemática aparece como a disciplina que mais assusta os estudantes, os pais e

a sociedade em geral. Ela muitas das vezes é considerada como a disciplina dos gênios, a disciplina de um grupo seletivo (que já nasceu com predisposição para aprender matemática), isso porque, aqueles que tiram as melhores notas na disciplina são considerados os mais inteligentes uma vez que a humanidade que cria seleções e padrões em nossa sociedade nos quais as pessoas que não se adapta normas são “excluídas” ou “deixadas para trás”.

Examinando este ponto de vista, observa-se que as pessoas usam a matemática com uma função de segregação intelectual, enaltecendo aqueles que conseguem se “dar bem” nas provas e atividades propostas e; “marginalizando”, “excluindo” aqueles ditos “não gênios”, ou “normais”. Estes acabam por acreditar no mito de que a matemática é para poucos e não conseguem aprender o conteúdo. Frequentemente preferem não participar das discussões propostas pelos professores, acreditando que é necessário apreender apenas o básico. Como consequência dessa visão equivocada, passam a dar pouca importância à disciplina e preferem dedicar-se a outras disciplinas.

E, esse dilema aumenta quando o ensino passa da fase da aritmética para algébrica. O estudante começa a trabalhar com números e “letras” ou apenas letras, isso causa uma estranheza, ele começa a questionar o porquê das letras e, quanto mais o ensino da matemática vai ficando mais “carregado de partes algébricas”, os estudantes vão se interessando menos pelo conteúdo. Porque este o assusta, aumentam-se os questionamentos sobre o porquê das letras. E parece aumentar também a distância entre os estudantes e a matemática.

Para dirimir esse impacto e levar estudantes a desenvolverem o gosto pelo conteúdo matemático, em especial pela parte algébrica, foi proposta uma situação didática em forma de problema para estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental. Esta situação foi fundamentada na Teoria das Situações Didáticas - TSD (Brousseau, 2008) para a construção de um cenário de investigação na sala de aula. Essa teoria trabalha com a hipótese de que o conhecimento é aprendido pelo aluno por meio de regras

(mensagens). A aplicação da situação ocorreu em uma escola em um município localizado na região cacauieira, sul do Estado da Bahia, Brasil. A situação didática tinha como objetivo de analisar as possíveis contribuições da Teoria das Situações Didáticas para a construção do conceito de adição de monômios por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental.

A situação didática foi desenvolvida a partir de uma atividade proposta na disciplina Didática da Matemática, do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). O objetivo da atividade consistia em elaborar, aplicar e analisar uma situação didática construída a partir da Teoria das Situações Didática de Guy Brousseau. A situação foi desenvolvida pelo primeiro¹ autor e aplicada posteriormente pelo mesmo.

1. Marco teórico: a teoria das situações didáticas

A Teoria das Situações Didáticas (TSD) é uma metodologia que pode auxiliar os professores no ensino de matemática, e foi desenvolvida pelo pesquisador francês da Universidade de Bordeaux, Guy Brousseau. Nessa teoria o conhecimento é organizado e estruturado por meio de mensagens das quais o estudante se apodera daquilo que deverá ser aprendido (Brousseau, 2008).

Segundo o autor, por meio dessas mensagens o estudante modifica-se culturalmente e adapta ou retira traços culturais da sociedade da qual pertence. Dessa forma, o ensino é constituído de dois processos, “um de aculturação e outro de adaptação independente” (Brousseau, 2008 p. 18).

Sobre o processo de aculturação e adaptação, autores como Almouloud (2007) e Pais (2001), baseados em Brousseau, inferem que aculturação é o processo de mudanças que ocorrem quando dois grupos de pessoas pertencentes a culturas diferentes interagem. Durante essa interação (contando com

elementos de culturas diferentes) ocorrem mudanças nos indivíduos dos grupos, porque as pessoas de cada um dos grupos se apropriam de elementos culturais e os saberes do outro grupo. No processo educacional, aculturação acontece quando os estudantes se apropriam do conhecimento científico e cultural produzido pela humanidade ao longo dos anos, e utilizam esse conhecimento para fazer mudanças em situações do seu cotidiano. A adaptação ocorre quando um indivíduo se ajusta (adapta) de forma a harmonizar-se com o meio. Assim, o estudante, de forma natural, adapta-se com o meio e com os seus elementos para a produção de conhecimento.

Com essas informações, verifica-se que o meio tem uma função fundamental no processo de ensino e de aprendizagem, por intermédio de elementos do meio, o estudante passa pelos processos de aculturação e adaptação durante as aulas. Por isso, o meio precisa ser estruturado para que a aprendizagem ocorra, uma vez que o meio é “um sistema autônomo, antagonístico ao sujeito, e é deste que convém fazer um modelo, visto como um tipo autômato” (Brousseau, 2008 p. 19). Nas Situações didáticas, o meio é determinante no processo de escolarização, ele é constituído de três elementos principais: o professor, o estudante e o conhecimento. Devido à particularidade do meio, alguns autores, como Almouloud (2007), ao traduzir os trabalhos de Brousseau, preferem usar a palavra no Francês, *milieu* (meio), o uso da palavra escrita na língua materna, implica a não perda do seu sentido original e das suas particularidades.

Segundo Pais (2001), a Teoria das Situações Didáticas (TSD) é constituída pelas diferentes relações pedagógicas construídas “entre o professor, o aluno e o saber”, para o autor, estas relações têm como objetivo a produção de atividades cujo foco é o “ensino e a aprendizagem de um conteúdo específico” (Pais, 2001 p. 65).

Neste contexto, verifica-se que “estes três elementos componentes de uma situação didática constitui a parte necessária para caracterizar o espaço vivo da sala de aula” (Pais, 2001 p. 65). Porém, estes elementos por si só não são suficientes para

1. A ênfase em citar o primeiro autor está no fato de esclarecer a metodologia, apontando a participação de um dos autores como participante da pesquisa (professor/pesquisador). No entanto, todos os autores contribuíram ativamente durante toda a pesquisa.

abranger toda diversidade e complexidade do fenômeno cognitivo, para isso faz necessário incorporar aos elementos do saber do sistema didático como “objetivo, métodos, posições teóricas, recursos didáticos entre outros” (Pais, 2001 p. 65).

Na TSD o conteúdo deve ser apresentado dentro de um contexto, e deve contemplar elementos da realidade do estudante, ou seja, o conteúdo precisa ser significativo para o estudante, ao ler a situação, ele precisa sentir-se motivado, desafiado a resolvê-la. Caso contrário, o conteúdo perde sua essência, a sua função didática e pedagógica. Ainda, segundo Pais (2001) o conteúdo precisa fazer uma ligação verdadeira entre o estudante e a sua realidade. Caso contrário tornar-se-á “impossível alcançar as transformações formativas do saber científico” (Pais, 2001 p. 66), ou seja, o ensino desprovido de significado não contribuirá para a formação científica, cultural e social do estudante.

Brousseau (2008 p. 19) afirma que “um problema ou um exercício não pode ser considerado mera reformulação de um conhecimento, mas um dispositivo, um meio que responde ao sujeito, segundo algumas regras”. O conhecimento precisa ser usado como o elemento motivador, capaz de mobilizar e trazer um “desconforto” ou “desequilíbrio” ao meio, diante dessa nova realidade o estudante

será estimulado adaptar-se a ela pelos processos de aculturação do conhecimento e adaptação à nova realidade que lhe foi imposta.

Segundo Almouloud (2007), para que as situações didáticas produzam efeitos práticos, é necessário que seja mantida a estrutura formada pelo sistema mínimo, onde deve ser mantida as interações entre professor e o estudante, intermediadas pelo saber, dentro do processo de ensino e aprendizagem. O esquema a seguir (Figura 1), adaptado de Almouloud (2007), mostra de forma resumida com ocorre essa interação.

Na teoria das situações didáticas, como já supracitado, o *milieu* é um fator determinante para que haja a interação entre o saber e o aluno. Nessa teoria existem três hipóteses sobre o *milieu*. Essas hipóteses são citadas por Almouloud (2007 p. 32):

1ª. O aluno aprende se adaptando a um *milieu* (meio) que é o fator de dificuldade, de descontração, de desequilíbrio, um pouco como acontece na sociedade humana;

2ª. O *milieu* não munido de interações didáticas é insuficiente para permitir a aquisição do conhecimento, neste caso o papel do professor é criar e organizar o *milieu* para serem desenvolvidas as situações suscetíveis a provocar a aprendizagem no aluno;

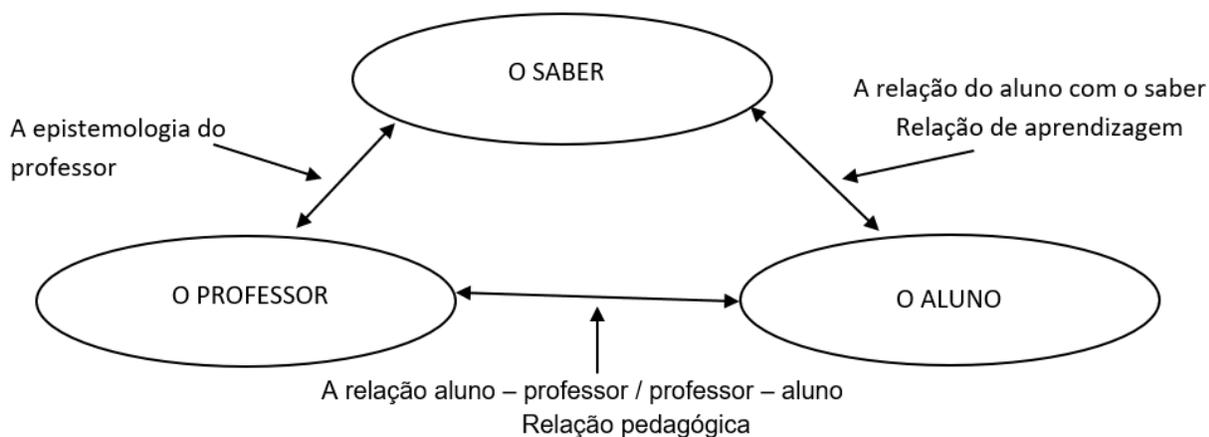


Figura 1. Estrutura mínima do *milieu*.

Fonte: adaptado de Almouloud, (2007).

3ª. O *milieu* e as situações didáticas devem engajar fortemente os saberes matemáticos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Analisado essas hipóteses verifica-se que a motivação pela aprendizagem ocorre pela necessidade que o indivíduo tem em se adaptar às novas realidades que lhes são impostas (1ª hipótese). Para isso, o meio precisa ser munido de situações didáticas, ricas em saberes matemático e, com um fator que permita a aquisição de conhecimento pelo estudante.

Além, dessas hipóteses, existem quatro pilares associados à TSD, são elas que irão nortear as etapas de produção e aquisição do conhecimento pelo estudante. Esses pilares são: *ação*, *formulação*, *validação* e *institucionalização*, esses pilares serão sintetizados a seguir adaptado de Almouloud (2007).

Ação: Nessa fase os estudantes têm acesso ao problema proposto, procuram utilizar os conhecimentos já adquiridos para compreendê-lo e encontrar caminhos para solucioná-lo. Nesta etapa os estudantes recebem o problema, tomam conhecimento do mesmo, tentam compreender o que é pedido, começam a selecionar quais os conhecimentos lhes serão úteis, e começam a traçar estratégias para resolvê-lo, é nesse momento que as decisões são tomadas e os saberes são colocados em práticas.

Formulação: Nessa etapa, os estudantes encontram a resposta para o problema, e formulam a solução. Durante a formulação o estudante poderá se apoderar de inúmeros dispositivos para solucionar o problema, os elementos que poderão ser utilizados poderão ser fases, esquemas, mapas mentais, elementos algébricos e representações algébricas. Esses elementos servirão de caminho para chegarem à solução do problema. Os estudantes explicarão para os colegas as estratégias e o raciocínio usados na solução.

Validação: Nessa etapa, os resultados dos estudantes são avaliados pela classe com o objetivo de verificar a existência de erros na solução proposta para o problema. Em “plenária” os estudantes começam a expor os resultados encontrados e as estratégias que foram usadas durante o desenvolvimento do

problema. Nesse momento há uma discussão sobre cada solução, é verificada a validade do resultado e do método usado para se chegar à solução, ou seja, a estratégia apresentada pelos estudantes precisa ser alvo de análise do coletivo e provada dentro de um determinado contexto.

Institucionalização: O professor parte das discussões e dos resultados apresentados pelos estudantes para institucionalizar o saber matemático, ou seja, o professor faz a generalização do conhecimento e mostra para o aluno que aquele saber matemático é válido para qualquer situação e poderá ser utilizado em atividades ou outros instrumentos, para reforçar o conhecimento adquirido pelo aluno.

A partir dessa compreensão, verifica-se que a TSD poderá contribuir para que os estudantes consigam a gostar da matemática e dos seus conteúdos, uma vez que eles serão protagonistas no processo de ensino e aprendizagem, já que terão a oportunidade de propor soluções, de analisar as soluções dos colegas. Isso poderá contribuir para que este estudante venha a se aproximar da matemática, pois eles começaram a compreender o processo de construção do conhecimento matemático.

2. Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa procurou analisar os resultados de uma situação didática para o ensino de adição de monômios, e analisar contribuições da Teoria das Situações Didáticas para a construção desse conceito por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental e como essa teoria poderá auxiliar o trabalho do professor como mediador entre o estudante e o conhecimento.

A pesquisa tem natureza qualitativa, pois os dados foram obtidos no ambiente da sala de aula - ambiente natural do aluno, (Bogdan, Biklen, 2010), e procura auxiliar na busca por resposta a um dilema de muitos professores sobre como fazer os estudantes gostarem de matemática.

Segundo Silveira, Córdova (2009), na pesquisa qualitativa o pesquisador visa dar uma explicação para um determinado fato sem quantificá-lo, ou seja,

ao utilizar a pesquisa qualitativa o pesquisador procura “explicitar o porquê das coisas, exprimindo o que convém a ser feito, mas não quantifica valores” (Silveira, Córdova, 2009 p. 32).

Para as autoras, na pesquisa qualitativa o tamanho da amostra é irrelevante, pois o objetivo dela é a produção de novos conhecimentos/novas informações. Esse tipo de pesquisa procura elucidar um determinado fenômeno ou situação de forma clara e objetiva por meio da “hierarquização das ações de descrever, compreender e explicar” (Silveira, Córdova, 2009 p. 32) sem contaminar os dados com juízos de valores.

Os dados da pesquisa foram coletados pelo primeiro autor em duas aulas de 55 (cinquenta e cinco) minutos cada, em uma turma de 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do sul da Bahia, Brasil. Como instrumento de coleta, o pesquisador utilizou-se de diário de campo, onde registrou todas as manifestações dos estudantes no decorrer da aplicação, bem como os diálogos entre os grupos e com o professor; além de registros escritos elaborados pelos participantes da pesquisa, incluindo a resolução das questões propostas. Para a análise desses dados foram considerados as dúvidas, os questionamentos, os diálogos (registrados no diário de campo), e as soluções indicadas pelos alunos para solucionar a situação. Inicialmente o pesquisador propôs a seguinte questão:

Situação Didática: Marcos vende sovretes em potinhos, recebendo um lucro de 10% por sovete vendido. Em uma sexta-feira Marcos vendeu uma determinada quantidade de sovretes, no sábado ele vendeu o dobro do número de sorvetes vendidos na sexta-feira. Sabe-se que a cada potinho de sovete custa R\$ 1,00. Então, encontre uma maneira de representar o lucro total que Marcos obteve nos dois dias de venda usando como referência o número de sorvetes vendidos na sexta (Figura 2).

Para o desenvolvimento da situação, os participantes foram divididos em grupos com quatro alunos cada, totalizando quatro grupos. O desenvolvimento da atividade em grupo teve como objetivo proporcionar a troca de conhecimento entre os estudantes

e a construção coletiva do saber. A formação dos grupos foi organizada a partir das sugestões dos alunos, que escolheram com que queriam realizar a atividade. Os grupos foram denominados G1, G2, G3 e G4. A princípio cada um dos grupos recebeu o problema, as instruções, nas quais constava que deveriam encontrar estratégias para solucionar o problema e depois expor para os colegas a solução encontrada. Em princípio os estudantes não queriam fazer as apresentações, mais acabaram aceitando posteriormente, após conversa com o professor, onde o mesmo mostrou a importância da comunicação e socialização nesse processo. Observa-se que a situação proposta pelo professor é aceita pelos estudantes, estabelecendo nesse momento o contrato didático.



Figura 2. Alunos desenvolvendo a situação².

Fonte: dados da pesquisa.

O contrato didático segundo Brousseau (2008) é o conjunto de comportamentos que surgem da relação entre professor e aluno, ou seja, o professor espera o comportamento dos estudantes durante as aulas e estes esperam do professor, também, certos comportamentos. Esse contrato, na maioria das

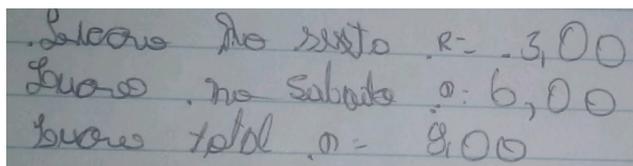
2. Cabe salientar que os pais dos estudantes autorizam o uso de imagem no início de cada ano letivo. Além disso, os colaboradores concordaram em participar da pesquisa, assinando um termo de consentimento.

vezes é implícito e em outras é construído entre o professor e o estudante. No caso da situação aplicada, o contrato foi construído do diálogo entre o professor (que propôs as situações e a regras) e os estudantes (que aceitaram as condições propostas pelo professor para resolver a situação didática).

3. Resultados

Ao receber o problema os grupos procuraram solucioná-lo. No entanto, houve questionamentos e muitas dúvidas sobre como deveriam encontrar o lucro de Marcos, uma vez que o problema não traz o número de sorvetes vendidos. Isso causou um estranhamento por parte dos estudantes, porém os motivou a fazerem vários questionamentos ao professor, observando que a solução do problema não era tão óbvia, instigando-os a buscar meios alternativos para solucionar esse problema. Os grupos G1, G2 e G4 fizeram os seguintes questionamentos: “Quantos sorvetes Marcos vendeu professor?” (G1), “Professor, fala para nós o número de sorvetes vendidos na sexta e nós faremos o resto” (G2) e, “Professor, como vou fazer para encontrar o lucro de Marcos? Quais números vamos usar para fazer a conta?” (G4). Essa inquietação diante do problema proposto se refere ao que Brousseau (2008) afirma que o conhecimento precisa se um elemento motivador e trazer um “desconforto” no meio, neste caso, o problema proposto sensibilizou os estudantes que a questionar ao verificar que a forma adotada por eles para resolver problema não era suficiente para encontrar a solução para o que lhes foi proposto.

O grupo G3 atribuiu os valores para o lucro das vendas de sorvetes da sexta, com o intuito de resolver o problema gerando um lucro de R\$ 9,00 para Marcos. Como pode ser verificado na Figura 3.



Lucro na sexta R = 3,00
 Lucro no sábado = 6,00
 Lucro total = 9,00

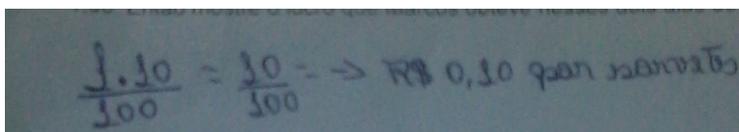
Figura 3. 1ª Solução do grupo G3.

Fonte: dados da pesquisa.

Nesse momento, foram feitos alguns questionamentos pelo professor, aos grupos, como: “O problema está pedindo o lucro ou uma representação do lucro, será que é necessário saber quantos sorvetes foram vendidos para encontrar a solução do problema? [...], pensem um pouco, quais conhecimentos já foram vistos que nos dará suporte para resolver o problema? A situação está pedindo um número ou uma representação?” Esse estranhamento é normal na TSD, pois significa que a situação provocou os estudantes, eles foram motivados e desafiados a procurar a solução, isso configura o desequilíbrio provocado pelo problema no meio, cujo objetivo é justamente provocar uma reação de desconforto nos estudantes, que ao questionarem sobre como resolver o problema, procurarão respostas, atribuindo valores aleatórios para solucioná-lo. Verifica-se aqui uma tentativa do estudante encontrar o fator equilíbrio para o meio (solução para o problema). Após os questionamentos feitos pelo professor, os estudantes começaram a estruturar algumas estratégias e recorreram a diversas maneiras para solucionar o problema. Essa etapa na TSD corresponde ao processo da Ação.

Os grupos G1, G2 e G4, trocando informações, chegaram à conclusão que Marcos iria lucrar R\$ 0,10 por cada sorvete vendido. Porém, o grupo G3 ficou questionando e afirmando que para solucionar o problema precisaria do número de sorvetes vendidos, e a situação não trazia esse valor. Mas, após o diálogo com o professor e os demais colegas dos outros grupos, chegaram à mesma conclusão de R\$ 0,10 por sorvete. O grupo G4 chegou a esse valor por dedução; os grupos G1 e G2 usaram algoritmos para obter o valor (Figuras 4 e 5); e G3 fez uma representação de igualdade, não conseguindo descrever como chegaram aos R\$ 0,10 por sorvete vendido (Figura 6). No entanto, o cálculo de valor unitário por sorvete vendido, motivou os grupos a encontrarem o lucro de Marcos na sexta-feira, no sábado e o lucro total.

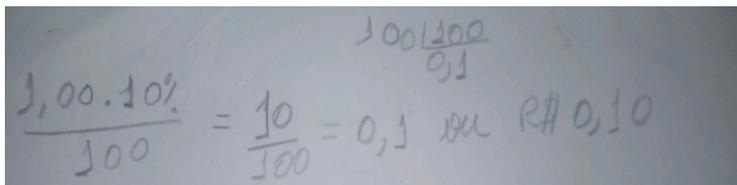
Após esta etapa, os grupos começaram a montar as situações que deveria representar o lucro da venda de sorvete. Nesse momento os estudantes



$$\frac{1.10}{100} = \frac{10}{100} \rightarrow \text{R\$ } 0,10 \text{ por sorvete}$$

Figura 4. Cálculo do grupo G1.

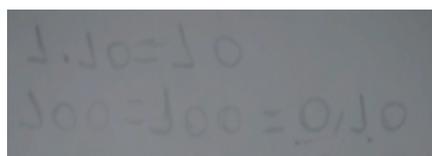
Fonte: dados da pesquisa.



$$\frac{1,00 \cdot 10\%}{100} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ ou R\$ } 0,10$$

Figura 5. Cálculo do grupo G2.

Fonte: dados da pesquisa.



$$1.10 = 10$$

$$100 = 100 = 0,10$$

Figura 6. Cálculo grupo G3.

Fonte: dados da pesquisa.

perceberam que a quantidade de sorvetes vendidos iria condicionar um lucro maior ou menor, como se pode verificar na fala de dois estudantes³: “Professor, quantos mais sorvetes vendidos, maior vai ser o que Marcos vai receber. Se ele vende 10 sorvetes só vai ganhar um real, mais se vender mais ganha mais” (Aluno C do grupo G2); e “então ele tem que ralar muito para ganhar um dinheirinho bom” (Aluno J do grupo G1). Neste caso, eles teriam que multiplicar o valor unitário pela quantidade de sorvetes vendidos. Foi possível observar que a situação levou os estudantes a irem além do conteúdo proposto, pois de maneira intuitiva levou esses estudantes perceberem a noção de função. Os estudantes finalizam essa etapa propondo as devidas soluções. Essa fase na Teoria das Situações Didáticas é chamada de *Formulação*. Aqui os alunos formularam as possíveis representações para a situação didática.

Após a fase de formulação, o professor propôs

uma plenária para que os grupos explicitassem os resultados encontrados, as dificuldades e os caminhos usados para encontrar uma representação para o lucro. O professor sugeriu aos grupos que demonstrassem seus resultados, enquanto os outros deveriam avaliar se a solução proposta serviria para demonstrar o lucro das vendas ou não. Caso não servisse, a expressão ou a solução deveria ser eliminada ou melhorada com sugestões dos grupos, pois o estudante nesse fazer irá validar as soluções encontradas. Essa etapa é chamada de *Validação*, conforme se pode observar a seguir.

Os grupos G4 e G2 apresentaram os seus modelos para a representação do lucro das vendas, usando uma incógnita (uma letra) a qual representaria a quantidade de sorvetes vendidos. Para isso, eles partiram da ideia de que o número de sorvetes vendidos na sexta-feira deveria ser multiplicado pelo valor unitário. O lucro do sábado corresponderia ao lucro de sexta multiplicado por dois, e após eles deduziram que deveriam somar o lucro de sexta com o lucro do sábado. O grupo G2 afirmou que

3. Com o objetivo de manter o anonimato dos estudantes, os seus nomes foram substituídos por uma letra maiúscula do alfabeto sendo que foram 16 estudantes sendo nomeado de A até Q.

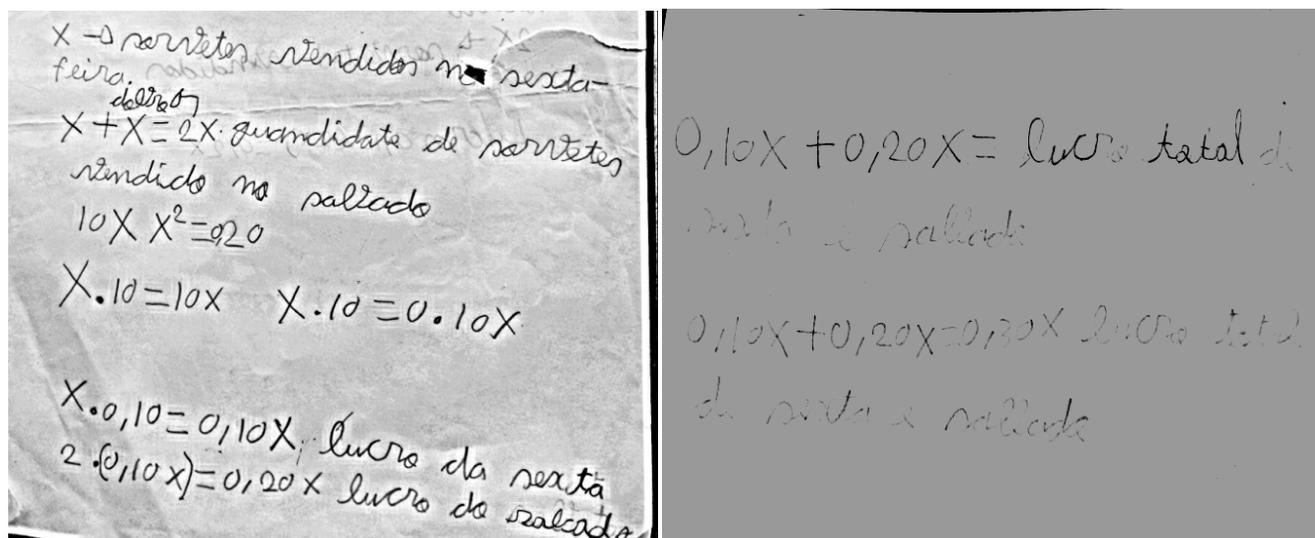


Figura 7. Solução apresentada pelo grupo G2.

Fonte: dados da pesquisa.

não teve dificuldade em encontrar a solução, G4 afirmou que tiveram dificuldades em encontrar uma forma de relacionar as vendas de sexta-feira com as vendas do sábado, para posteriormente encontrarem uma representação do lucro total, mas, depois de testarem vários valores para x chegaram a conclusão que deveriam adicionar as partes numéricas da cada expressão, encontrando também a expressão $0,30x$ para representar o lucro. A Figura 7 mostra a representação para o lucro da venda de sorvete do grupo G2, eles utilizaram a letra x para representar o número de sorvetes vendidos.

O grupo G3 encontrou as expressões para representar o lucro da sexta-feira e do sábado, que foram respectivamente $0,1x$ e $0,2x$, mas segundo os estudantes, o grupo perdeu muito tempo tentando atribuir valores numéricos para determinar o lucro das vendas, e não tiveram tempo para concluir, não encontrando uma forma de relacionar as duas expressões. Porém, tinham certeza que deveriam somar essas duas expressões, só não sabiam como, suspeitavam que deveriam somar os “números que estão junto das letras” (Aluno F). A Figura 8 apresenta a solução proposta pelo grupo G2. A letra ‘S’, o grupo usou para representar o número de sorvetes vendidos na sexta-feira.

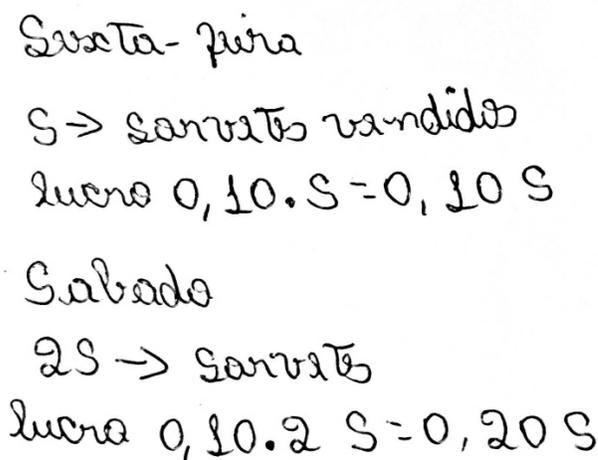


Figura 8. Solução apresentada pelo grupo G2.

Fonte: dados da pesquisa.

O grupo G1 apresentou seu resultado com uma solução diferente da esperada pelo professor (Figura 9). O grupo encontrou a expressão para a venda de sorvetes da sexta-feira $0,10B$ onde B é o número de sorvetes vendidos na sexta-feira, o lucro do sábado corresponde ao dobro da venda da sexta-feira e o lucro da venda da sexta-feira e do sábado juntos corresponde ao triplo da venda de sexta-feira. A Figura 9 mostra a conclusão proposta pelo grupo G1.

Figura 9. Solução apresentada pelo grupo G1.

Fonte: dados da pesquisa.

Durante as apresentações, os estudantes foram opinando sobre cada solução apresentada. Eles concluíram que as soluções dos grupos G1, G2, G4 poderiam ser usadas para calcular o lucro das vendas, já o modelo do grupo G3, deveria ser melhorado (somar as expressões encontradas). Mais uma vez, surgiu a discussão iniciada pelos estudantes, sobre que o lucro dependerá da quantidade de produtos vendidos e se por acaso Marcos vendesse pouco, não compensaria trabalhar na venda de sorvetes. Aqui voltou a ideia de função, onde o lucro está condicionado à quantidade de sorvetes vendidos. Surgiu também uma discussão que Marcos deveria negociar com o patrão uma porcentagem maior sobre a venda dos sorvetes, pois com esse percentual ele não lucraria muito. Como supracitada, a discussão dos resultados feita pelos alunos, corresponde à etapa de *Validação* na TSD, uma vez que os grupos avaliaram os resultados dos outros grupos e verificaram se as soluções eram suficientes para resolver a situação.

Depois das apresentações, foi realizada a *Institucionalização* do conteúdo pelo professor, a partir das soluções dos alunos. O professor (pesquisador e primeiro autor deste artigo) comentou sobre os resultados dos grupos, as dificuldades encontradas pelos alunos e sobre o lucro, ou seja, reforçou as conclusões dos alunos de que o lucro estava relacionado com a quantidade de sorvetes vendidos (reafirmando de forma intuitiva a noção de função). O professor começou a discussão usando dois conceitos, explicitados a seguir:

- » Marcos ganhará R\$ 0,1 por sorvetes vendidos, se ele vendeu x sorvetes na sexta então o lucro

será o número de sorvetes multiplicado pelo valor unitário, então a representação do lucro nesse dia é R\$ 0,1x.

- » No sábado ele vendeu o dobro de sorvetes da sexta, ou seja, $2x$ sorvetes e a representação do lucro é R\$ 0,1 multiplicado por $2x$, logo a representação do lucro no sábado será R\$ 0,2x.

Após as discussões entre o professor/pesquisador e os grupos, o conceito de monômios semelhantes foi deduzido pelos estudantes: dois ou mais monômios são semelhantes quando suas partes literais são iguais⁴. Nesse sentido, os dois monômios que foram encontrados para representar o lucro da venda de sorvetes por Marcos: $0,1x$ e $0,2x$. Daí pode-se observar que os dois possuem a mesma parte literal, logo eles são monômios semelhantes.

Outro conceito apreendido pelos estudantes foi no que se refere à adição de monômios semelhantes: Na adição de monômios semelhantes, adicionam-se os coeficientes (parte numérica) dos monômios semelhantes e preserva-se a parte literal⁵. Aplicando o conceito da adição de monômios para encontrar o lucro de Marcos nos dois dias de venda, obtêm-se: $0,1x + 0,2x = (0,1+0,2)x = 0,3x$. O que se pode concluir que a representação do lucro de Marcos é $0,3x$.

Durante a institucionalização, o professor discutiu o resultado do grupo G1 o qual encontrou a representação do lucro usando o triplo do valor das vendas da sexta-feira, e explicou que em casos semelhantes será possível usar esse raciocínio. Mas, na maioria dos casos de adição de monômios, será necessária a utilização do conceito de adição. E ressaltou que apesar do grupo G3 não ter demonstrado uma solução por escrito, os raciocínios do grupo estavam corretos.

4. Adaptado da página 114 do livro didático: CHAVANTE, E.R. **Convergências: matemática, 8º Ano: anos finais do Ensino Fundamental**. 1ª edição. Edições SM. São Paulo: Brasil. 2015.

5. Adaptado da página 115 do livro didático: CHAVANTE, E.R. **Convergências: matemática, 8º Ano: anos finais do Ensino Fundamental**. 1ª edição. Edições SM. São Paulo: Brasil. 2015.

a. Diálogo entre resultados dessa pesquisa com os resultados de outras pesquisas⁶

A partir da análise dos resultados foi proposto um diálogo desta pesquisa com duas pesquisas que utilizaram a TSD como metodologia para trabalhar conceitos matemáticos em sala de aula. Para esse diálogo foram selecionados os trabalhos Barbosa (2016) e de Luz *et al.* (2017), por se assemelharem com o objetivo desta pesquisa. O primeiro procurou analisar como os jogos contribuem para a aprendizagem dos estudantes e como essa metodologia se relaciona com a TSD; e o segundo procurou verificar como um professor trabalha o conteúdo de raízes, funções e propriedades “à luz da teoria das Situações Didáticas que surgiram durante uma aula de Matemática” (Barbosa, 2016 p. 9).

Observa-se, no trabalho de Luz *et al.* (2017, p.6) que o professor iniciou a aula “por meio de uma metodologia convencional, ou seja, aula expositiva” para fazer a explanação do conteúdo, *adição de números inteiros*. Após a explanação ele aplicou uma questão do tipo calcule, da qual os estudantes erraram 80% como pode ser verificado na Figura 10.

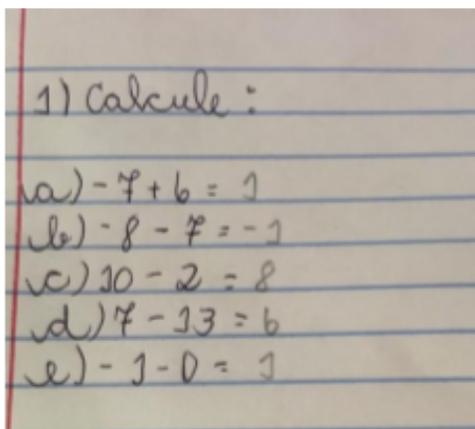


Figura 10. Questão de Luz et al.

Fonte: Luz *et al.* (2017 p. 5).

Como já foi mencionado na fundamentação teórica, na TSD o ideal é que o professor comece a aula com uma situação didática que leve os estudantes a serem protagonistas na construção do conhecimento. Isso pode ser verificado no desenvolvimento da situação proposta nesse artigo, que por meio de uma situação em forma de problema os estudantes chegaram a construir o conceito de adição de monômios de forma intuitiva, algo que não aconteceu em no trabalho de Luz *et al.* (2017), uma vez que o professor iniciou a aula explicando o conteúdo e, aplicando a questão (Figura 10), logo após a aula dialogada.

Na TSD o professor precisa criar uma situação no qual o estudante construa um raciocínio para a aquisição e construção de conceito matemático. No entanto, verifica-se na questão usada por Luz *et al.* (2017), possui característica do ensino tradicional, uma vez que a questão não traz nenhum grau de dificuldade ou situação que contribua com a construção de conceitos matemáticos pelos estudantes. No ponto de vista dos autores desta pesquisa, ela serve apenas para verificar se o estudante aprendeu ou não o conteúdo, não fornecendo elementos que instiguem a criatividade do estudante.

Em um segundo momento foi trabalhado um jogo com os estudantes com objetivo de verificar se o mesmo facilitaria a aprendizagem do conteúdo. Após trabalhar o jogo, os pesquisadores apresentaram questão a mesma para os estudantes. Segundo os autores Luz *et al.* (2017), o jogo se tornou um facilitador de aprendizagem. No entanto, analisando as etapas da TSD, verifica-se que o interessante seria que os autores iniciassem a aula com o jogo e deixassem que os alunos fossem construindo os conceitos de adição de números inteiros durante o momento lúdico. Sobre a questão aplicada, sugere-se que a mesma deveria ser elaborada em forma de problema com objetivo dialogar com o jogo e, por meio desse diálogo, o estudante iria construindo de forma intuitiva o conceito esperado pelo professor. Da forma como o jogo foi aplicado (após a exposição do conteúdo), o mesmo funcionou como um instrumento que contribuiu para dirimir as dificuldades

6. Foi feito uma busca no banco de dado do Google acadêmico com o objetivo de encontra pesquisa que usaram TSD em sala de aula, foi analisado os títulos e as palavras chaves dos 50 primeiros trabalhos, e deste apenas os dois trabalhos que foram selecionados eram resultado de aplicação em sala de aula.

não sanadas na aula expositiva, como forma de reforço, ou para consolidar o conteúdo trabalhado pelo professor. Luz *et al.* (2017) apresentaram algo análogo a esta pesquisa, pois concluíram afirmando também que os estudantes estão mais familiarizados com as aulas de matemáticas tradicionais.

No caso do trabalho de Barbosa (2016), foi analisado uma aula de matemática procurando ressaltar “os pontos comuns, segundo a Teoria da Transposição Didática de Chevallard (1991), Teoria das Situações Didáticas e o Contrato Didático de Guy Brousseau (1986)” (Barbosa, 2016 p. 9). A pesquisa Barbosa (2016) se difere desta pesquisa e da Luz *et al.* (2017) uma vez que as duas últimas procuraram analisar as contribuições da TSD na construção do conhecimento pelo estudante. Examinando a pesquisa Barbosa (2016) verificou-se que o autor procurou analisar como uma aula de matemática se encaixava na TSD. Segundo Barbosa (2016) o problema apresentado em sala de aula motivou os estudantes, propondo a resposta para o problema proposto. No entanto, segundo o autor o professor deu continuidade à aula, revelando o nome do conteúdo. Não socializou as respostas dos alunos e não as valorizou durante a institucionalização do conteúdo. Logo, o professor não proporcionou condições para que os estudantes desenvolvessem as fases da TSD. Segundo Barbosa (2016), caso a situação estivesse sido proposta na perspectiva da resolução de problema, poderia contribuir para as fases da TSD foi valorizadas durante o processo de resolução do problema.

Pode-se inferir que a situação didática proposta pelo professor na pesquisa de Barbosa (2016) (Figura 11), poderiam levar os estudantes a permear pelas fases da TSD, para isso seria necessário o professor criar situações que motivassem os estudantes a construir, de forma intuitiva, o conceito esperado

por meio do questionamento e do direcionamento dos estudantes.

Analisando a fundamentação teórica dessa pesquisa, os resultados da mesma e o diálogo com pesquisas correlatas Luz *et al.* (2017) e Barbosa (2016), verifica-se que na TSD o conhecimento precisa ser reformulado em forma de situação didática na qual o estudante encontrará suporte para a construção do conhecimento de forma intuitiva, neste caso o estudante passa a ser protagonista no processo de ensino e aprendizagem. O problema não pode ser aplicado após a explicação do conteúdo como aconteceu em no trabalho de Luz *et al.* (2017), o professor precisa valorizar as respostas dos estudantes, instigá-los a discutir o problema, a formular hipótese, a traçar estratégias para a resolução do mesmo e demonstrar para os colegas o processo pelos quais chegaram ao resultado, discutindo porque o mesmo é válido como resolução do problema, fato que não aconteceu nos trabalhos de Luz *et al.* (2019) e Barbosa (2016), mas foi contemplado nesta pesquisa. A situação deve ser formulada para não apresentar equívocos, caso contrário, o estudante construirá conceitos diferentes do esperado, como ocorreu nesta pesquisa e pode ser verificada na solução do resultado apresentado por G1.

4. Considerações finais

Este artigo apresentou uma pesquisa cujo objetivo era analisar as possíveis contribuições da Teoria das Situações Didáticas para a construção do conceito de adição de monômios por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental.

Conforme observações do professor durante a atividade foi, possível verificar que no início os estudantes tiveram um pouco de dificuldades para compreender a situação e como deveriam resolvê-la. Começaram

ITEM1-P1: Antes de dar o nome do assunto de hoje gostaria de apresentar a seguinte problemática: pense em um número e eleve ao quadrado, isto é, calcule o produto dele por ele mesmo.

Figura 11. Situação didática proposta pesquisa de Barbosa (2016).

Fonte: Barbosa (2016).

atribuindo valores para encontrar uma solução para o lucro das vendas de sorvetes. Pode-se inferir que essas dificuldades ocorreram porque eles não tinham o costume de trabalhar com situações desse tipo, ou seja, partindo de um cenário o qual apresentava um problema, para construir um conceito.

No entanto, apesar das dificuldades, a situação conseguiu motivar os alunos a questionarem, a perguntarem e traçarem estratégias para solucionar o problema. Com isso, constatou-se que o problema apresentado não teve grande nível de dificuldade, no momento de dedução da resposta, no entanto, havia certa dificuldade implícita, a qual motivou os estudantes na busca por respostas que pudessem explicitar para os demais colegas.

Conforme o resultado apresentado pelo grupo G1, a situação apresentou um equívoco de construção, porque se todos os grupos estivessem resolvido o problema usando o método adotado por G1 a situação didática perderia seu objetivo principal que era a adição de monômios. Porém, o professor poderia usar outro conceito de monômios que seria a multiplicação de um número real por um monômio. Os pontos fortes dessa atividade são expressos pelo fato dos grupos conseguirem encontrar a solução para a situação, sendo que três deles usaram o conceito intuitivo de adição de monômios e além disso, os estudantes conseguiram extrair do problema o conceito de função (além do conteúdo trabalhado).

Com isso, verificou-se na prática a funcionalidade da TSD, dessa forma, percebe-se que o problema precisa ser construído com o objetivo de motivar o estudante e desafiá-lo, a situação didática precisa ser construída para que reconstruir o conceito matemática esperado pelo professor, caso contrário, a situação poderá levar o estudante a construir conceitos diferentes do planejado pelo professor. Observou-se que ao desenvolver a atividade em sala de aula baseada nessa teoria o estudante é o protagonista na busca pelo saber, pois ele tem a oportunidade “construir” resultados e expô-los para

seus colegas, os quais irão ajudá-lo nessa construção. Com o uso da TSD, por exemplo, o professor poderá instigar os estudantes para a construção de conceitos importantes e, também, a se interessarem pelas aulas de matemáticas.

5. Referências bibliográficas

- ALMOULOUD, S. **Fundamentos da Didática da Matemática**. Editora da UFPR. Paraná: Brasil. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-32622008000100008>
- BARBOSA, G.S. Teoria das situações didática e suas influências na sala de aula. XII Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM, São Paulo. 2016. Disponível em: <www.sbemrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/7303_4383_ID.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2018.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto Editora. Porto. 2010.
- BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. Tradução Camila Bogéa. Ática. São Paulo: Brasil. 2008.
- CHAVANTE, E.R. **Convergências: matemática, 8º Ano: anos finais do Ensino Fundamental**. 1ª ed. Edições SM. São Paulo: Brasil. 2015.
- LUZ, G.K. de B. *et al.* Teoria das situações didáticas: trabalhando adição de números inteiros com o recurso do jogo. IV CONGREGO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CONEDU. Recife. 2017. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD4_SA13_ID2792_16102017213927.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2018.
- PAIS, L.C. Didática da matemática: Uma análise da influência francesa. Autêntica. Belo Horizonte: Brasil. 2001.
- SILVEIRA, D.T.; CÓRDOVA, F.P. A Pesquisa Científica. In: Gerhardt, T.E.; Silveira, D.T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS, Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Editora da UFRGS. Porto Alegre: Bras





BASE DE CONHECIMENTOS PARA O ENSINO DE PROFESSORES DE FÍSICA EMPLANEJAMENTO CONJUNTO DO TEMA ENERGIA E SUAS TRANSFORMAÇÕES

THE TEACHING KNOWLEDGE BASES OF PHYSICS TEACHERS IN CONTEXT OF JOINT PLANNING ABOUT THE TOPIC ENERGY AND ITS CHANGINGS

CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES PARA LA ENSEÑANZA A PROFESORES DE FÍSICA SOBRE LA PLANIFICACIÓN EN CONJUNTO DEL TEMA ENERGÍA Y SUS TRANSFORMACIONES

João Ricardo Neves da Silva* , Marcus Vinícius de Almeida** , Agenor Pina da Silva*** 
y Janine Ameku Neves**** 

Cómo citar este artículo: Neves da Silva, J.R., Almeida, M.V., Pina da Silva, A. y Ameku Neves, J. (2020). Base de conocimientos para o ensino de professores de física em planejamento conjunto do tema energia e suas transformações. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 353-369. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14766>

Resumo

O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar os elementos da base de conhecimentos para o ensino, fundamentalmente aqueles relacionados aos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo que são expressos nas interações entre uma professora da Educação Básica, um licenciando em física e um professor formador, participantes de um Grupo de Planejamento Conjunto (GPC). Esse GPC planejou e executou uma atividade experimental investigativa sobre a temática “energia e suas transformações”. Todas as reuniões entre os membros do GPC foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas para serem analisadas. Os resultados foram agrupados em categorias e analisados sob os fundamentos de referenciais que versam sobre a base de conhecimentos para o ensino de professores e os conhecimentos pedagógicos de conteúdo. Observou-se também a relação dos conhecimentos encontrados com o GPC e com a metodologia das atividades experimentais investigativas. As análises demonstram o potencial da formação de grupos de planejamento conjunto na ocorrência desses conhecimentos, com ênfase nos conhecimentos de conteúdo e pedagógicos de conteúdo, e contém elementos para a discussão sobre formas de abordagem formativas que contemplem o desenvolvimento da base de conhecimentos para o ensino.

Palavras-chave: formação de professores; física; conhecimentos pedagógicos de conteúdo; grupos de trabalho.

Recebido: 10 de abril de 2019; aprovado: 06 de agosto de 2019

* Doutorado em Educação para as Ciências. Professor da Universidade Federal de Itajuba (UNIFEI), Minas Gerais, Brasil. Correio eletrônico: jricardo.fisica@unifei.edu.br

** Licenciado em Física pela Universidade Federal de Itajuba (UNIFEI), Minas Gerais, Brasil. Correio eletrônico: marcus-mva@hotmail.com

*** Doutorado em Astrofísica. Professor da Universidade Federal de Itajuba (UNIFEI), Minas Gerais, Brasil. Correio eletrônico: agenor@unifei.edu.br

**** Professora de Física da Educação Básica do estado de Minas Gerais e Mestre em Engenharia de Energia pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Correio eletrônico: janine.fct@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to identify and analyze the elements of the knowledge base for teaching, fundamentally those related to the Pedagogical Knowledge of Content (PCK) expressed in interactions among a high school teacher, a physics student, and a college physics professor—all of whom were participants in a Joint Planning Group (GPC). After the creation of a group dedicated to planning and executing an investigative experimental activity about the theme “energy and its changings,” all the interactions among the members of the group were recorded in audio and then transcribed. The transcripts were categorized from a priori categories and analyzed under the foundations of the references that deal with the knowledge base for the teaching of teachers and the pedagogical knowledge of content. The results were analyzed based on the elements of knowledge expressed and also in their relation with the GPC and the methodology of the investigative experimental activities. The analysis shows the potential of the formation of joint planning groups in the occurrence of this knowledge, with emphasis on the PCK, and contains elements for the discussion on formative approaches that point to the development of the knowledge base for teaching.

Keywords: teaching mathematics; algebra; didactic situations; elementary school.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar y analizar los elementos de conocimientos fundamentales para la enseñanza, principalmente, aquellos relacionados con los *conocimientos pedagógicos de contenido* que se expresan en las interacciones entre una profesora de la escuela, un estudiante de pregrado en física y un profesor de la universidad, participantes de un Grupo de Planificación Conjunta (GPC). A partir de la constitución de este grupo dedicado a planificar y ejecutar una actividad de experimentación investigativa sobre la temática *energía y sus transformaciones*, se hicieron grabaciones en audio y se transcribieron todas las interacciones entre los participantes de este grupo. Las transcripciones fueron categorizadas a partir de criterios basados los referenciales teóricos y analizadas bajo teorías que hablan sobre los conocimientos fundamentales de profesores para la enseñanza y los conocimientos pedagógicos de contenido. Los resultados son comprendidos a partir de los elementos de conocimiento expresados por el grupo por medio de la metodología de las actividades experimentales investigativas. Los análisis muestran el potencial de la formación de grupos de planificación conjunta en la ocurrencia de esos conocimientos, con énfasis en los conocimientos de contenido y pedagógicos de contenido, y contiene elementos para la discusión acerca de las formas de abordaje formativas que contemplan el desarrollo de de conocimientos fundamentales para la enseñanza.

Palabras clave: formación de profesores; ciencias físicas; conocimiento didáctico del contenido; grupo de trabajo.

Sobre as dificuldades inerentes ao conceito de energia e a necessidade de processos formativos de professores em parceria: Introdução ao problema de pesquisa

Esta pesquisa tem por objetivo principal identificar e analisar os elementos representativos da Base de Conhecimentos para o Ensino (BCE) expressos nas interações entre os participantes de um Grupo de Planejamento Conjunto (GPC), sendo este grupo composto por uma professora em exercício do magistério na Educação Básica, um licenciando em física e um professor formador da universidade, no decorrer da elaboração de uma atividade experimental investigativa sobre o tema “energia e suas transformações”.

Nesse intento, são objeto de análise a relação entre duas perspectivas temáticas fundamentais no processo formativo de professores de física. A saber, as possibilidades da interação entre professores em exercício e licenciandos na elaboração de sequências didáticas e atividades a serem desenvolvidas em sala de aula (Carnio, Lopes, Mendonça, 2016, Nogueira, Neves da Silva, 2017) e os elementos constitutivos da BCE de professores. Estes elementos são aqui expressos a partir da teoria dos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo (CPC) e suas reformulações, que incluem novas categorias de conhecimento. (Shulman, 1987; Park, Oliver, 2008; Etkina, 2010; Melo-Niño *et al.*; 2017, Melo-Niño, Mellado, Buitrago, 2016; Verdugo-Perona, Solaz-Portolés, Sanjosé-López, 2016; Marcon, 2013; Cochran-Smith, Lytle, 1993). Em nosso caso, a construção dessa relação se desenvolve a partir do estudo de um caso específico da elaboração conjunta de uma abordagem para um tema fundamental na estrutura dos conteúdos escolares em física, neste caso, “energia e suas transformações”.

No ensino de física, o conceito de energia é considerado um dos mais difíceis de serem construídos, tanto do ponto de vista do ensino – trabalho docente - quanto da aprendizagem, seja por razões epistemológicas ou por razões didáticas oriundas

da própria prática docente ao ensinar esse conceito. Lino (2016), ao discutir as dificuldades na construção conceitual da ideia de energia, aponta que podemos

[...] notar uma série de definições que se repetem tanto no sentido físico da palavra quanto no sentido figurado. De forma geral, os dicionários apresentam uma definição próxima ao seu significado etimológico: energia como capacidade de um corpo ou sistema de realizar um trabalho. Esta definição não deixa de ser próxima também daquela que os livros de Ciências fornecem sobre a energia. Também podemos verificar na maioria dos dicionários, em sentido figurativo, uma certa repetição de significados, os quais são equívocos utilizados com frequência em nosso cotidiano. (Lino, 2016 p. 22)

Analisando por esta perspectiva, é imprescindível que o ensino do conteúdo de energia seja realizado de forma articulada com os fenômenos naturais reais e se efetive em atividades que levem a uma reflexão do aluno sobre o fenômeno, tais como as atividades experimentais investigativas. Ainda, é fundamental que as abordagens metodológicas executadas pelos professores para a construção do conceito de energia estejam em constante revisão e aprimoramento, seja nos processos de formação inicial ou continuada de professores de física.

Partindo dessa constatação sobre a dificuldade de se contextualizar e construir corretamente o conceito de energia junto aos alunos do Ensino Médio, elabora-se o seguinte questionamento: De que forma podemos desenvolver junto aos professores de física da educação básica estratégias de ensino e construção de conceitos acerca dos processos de transformação de energia? Ou, em outras palavras, como formar professores – iniciantes e em exercício – para uma melhor abordagem do conceito de energia?

É na esteira dessa dificuldade conceitual inerente à construção desses conceitos e da tentativa de buscar estratégias formativas de professores para o trato dos mesmos que se busca desenvolver a

análise de um processo de formação voltado a este fim. Assim, neste trabalho realizou-se um estudo das possibilidades decorrentes da elaboração conjunta de uma atividade didática para a formação conceitual e pedagógica de professores e futuros professores de física. Esta compreensão é realizada a partir da análise dos elementos representativos da BCE expressas pelos membros de um GPC voltado à criação conjunta de uma atividade didática planejada especificamente para ensino do conceito de energia e suas transformações.

O plano de trabalho desta pesquisa está assentado na construção de estratégias de formação inicial e continuada de professores para refletirem, planejarem e principalmente, criarem abordagens e processos de ensino de conceitos/tópicos específicos de física. Isso se dá, por exemplo, a partir da formação de professores que comungue em um mesmo espaço de discussão e produção de metodologias e estratégias de ensino os professores em exercício do magistério e os futuros professores de física, ou seja, os alunos de licenciatura.

Por isso, apontamos para a perspectiva teórica da formação de grupos de professores que já há muito é discutida pela literatura nas áreas de Educação e Ensino de Ciências e que discorrem sobre as possibilidades formativas dos grupos de professores, como os trabalhos como os de Santos (2013) e Lopes (2013), por exemplo. Segundo esta autora,

a profissionalização docente deva ser imersa em esferas de debate que incluam, primordialmente, os agentes mais diretos. Neste caso, os agentes envolvidos são os próprios professores, que são “capazes de avaliar em plena consciência, o trabalho de seus pares” (idem, p. 6). Estes agentes vivenciam e compartilham problemas, possibilidades, experiências, entre outros elementos que compõem os mundos subjetivo, objetivo e social. (Lopes, 2013 p. 66)

Assim, esta pesquisa não está pautada apenas na aplicação de uma atividade didática sobre energia e suas transformações com alunos, mas também na construção de conhecimentos por professores e

licenciandos em um processo de planejamento conjunto dessa atividade. A partir disso, os objetivos da pesquisa podem ser definidos nos seguintes termos:

- Identificar os elementos da base de conhecimentos para o ensino expressos nas interações entre os membros de um GPC ao longo de um planejamento conjunto de uma atividade didática sobre energia e suas transformações.
- Evidenciar as influências do processo de planejamento conjunto e dos conteúdos debatidos na construção dos elementos da base de conhecimentos para o ensino encontrados.

1. A formação de grupos de planejamento conjunto e a base de conhecimentos para o ensino: Fundamentações do proceso

É imperativo na compreensão dos aspectos teóricos e metodológicos desta pesquisa a constituição intencional de espaços e situações de formação que agreguem licenciandos e professores em situações de criação conjunta de atividades e metodologias de ensino de física. Barcelos, Villani (2006) apontam para a necessidade de integração entre os dois âmbitos da formação a partir da ideia de que os aspectos presentes na prática cotidiana complementam as visões teóricas apresentadas na formação inicial e a recíproca é verdadeira. Para eles,

[...] de um lado, a pouca articulação entre as várias atividades que constituem o currículo de formação dos licenciandos na universidade parece minar a possibilidade de visibilidade das propostas teóricas apresentadas. De outro lado, a falta de projetos que fortaleçam os vínculos entre a Educação Superior nas instituições formadoras de professores e as instituições de Educação Básica, para que haja trocas entre a universidade e a escola, parece tornar a formação inicial muito teórica e pouco realista. (Barcelos, Villani, 2006 p. 74)

Entretanto, ainda carecemos, principalmente na área de Ensino de Ciências e Física, de estudos sobre

os processos de criação de ações educativas que envolvam professores e licenciandos. Desse modo, entendemos que o princípio dessa pesquisa está em compreender as possibilidades de formação (inicial e continuada) de professores de física em processos de planejamento conjunto e as construções de conhecimentos decorrentes desse processo.

Sobre esta perspectiva formativa, diversos trabalhos já contribuíram na discussão do papel da formação de grupos de professores para suas práticas em sala de aula. Pesquisas como a de Bortoletto (2011), Santos (2013), Carnio (2017), por exemplo, analisaram as potencialidades da constituição de grupos de professores – chamados por eles de PGP - na formação crítica de professores atuantes na educação básica. A construção da autonomia docente em um grupo de professores reunidos em torno da criação conjunta de um projeto temático foi analisada por Nogueira, Neves da Silva (2017). Para eles,

[...] a possibilidade de os professores pesquisarem e elaborarem em conjunto as abordagens de um projeto na escola pode ser compreendida teoricamente como um caminho de relação entre as concepções construídas em conjunto e as possibilidades efetivas de atuação nas suas escolas e em seus contextos de trabalho (Nogueira, Neves da Silva, 2017 p. 49).

Visto que esses são os resultados já expressos pela literatura que pesquisou e apresentou resultados sobre esta questão, aqui se apresenta outra possibilidade teórica para analisar o potencial dos GPC como estratégia de formação de professores. Elabora-se aqui, teoricamente, a necessidade de desenvolvimento de elementos da BCE por professores de física pautados em referenciais que discutem os conhecimentos necessários para a atuação docente como, por exemplo, nos trabalhos de Shulman (1986, 1987). Em um dos principais estudos deste autor (Shulman, 1987, tradução de 2015), foram cunhados os conceitos que constituem a base de conhecimentos para o ensino. No questionamento do autor, se os conhecimentos do professor fosse

organizado num manual, numa enciclopédia ou em algum outro formato de aglomeração de conhecimento, como seriam os títulos das categorias? Para ele,

No mínimo, deveriam incluir: • conhecimento do conteúdo; • conhecimento pedagógico geral, com especial referência aos princípios e estratégias mais abrangentes de gerenciamento e organização de sala de aula, que parecem transcender a matéria; • conhecimento do currículo, particularmente dos materiais e programas que servem como “ferramentas do ofício” para os professores; • conhecimento pedagógico do conteúdo, esse amálgama especial de conteúdo e pedagogia que é o terreno exclusivo dos professores, seu meio especial de compreensão profissional; • conhecimento dos alunos e de suas características; • conhecimento de contextos educacionais, desde o funcionamento do grupo ou da sala de aula, passando pela gestão e financiamento dos sistemas educacionais, até as características das comunidades e suas culturas; e • conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação e de sua base histórica e filosófica (Shulman, 1987 p. 12).

Assim, na construção de categorias de conhecimentos fundamentais para a atuação docente em conteúdos específicos, o autor elenca uma série de características que são imprescindíveis na formação completa de um professor que leciona disciplinas específicas do currículo. A principal inovação, que se constituiu em objeto de estudos teóricos e principalmente de ações práticas de formação de professores, está na presença do CPC, uma categoria de conhecimentos que diz respeito àquilo que o professor conhece sobre as estratégias de ensino e as formas de construção dos conhecimentos específicos. É a partir desse conjunto de conhecimento que se iniciam muitas outras pesquisas e discussões teóricas concentradas na busca pela renovação das categorias que constituem a BCE.

Pesquisa como as de Cochran-Smith, Lytle (1993), Mizukami (2004) e Marcon (2013), se apoiam claramente na classificação de Shulman (1987) e buscam

elucidar o processo de constituição e expressão dessas categorias de conhecimento pertencente à BCE na formação inicial de professores, aspecto importante também nesta pesquisa. Segundo Marcon (2013), há na literatura três perspectivas de análise das propostas de do referencial original em discussão na comunidade acadêmica. Para ele, uma delas

se apoia na própria proposta de Shulman (1987), com a base de conhecimentos constituída por sete diferentes integrantes, relativamente, aos conhecimentos de conteúdo; pedagógico geral; do currículo; dos alunos e suas características; do contexto educacional; dos fins, propósitos e valores educacionais; e s pedagógicos de conteúdo (Marcon, 2013 p. 44).

A BCE é a perspectiva sobre a qual se assenta, nesta pesquisa, a análise de um processo formativo específico de formação de professores de física. Fundamentalmente, o olhar desta pesquisa está nos CPC, componente da base a qual se relacionam os conhecimentos necessários à construção das estratégias de ensino de física e que, certamente, se relacionam com todas as outras categorias de conhecimento. A pesar de Shulman (1987) ter estabelecido as bases dos conhecimentos dos professores, outros pesquisadores continuaram a discussão sobre esse tema e geraram modelos elaborados, nos quais outras categorias de análise foram incorporadas, tais como: Etkina (2010); Melo-Niño, Mellado, Buitrago (2016); Lee, Luft (2008); Cortes-Junior, Sá (2017); Verdugo-Perona, Solaz-Portolés, Sanjosé-López (2016).

O CPC contempla as diferentes maneiras de se abordar e apresentar os tópicos de uma área do conhecimento, de modo a torná-los mais compreensíveis para os alunos. Assim, este conhecimento abarca a compreensão do que facilita ou dificulta aprendizagem de um tópico, bem como a de que alunos de diferentes faixas etárias e portadores de diferentes experiências de vida trazem conceitos que podem interferir na aprendizagem desse tópico. Mais além, os CPC englobam a habilidade de planejar, propor, criar atividades a abordagens didáticas que apontem para a construção de conceitos, neste

caso, de Física. De acordo com Marcon (2013 p. 71), para que

os conhecimentos relacionados ao conteúdo possam ser ensinados, além de necessitarem estar bem estruturados no interior da base, eles terão de passar por um tratamento, sob o ponto de vista do seu ensino, por uma transformação à luz dos conhecimentos pedagógicos e dos demais conhecimentos concernentes à situação de ensino e aprendizagem.

No que se refere especificamente ao estudo dos BCE na formação de professores de física, Etkina (2010), baseada principalmente nas teorizações até aqui apresentadas e nas discussões posteriores relativas ao CPC, propõe um modelo formativo destinado aos professores de física composto pelo: a) conhecimento do conteúdo (CC) que abarca “os conceitos e leis da física e os métodos da investigação científica” (p. 01, tradução nossa); b) conhecimento pedagógico geral (CP), caracterizado como sendo o “conhecimentos gerais sobre como as pessoas aprendem e sobre o funcionamento da escola” (p. 01, tradução nossa); c) conhecimento pedagógico de conteúdo (CPC) como sendo um entendimento e uma habilidade que os professores de física possuem para integrar os conhecimentos físicos à elementos que promovem e facilitam a aprendizagem dos estudantes.

Tal categorização foi utilizada, por exemplo, por Caldato, Neves da Silva (2019) como critério de avaliação de um programa brasileiro de formação de professores de física. A partir dessa classificação, o CPC dos professores de física pode ser associado, entre outros, aos métodos específicos de resolução de problemas físicos, à investigação experimental característica da física, ao conhecimento do currículo escolar de física, às concepções de estudantes sobre os conceitos físicos e as estratégias que favorecem a mudança delas, etc. Ou seja, o CPC é, muito provavelmente, a categoria que melhor distingue a formação do professor de física, do pedagogo e do físico profissional (Shulman, 1987; Etkina, 2010).

Outros pesquisadores recentemente vêm investigando e contribuindo para os estudos sobre o desenvolvimento dos CPC e suas possibilidades na formação de professores de física. Por exemplo, Melo-Niño, Mellado, Buitrago (2016), investigando às demandas profissionais desses docentes, concluíram que,

o conhecimento pedagógico de conteúdo, no planejamento, é cada vez mais elaborado à medida em que a professora adquire mais confiança no conteúdo que ensina, adquire uma maior compreensão dos contextos de ensino, revisa suas práticas docentes e planeja e cria novas formas de representação didática (Melo-Niño, Mellado, Buitrago, 2016 p. 146, tradução nossa).

Ainda segundo essas autoras, as mudanças nos conhecimentos profissionais dos professores carregam obstáculos tanto oriundos da sua formação inicial quanto da sua experiência profissional. Afirmam que “ao se considerar os CPC como coração do conhecimento profissional, seu desenvolvimento requer papel relevante nos processos de formação e de desenvolvimento profissional de docentes” (Melo-Niño, Cañada, Mellado, 2017 p. 470, tradução nossa). Esta reflexão nos permite apontar para a possibilidade dessa relação que se pretende construir entre as duas instâncias da formação de professores de física na construção de um planejamento conjunto.

Com os aspectos teóricos discutidos acima, destacamos sobre a necessidade do desenvolvimento e avaliação de processos formativos de professores de física que visem à construção de CPC relativo aos vários conceitos e temas de física.

2. Aspectos metodológicos: Coleta e análise de dados da pesquisa

Esta pesquisa se concentrou em identificar e analisar os elementos representativos da BCE que foram desenvolvidos pelos membros de um GPC no planejamento de uma atividade investigativa sobre o tema energia e suas transformações. Para fins de

compreensão, foram nomeados de “Professora” a professora da Educação Básica parceira, de “Licenciando” o professor em formação inicial (estudante de licenciatura em física) e de “Formador” o professor da universidade participante do grupo. Os participantes desse grupo tinham como principal tarefa elaborar uma atividade experimental investigativa e também o roteiro de orientação desta atividade sobre a temática “energia e suas transformações”.

Foram realizadas seis reuniões para a elaboração desta projeto, a saber: 1) elaboração de uma atividade experimental levando em conta demandas da professora parceira; 2 e 3) a criação conjunta de um roteiro para guiar a atividade experimental; 4) desenvolvimento, em parceria, da atividade em sala de aula; 5 análise dos dados obtidos; 6) avaliação da atividade. Todas esas reuniões foram gravadas em áudio e ranscritas para análise.

O processo de análise foi realizado por meio da categorização dos conhecimentos expressos nas falas dos participantes do GPC. As categorias utilizadas, construídas a partir dos elementos de conhecimentos da BCE estão mostradas na Tabela 1. As categorias adotadas neste trabalho são aquelas apresentadas em Cochran-Smith, Lytle (1993) e reinterpretadas por pesquisa mais atuais, tais como Marcon (2013), Etkina (2010). Esta escolha de categorias se dá pela agregação teórica já realizada desse conjunto de conhecimentos ao processo formativo de professores de física, tal qual esta pesquisa.

Os conhecimentos representados pelos termos A, B, C, D e E são os agrupamentos e se referem aos grupos dos conhecimentos pertencentes à BCE. As categorias designadas pelos termos A1, B2, C3, D2, E1, etc, representam os elementos de cada um dos grupos de conhecimentos.

Assim, a partir das transcrições das gravações em áudio de todo o processo de planejamento conjunto, a busca por unidades de análise – excertos – se deu em vista dos agrupamentos e das categorias explicitadas na Tabela 1 e foi possível identificar e agrupar os momentos nos quais os membros do GPC expressam elementos representativos de algum dos conhecimento.

Tabela 1. Agrupamentos e Categorias de análise dos elementos de conhecimentos da BCE.

A: Conhecimento Pedagógico Geral (CPG)	B: Conhecimento de Conteúdo (CC)	C: Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (CPC)	D: Conhecimento dos Alunos (CA)	E: Conhecimento do Contexto (CCo)
A1: Conhecimento sobre o funcionamento da escola, gestão e organização da escola.	B1: Conhecimento das leis da física e das grandezas fundamentais.	C1: Conhecimento sobre métodos e abordagens de ensino de física, tais como experimentação e investigação, abordagem temática ou CTS, etc.	D1: Conhecimento das concepções prévias dos alunos a respeito do conteúdo.	E1: Conhecimento da realidade socioeconômica da escola e dos alunos.
A2: Conhecimento das formas de aprendizagem dos alunos e suas diversidades cognitivas.	B2: Conhecimento das relações conceituais e matemáticas entre os conceitos e grandezas da física.	C2: Conhecimento sobre o currículo de física e os conceitos físicos em linguagem escolar.	D2: Conhecimento dos interesses e vivências cotidianas dos alunos que estão relacionados com o conteúdo.	E2: Conhecimento da estrutura organizacional e dos objetivos gerais da escola.
A3: Conhecimento sobre as fundamentações teóricas dos processos educativos, fundamentalmente os valores que cercam o processo educativo.	B3: Conhecimento do processo de construção das leis da física e como a ciência constrói conhecimentos (história e epistemologia do conhecimento físico).	C3: Conhecimento dos materiais didáticos e instrumentos específicos do ensino de física.	D3: Conhecimento das características da aprendizagem dos alunos e suas facilidades e dificuldades no processo de aprendizagem.	E3: Conhecimento das dimensões políticas e organizacionais do sistema escolar no qual o professor está inserido. insere.
A4: Conhecimento sobre estratégias gerais de ensino, tais como grupos de trabalho, aprendizagem colaborativa, etc.	B4: Conhecimentos sobre os processos de construção de conhecimento físico de base experimental.	C4: Conhecimento das concepções e dificuldades mais comuns dos alunos em diversos conceitos físicos.		E4: Conhecimento da organização e divisão de grupos em cada turma e seus impactos na aprendizagem dos alunos.
		C5: Conhecimento de métodos de avaliação específicos que captem a manifestação das relações entre conceitos e do pensamento físico nos alunos		

Fonte: Elaborado pelos autores (Baseados em Etkina, 2010; Shulman, 1987; Cochran-Smith, Lytle 1993; Marcon, 2013; Caldatto, Neves da Silva, 2019).

3. Os conhecimentos manifestados pelos membros de um GPC: Apresentação e discussão dos resultados

O primeiro foco deste trabalho foi buscar os elementos representativos (excertos) relacionados com o Agrupamento A – Conhecimento Pedagógico Geral (CPG), cujos resultados encontrados estão mostrados no Quadro 1.

A respeito dos CPG manifestados nas interações entre os membros do GPC, foi possível perceber que foram poucos os momentos nos quais estes foram detectados. Dada também a natureza da atividade que estava sendo desenvolvida, é de se supor que seriam mesmo escassos os conhecimentos

desenvolvidos com respeito às características da aprendizagem dos alunos ou às características burocráticas das escolas e seus documentos orientadores. Ainda assim, foi possível identificar a presença da categoria de conhecimento A1 (Conhecimento sobre o funcionamento da escola, gestão e organização da escola) e A4 (Conhecimento sobre estratégias gerais de ensino, tais como grupos de trabalho, aprendizagem colaborativa, etc), quando da necessidade de planejar as estratégias de execução da proposta.

Nos Quadros 2 e 3 são explicitados e analisados os elementos do Agrupamento B - Conhecimentos de Conteúdo (CC) - manifestados nas interações dos participantes do GPC.

Quadro 1. Categorização dos dados do Agrupamento A – Conhecimentos Pedagógico Geral.

Linha	Excerto	Categorização
2.1	Professora: “Vai ser na escola... Eu coloquei na escola por causa da sua demanda. É melhor que a gente vai fazer lá”	A1
2.2	Professora: “Teve CBC... fizeram aqui uma vez essa abordagem sobre as competências... Nesse caso, tem a ver com a gente fazer eles executarem os experimentos para eles desenvolverem as habilidades de investigação... O currículo do estado tem essa habilidade, podemos pegar por ela...”	A4

Fonte: elaborado pelos autores.

Quadro 2. Categorização dos dados do Agrupamento B – Conhecimentos de Conteúdo.

Linha	Excerto	Categorização
3.1	Professora: “Mas às vezes não tem os cálculos que fazem para energia eólica que dependendo do tanto de hélice ou da velocidade do vento a turbina trava...Então nem sempre é um monte de ar”	B4
3.2	Licenciando: “E também a eficiência muda né? Porque tem a questão custo-benefício aí tem a questão de gasto.”	B1
3.3	Licenciando: “Porque que a luz do abajur e a luz do sol fazem a mesma coisa, as duas conseguem fazer funcionar a plaquinha.”	B4
3.4	Formador: “Eu acho que é muito por causa de intensidade... Porque é o mesmo tipo de radiação. O que importa é que seja radiação visível. Acho legal isso, essa pergunta. O que é legal da placa para explicar é que esse sistema dela aí deve ser um sistema que é capaz de absorver a frequência do visível, seja qual for a fonte, o sol ou a lâmpada, sendo luz visível, ele absorve.”	B4
3.5	Professora: “Aí você tá aí você consegue fazer a curva é ótimo é mais complexo do que a gente consegue explicar porque tem um limite também que a gente acha que quanto mais ela está melhor né... Mas às vezes não tem os cálculos que fazem para energia eólica que dependendo do tanto de hélice ou da velocidade do vento a turbina trava... Então nem sempre é um monte de ar... Vocês entendem como explicar isso?”	B4

Fonte: elaborado pelos autores.

Os excertos do planejamento conjunto explicitados no Quadro 2 dão conta de representar a maioria dos CC encontrados nas falas de todos os participantes do GPC. Ressalta-se que não se trata da totalidade das falas categorizadas nesse agrupamento, mas aquelas que são representativas dessa totalidade, de modo que estas nos permitem destacar a presença majoritária das categorias B1 (Conhecimento das leis da Física e das grandezas fundamentais) e B4 (Conhecimentos sobre os processos de construção de conhecimento físico de base experimental) durante este processo estudado.

A fim de exemplificar a análise dos CC, destaca-se um momento particular desse planejamento

conjunto, no qual a Professora e o Licenciando debatem o conteúdo relativo à eletrólise, como observamos no Quadro 3.

Durante a análise foi possível constatar que as categorias B1 e B4 são as mais presentes nas falas dos participantes do GPC, o que se justifica na própria natureza da atividade que estava sendo planejada, uma atividade experimental de característica investigativa. Nesses moldes, é esperado que este processo, no que diz respeito à sua capacidade de estimular a apreensão de conteúdos específicos de física, retorne discussões a respeito dos conceitos físicos pertencentes ao experimento e a respeito do próprio processo de experimentação.

Quadro 3. Discussão, ainda no Agrupamento B – Conhecimentos de Conteúdo.

Linha	Excerto	Categoria
4.1	Professora: “Então o efeito fotoelétrico e eletrólise são duas coisas que a gente vai ter que trabalhar antes porque as fontes de energia que a gente tá usando né que é por exemplo a plaquinha de hidrogênio e a placa solar elas não funcionam transformando a energia do movimento em energia elétrica.”	B1
4.2	Licenciando: “Mas eu acho que essa plaquinha deve funcionar de outra maneira que não é o efeito fotoelétrico. Das outras fontes de energia eu acho que é por aí mesmo...Mas da plaquinha tem alguma coisa de reação química...Você está procurando aí?”	B1
4.3	Professora: “Sim...Tem aqui no manual e na internet...Deixa eu ver...Ah sim, então não é exatamente efeito fotoelétrico...Tem a ver com o material. É silício que é excitado pela energia da luz solar e desprende elétrons.”	B1
4.4	Licenciando: “Legal...Então a gente tem que colocar isso na aula. Tem aqui uma explicação da reação química que ocorre e porque desprende...Vamos colocar isso na aula, mas também explicar o efeito fotoelétrico...De desprender por causa da luz...”	B1

Fonte: elaborado pelos autores.

Assim, é possível afirmar que elementos de conteúdos específico sobre energia e suas transformações foram mobilizados e aprimorados pelos membros do GPC ao discutirem sua forma de explicação, como por exemplo nas discussões expressas nas linhas 3.1 e 4.2, nas quais os participantes estão debatendo e concluindo sobre as grandezas que influenciam, respectivamente, na eficiência de produção de energia.

O que também foi possível verificar é que, ao desenvolverem a construção conjunta de uma proposta de prática de sala de aula desde seu princípio, a criação do experimento, as perguntas, o roteiro de orientação e a avaliação, os membros mobilizaram seus conhecimentos sobre os seguintes aspectos do tema em estudo: potência e eficiência na geração de energia elétrica, funcionamento dos motores elétricos e energia da radiação visível. Isso fica explícito ao se observar, em ordem crescente – da linha 4.1 até a linha 4.4 – as interações expressas no Quadro 3. Essas constatações vão ao encontro da argumentação de Verdugo-Penona, Solaz-Portolés, Sanjosé-Lopes (2016 p. 595), que, ao pesquisarem as relações entre os CC e os CPC em outras pesquisas, encontraram

que os professores que tinham um CC elevado também tinham um maior conhecimento dos estudantes. Além disso, observaram que as limitações no CC geravam problemas para determinar os objetivos da aprendizagem, os conceitos-chave, as atividades de aprendizagem ideias e as estratégias de ensino mais pertinentes.

Ademais, se destacam as falas expressas nas linhas 3.3 e 3.4, nas quais são discutidos elementos teóricos dos experimentos que estão sendo explorados. Percebe-se a mobilização de conhecimentos de conteúdo aplicados especificamente ao processo do experimento, grandezas que influenciam seu funcionamento e principalmente as estratégias experimentais que devem ser adotadas com os estudantes, em sala de aula, para que eles compreendam as grandezas que se pretende ensinar.

Os elementos do Agrupamento C – Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (CPC), pertencentes ao agrupamento C, estão mostrados no Quadro 4, sendo estes os principais tipos de conhecimento, na perspectiva dos nossos referenciais teóricos, a serem desenvolvidos no processo formativo de professores.

Quadro 4. Categorização dos dados do Agrupamento C – Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo.

Linha	Excerto	Categorização
5.1	Formador: “Por isso que ela trouxe planejamento de conteúdos para a gente poder pensar... assim... o kit atividade a gente pode fazer em cada sala e a gente podia pensar assim... você vai ser experimental ou se vai ser o uso de algum material que nós temos sempre para construir uma ideia de energia”	C1
5.2	Professora: “Eu acho que deu certo aquele modelinho de reportagens. Eu separei exatamente reportagens que tem a ver com energia elétrica com consumo. Isso deu muito certo é uma coisa que eu queria repetir uma outra coisa que eu queria testar”	C3
5.3	Licenciando: “Tem dois kits que são de carrinhos. Uma célula fotovoltaica, um carrinho que funciona inteiro por célula de hidrogênio e o outro kit que trata dos vários tipos de energia, que fala de energia fotovoltaica. De painel solar eram três coisinhas e outra coisa que remete a energia eólica e que eu preciso saber o que que é que eu não lembro.”	C3
5.4	Professora: “Então isso é uma coisa que a gente podia fazer junto aqui porque eu tô com bastante interesse em mexer nisso de montar. Eu levei na escola, agora a gente precisa aprimorar isso para tentar usar esses experimentos esses carrinhos que estão aqui que estão prontos e que são experimentos que tratam exatamente do tema que eu queria tratar, que são fontes renováveis de energia”	C3
5.5	Formador: “A gente tem que pensar assim... Se a gente fosse trabalhar com esses carrinhos lá na escola, que funcionam com vários tipos de energia, o que que a gente ia elaborar o que que a gente ia pedir para eles fazerem tipo um passo a passo?”	C1
5.6	Licenciando: “E aí são as perguntas que vão fazer com que eles se movam discutam e vão atrás de explicar?”	C5
5.7	Licenciando: “Qual tipo de energia, ou seja, qual conceito de energia a gente quer passar primeiro? Se a energia mecânica no primeiro ano, energia térmica no segundo ou energia elétrica no terceiro”	C2
5.8	Professora: “Mas de repente a gente pensa em alguma outra forma de cobrar o assunto e avaliar se eles sabem como fazer cartazes e uma outra forma de explicar. Assim... eu não tenho muita experiência nisso mas eu acho que a gente podia tentar também.”	C2
5.9	Licenciando: “Então a gente podia tentar estabelecer alguns fatores na atividade experimental que fizessem eles perceberem qual dos tipos de energia o menos impactante com a mesma eficiência que ele sabe relacionar custo-benefício ou quantidade produzida e quantidade necessária.”	C1
5.10	Formador: “...se a gente conseguir trabalhar com essa energia eólica... com a célula solar... mover as duas coisas com a célula solar e fazer com isso o carrinho se mover o carrinho... então a gente já está falando de dois tipos de energia a gente pode considerar que a energia proveniente da eletrólise é legal e não renovável Por que a gente precisa alimentar ele com água o tempo inteiro será?”	C1
5.11	Licenciando: “a gente vai ter que pensar em um tipo de trabalho com os alunos de colocar no roteiro algo que cada grupo possa fazer uma parte cada grupo possam fazer uma etapa da investigação”	C1
5.12	Professora: “...porque eu pensei em fazer isso ao contrário do que eu fiz o ano passado sozinha... que eu acabei fazendo só uma exibição para eles e não é esse o caso não... Então eu queria pensar nessa coisa assim a provocar a discussão para levar eles a reflexão para eles responderem o roteiro. Não de exibir o experimento”	C1
5.13	Professora: “acho que a gente tem que pensar em perguntas mais diretas e o coisas mais orientadas por que deixar isso para eles a vontade eles não vão fazer ninguém vai anotar nada. Essa história de descreva com as suas palavras e anote o que vocês viram isso não vai rolar não porque eles não anotam... tem que ser uma coisa direta mais direta que eles façam exatamente alguma coisa que pode vir a ser uma conclusão de cada um sabe”	C4, C5
5.14	Licenciando: “...é porque aí o que que a gente vai ter que pensar agora é o que que a gente vai pedir para eles registrarem e quando a gente tiver fazendo cada experimento.”	C5
5.15	Professora: “...é porque só olhar é 20 minutos de êxtase que eles acham tudo legal mas ela dura mais que isso então a gente tem que criar passo a passo e cada passo tem que ter uma anotação.”	C4, A2
5.16	Licenciando: “Então vem quais as perguntas que a gente vai fazer? Quais as coisas que a gente vai pedir para eles fazerem com carrinho? Ou seja qual conceito de energia a gente quer passar primeiro se a energia mecânica no primeiro energia térmica no segundo energia elétrica no terceiro?”	C1, C2

Fonte: elaborado pelos autores.

O que fica mais evidente na análise é a presença majoritária dos CPC relacionados à métodos e abordagens de ensino de física (C1) e materiais didáticos e instrumentos específicos do ensino de física (C3). Essa evidência é uma característica marcante do planejamento conjunto de atividades experimentais, visto que coloca em situação de criação os professores que discutem e elaboram práticas específicas. É, portanto, imperativo desse processo que se encontrem conhecimentos relacionados a estratégias de ensino de física. O destacável aqui é a possibilidade de relacionar a estratégia de planejamento conjunto de práticas de sala de aula com o desenvolvimento – ou a articulação – de CPC na construção de uma atividade. Muitos trabalhos, tais como Talanquer (2005); Appleton (2008); Henze, Van Driel, Verloop (2008), descrevem o papel dos CPC na formação de professores, incrementando e aprofundando a discussão sobre suas formas de utilização como evidência de formação de professores. Verdugo-Perona, Solaz-Portolés, Sanjosé-López (2017) contribuem com um exemplo disso. Segundo esses autores,

Talanquer (2005) describió en su estudio con profesores de secundaria en formación una actividad de carácter indagativo, relacionada con la tabla periódica de elementos, cuyo objetivo principal era desarrollar el CDC de esos futuros profesores. En concreto, observó que esta actividad permitía a estos profesores: a) integrar sus conocimientos sobre las propiedades de los elementos químicos y su periodicidad, b) identificar los puntos que los estudiantes necesitan entender para desarrollar una completa comprensión de la tabla periódica, y c) reconocer las dificultades con que las que se encontraron dichos estudiantes para interpretar la información química contenida en la tabla periódica (Verdugo-Perona, Solaz-Portolés, Sanjosé-López, 2017 p. 598).

Em uma análise mais pormenorizada desses CPC encontrados nas falas dos integrantes do grupo, pode-se mencionar a interação entre a professora e o licenciando expressas nas linhas 5.5 a 5.8 nas

quais debatem uma estratégia de questionamento aos alunos sobre os elementos do experimento que estão elaborando em conjunto. Ao acompanhar essa interação, além dos elementos que demonstram a presença de elementos de CPC, há também a observação de como tanto a professora quanto o licenciando se colocam no desafio de criar suas questões e suas perguntas baseadas em uma proposta a ser executada – a investigação, pelos alunos.

Além dos resultados relativos aos CPC específicos descritos anteriormente, verifica-se ainda a expressão de conhecimentos relativos ao currículo de física da Educação Básica (C2) e inclusive a criação de estratégias de avaliação específicas para a atividade planejada (C5), sendo esta uma criação do grupo, pensada e planejada pelos seus membros.

Já no que se refere aos agrupamentos D - Conhecimento dos Alunos (CA) - e E – Conhecimento do Contexto (CCo), expressos na Tabela 1, foram identificados apenas três excertos em todas as interações registradas que remetem ao conhecimento do contexto, ou seja, ao agrupamento E, e estão expressas no Quadro 5. Contudo, esses dois elementos são insuficientes para analisar a relação entre sua ocorrência e a atividade em desenvolvimento pelo GPC.

O que se pode observar na compreensão da ocorrência dos elementos de conhecimento expressos nos agrupamentos D e E é que a ausência desses elementos podem ser ocasionadas por duas razões principais. A primeira delas diz respeito à natureza da discussão que estava sendo provocada entre os membros do GPC, que foram se conduzindo para uma abordagem específica da atividade experimental voltada ao conteúdo, ou seja, o encaminhar das discussões se concentrou nas formas de desenvolver a atividade experimental para que os alunos compreendessem o conteúdo. Há ainda ao fato de que o grupo se reunia na universidade para elaborar a atividade, e não na escola, o que pode ter conduzido a elaboração dos membros se muitas interferências da Professora sobre os aspectos relativos ao contexto escolar e aos alunos.

Os elementos apresentados nos Quadros 4 e 5 anteriores e suas categorias evidenciam os

Quadro 5. Categorização dos dados do Agrupamento D e E – Conhecimentos dos Alunos e Conhecimentos do Contexto.

Linha	Excerto	Categorização
6.1	Formador: “é aula dupla né... Porque só que a gente tem que fazer em aula dupla porque isso aqui a gente vai ter que levar montado vai dar um experimento para cada um com o termo diferente depois troca.”	E2
6.2	Licenciando: “É porque a gente tem que tratar do teórico e também fazer o experimento do carrinho da mesma aula porque eu não posso gastar tanto as aulas eu posso pensar numa sequência didática a gente pode pensar numa sequência didática que fale do tema ao longo de algumas aulas mas eu preciso dar alguns conteúdos em algumas aulas.”	E2
6.3	Formador: “porque aqui você só quer que eles estudem ou que eles tenham conhecimento que existem tipos de energias diferentes e que elas vêm podem vir de lugares diferentes.”	D3

Fonte: elaborado pelos autores.

conhecimentos da BCE demonstrados por Professora, Licenciandos e Formador ao longo do processo de planejamento conjunto e podem ser compreendidos tanto do ponto de vista da atividade de planejamento conjunto quanto da natureza da parática que estava sendo elaborada, como se faz a seguir.

Após a categorização descrita, foi possível evidenciar a existência de uma relação entre dois grupos de compreensão dos dados que carregam elementos importantes para a constituição de uma reflexão sobre estratégias de formação de professores de física para a construção de conhecimentos necessários a sua atuação profissional. Por ocasião da observação e tentativa de compreensão dos dados e reagrupando os conhecimentos detectados na etapa anterior, foram criados outros dois agrupamentos de análise, que permitiram refletir acerca dos *Conhecimentos atribuídos ao planejamento conjunto (G1)* e dos *Conhecimentos atribuídos à atividade experimental investigativa (G2)*.

A necessidade de produzir esses agrupamentos, que não necessariamente dizem respeito à taxonomia dos conhecimentos de professores utilizada até então, está relacionada, principalmente, com a questão principal da pesquisa e que é consequência da experiência que está sendo analisada neste artigo: Qual é o papel dos processos formativos vivenciados pelos professores na construção dos seus conhecimentos? Nesse ínterim, tornou-se fundamental, no desenvolvimento da pesquisa, evidenciar aqueles conhecimentos que são consequência tanto

da metodologia do processo formativo – o grupo de planejamento conjunto – quanto da metodologia de ensino que estava sendo planejada – a atividade experimental investigativa.

Excertos tais como “*Vocês entendem como explicar isso?*” – linha 3.5 – ou a sugestão de marcação de uma reunião para a continuidade dos estudos – linha 5.12 – demonstram situações nas quais o elemento de conhecimento expresso é fruto decorrente da prática de planejamento conjunto. Isso ocorre, por exemplo, quando a expressão dos conhecimentos categorizados é decorrente de um questionamento de outro membro do grupo, ou de uma proposta de discussão, até mesmo de um desafio feito no GPC, como no excerto da linha 5.11. Isso, para esta situação específica, pode ser acrescentado como mais um elemento que contribui na manifestação dos conhecimentos pelos professores. Além desses exemplos, podemos encontrar nas linhas 5.1, 5.2, 5.4, 5.6 e 5.9 outros excertos pertencentes ao agrupamento G1.

Evidentemente, este agrupamento apresenta indícios incipientes da relação entre a estratégia de planejamento conjunto e a construção de conhecimentos pedagógicos de conteúdo. O que se pode evidenciar aqui trata-se, de maneira preliminar, da necessidade de que pesquisas mais aprofundadas sejam realizadas sobre esta relação.

Além do mais, no campo específico da formação de professores, investigações tais como as de Simão *et al.* (2009), apontam para esta articulação

como possibilidade de construção conjunta de conhecimento, como, por exemplo, ao dizerem que “O desenvolvimento do conhecimento acerca dos processos de aprendizagem dos adultos realça claramente a importância da reflexividade e da aprendizagem em contexto, reforçando a necessidade de articulação entre os processos de trabalho e os processos de formação” (p. 64). Mais ainda, como afirma Mendonça, Lopes (2014), ao denominar um desses grupos de Pequenos Grupos de Pesquisa (PGP).

Esta definição vai ao encontro do que se espera metodológica e teoricamente do que denominamos PGPs. Denominamos Pequenos Grupos de Pesquisa (PGP) as associações de professores, que se reúnem na escola, na universidade, ou em outros locais, que congrega profissionais da escola básica e que buscam por temas relevantes para a sociedade local e problematizam, de modo a constituir os interesses de estudo, pesquisa e prática dos docentes (2014, p. 110).

Nesse sentido, há certa gama de trabalhos que são desenvolvidos na perspectiva de estudar e caracterizar os mais diversos conhecimentos construídos por grupos de professores, como é, em partes, o caso desta pesquisa. Disto, ressalta-se a possibilidade aberta de estudos que elucidem como os CPC – e os outros elementos da BCE - podem ser desenvolvidos com professores que se proponham a planejar em conjunto.

Na sequência, no agrupamento G2 foram condensados aqueles excertos que, para além dos elementos de conhecimento já categorizados, expressem uma relação com a especificidade da atividade que estava sendo planejada pelos participantes.

Os excertos de interação presentes nas linhas 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16, por exemplo, estão diretamente relacionadas com o fato de os participantes estarem planejando uma atividade experimental de características investigativas, o que, como já se argumentou anteriormente, ocorreu durante as reuniões do GPC e não como recomendação anterior ou sugestão do Formador. Isto nos permite

expressar uma característica específica do processo de formação de um GPC, que é a presença de um potencial para a produção de materiais e atividades de ensino pelos próprios professores e futuros professores em interação.

A tentativa de construir um agrupamento a parte que posicione os conhecimentos oriundos da metodologia de ensino que está sendo discutida está bastante relacionada à questão já colocada anteriormente. Visto que este artigo expõe as evidências de construção de conhecimentos especializados pelos professores, há de se propor as variáveis que determinam esta construção. Assim, buscou-se aqui relacionar os conhecimentos evidenciados com os momentos em que os professores estão discutindo especificamente os elementos da atividade em elaboração, ou seja, os passos da atividade de experimentação que carregam as características investigativas.

Nas linhas 5.10, 5.11 e 5.16, por exemplo, fica explícita a tentativa de buscar a forma de atuação da professora para que os alunos investiguem as variáveis relacionadas ao entendimento do experimento, e isso os leva a deliberar sobre a necessidade de elaborarem questões abertas e que prescindam de um teste experimental para serem respondidas. Além de este ser um elemento claro de “conhecimento sobre métodos e abordagens de ensino de física” (C1) e de “conhecimento dos materiais didáticos e instrumentos específicos do ensino de física” (C3), este caracteriza também um dos principais elementos da abordagem investigativa, a saber, a aproximação da investigação do aluno da investigação científica, da mensuração. Ao compilar essas defesas a partir dos referenciais teóricos, Sedano, Carvalho (2017) ressaltam as características explicitadas aqui da seguinte maneira:

As ações e características próprias do fazer científico defendidas acima são defendidas na literatura a partir de algumas práticas de ensino que aproximam o trabalho do aluno com as ciências. Gil Perez e Castro (1996); Schiel e Orlandi (2009) e Carvalho (2010) apresentam essa aproximação relacionando as propostas

de ensino com algumas etapas da pesquisa científica, a saber: problematização, atividade de exploração, conclusão, sistematização e registro e a divulgação do trabalho (Sedano, Carvalho, 2017 p. 201).

Ainda é possível destacar a presença neste agrupamento de CPC das categorias C2 e C4, ou seja, ao elaborarem em conjunto as questões que levarão os estudantes a uma investigação experimental, é possível mobilizar e explicitar a presença de CPC relativos tanto às metodologias e processos do ensino de física, quanto ao currículo de física da educação básica e às principais dificuldades e concepções dos alunos a respeito do tema energia elétrica e suas transformações.

4. Considerações Finais e perspectivas futuras

A realização dessa pesquisa se deu em um contexto específico e em uma situação de planejamento bastante pontual, uma vez que se propôs a sistematizar e compreender, por meio da detecção de elementos da BCE, as possibilidades decorrentes da formação de grupos de planejamento conjunto entre professores e licenciandos. No entanto, os resultados aqui descritos nos permitem algumas generalizações e propostas oriundas das relações entre esses resultados e os processos formativos de professores descritas nas análises de dados.

Observando os excertos analisados, o que se destaca em primeiro plano é a presença majoritária conteúdos do tipo CPC. Assim, afirma-se que nos momentos nos quais os participantes do GPC estão debatendo e deliberando sobre como produzir as competências investigativas pretendidas pela atividade experimental, são os CPC que estão sendo mobilizados e expressos.

Um dos primeiros resultados evidentes é a presença de vários CPC relativos ao desenvolvimento de estratégia específicas de ensino de física e ao conhecimento do currículo de física da educação básica, além de vários CC relativos ao tema em estudo, neste caso, energia e suas transformações.

O que é possível concluir deste ponto específico é a relação clara entre o planejamento conjunto de uma abordagem e a explicitação de CPC relativos ao conteúdo do trabalho.

É fundamental observar neste trabalho a possibilidade, representadas pelos agrupamentos G1 e G2, de relacionar a expressão de elementos da BCE com os especificidades da atividade. Por esta relação, foi possível levantar indícios de que a mobilização dos elementos da BCE podem ser facilitados em situações de planejamento em grupo de atividades didáticas, assim como pela criação conjunta de atividades investigativas, substancialmente no ensino de física.

Dessa maneira, com atividades esta natureza, pode-se concluir que o encaminhamento de ações de planejamento conjunto de abordagens, atividades experimentais, etc, desenvolvidas por licenciandos em parceria com professores e professoras da educação básica é bastante significativa do ponto de vista da construção de conhecimentos específicos do ensino de física e também da construção conjunta de conhecimentos pedagógicos de conteúdo. Assim, sugere-se a continuidade do processo de parceria com os professores da escola em busca de melhorar a atividade experimental para que ela resulte em abordagens cada vez mais eficientes no ensino do conceito de energia.

Referencias bibliográficas

- APPLETON, K. Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. **Journal of Science Teacher Education**, London: England, v. 19, n. 6, pp. 523-545. 2008. <https://doi.org/10.1007/s10972-008-9109-4>
- BARCELOS, N.N.S.; VILLANI, A. Troca entre universidade e escola na formação docente: uma experiência de formação inicial e continuada. **Ciência & Educação**, Bauru: Brasil, v. 12, n. 1, pp. 73-97. 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100007>
- BORTOLETTO, A. Formação Continuada de Professores: A Experiência de uma Temática

- Sociocientífica na Perspectiva do Agir Comunicativo. 369 p. Doutorado em Educação em Ciências. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru. 2013.
- CALDATTO, M.E.; NEVES DA SILVA, J.R. Uma discussão sobre a formação de Professores promovida por um IES federal por meio da “Complementação Pedagógica para Não Licenciados”: o caso do professor de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis: Brasil, v. 36, n. 1, pp. 224-255. 2019. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n1p224>
- CARNIO, M.P. A experiência formativa de professores no trabalho com uma questão sociocientífica: potencialidades e obstáculos em um Pequeno Grupo de Pesquisa. 314 p. Doutorado em Educação em Ciências. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru. 2017.
- CARNIO, M.P.; LOPES, N.C.; MENDONÇA, T. Questões sociocientíficas nos Pequenos Grupos de Pesquisa (PGP). In: ORQUIZA DE CARVALHO, L.M.; CARVALHO, W.L.; LOPES JUNIOR, J. (Orgs.). **Formação de Professores, questões sociocientíficas e avaliação em larga escala: Aproximando a pós-graduação da escola**. 1 ed. Editora Escrituras. São Paulo: Brasil. 2016. pp. 81-104.
- COCHRAN-SMITH, M.; LYTLE, S.L. (Eds.). **Inside/outside: Teacher research and knowledge**. Teachers College Press. New York: USA. 1993.
- CORTES JUNIOR, L.P.; SÁ, L.P. (2017). Conhecimento Pedagógico do Conteúdo no contexto da Educação Ambiental: uma experiência com mestrandos em Ensino de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: Brasil. v. 19, n 1, pp. 1-22. 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190105>
- ETKINA, E. Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, New York: USA, v. 6, n. 2, pp. 1-26. 2010. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>
- HENZE, I.; VAN DRIEL, J.H.; VERLOOP, N. Development of experienced science teachers’ pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. **International Journal of Science Education**, London: England. v. 30, n. 10, pp. 1321-1342. 2008. <https://doi.org/10.1080/09500690802187017>
- LEE, E.; LUFT, J. A. Experienced secondary science teachers’ representation of pedagogical content knowledge. **International Journal of Science Education**, London: England. v. 30, n. 10, pp. 1343-1363. 2008. <https://doi.org/10.1080/09500690802187058>
- LINO, A. O desenvolvimento histórico do conceito de energia: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física. 360 p. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2016.
- LOPES, N.C. A constituição de associações livres e o trabalho com as questões sócio-científicas na formação de professores. 389 p. Doutorado em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2013.
- MARCON, D. **Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: a integração dos conhecimentos do professor para viabilizar a aprendizagem dos alunos**. Caxia do Sul: Brasil. 2013.
- MELO-NIÑO, L.V.; CAÑADA, F.; MELLADO, V. Initial characterization of Colombian high school physics teachers’ pedagogical content knowledge on electric fields. **Research in Science Education**, Cham: Switzerland. v. 47, n. 1, pp. 25-48. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9488-4>
- MELO-NIÑO, L.V.; MELLADO, V.; BUITRAGO, A. Desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en el caso de la enseñanza de la carga eléctrica en Bachillerato desde la práctica de aula. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cadiz: España, v. 13, n. 02, pp. 459-475. 2016.
- MENDONÇA, T.L.; LOPES, A.F. Compreensão sobre a formação de professores no pequeno grupo de pesquisa de uma escola de educação básica em Arealva-SP, Brasil. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, Bogotá, n. extra, pp. 108-113. 2014.

- MIZUKAMI, M.D.G.N. Aprendizagem da docência: algumas contribuições de L.S. Shulman. **Educação (UFMS)**, Campo Grande: Brasil, v. 29, n. 2, pp. 33-50. 2004.
- NOGUEIRA, D.R.; NEVES DA SILVA, J.R. Processos de construção da autonomia docente: Análise do planejamento de uma abordagem temática com professores de Ciências da Educação Básica. Formação Docente. **Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores**, Belo Horizonte: Brasil v. 9, n. 17, pp. 29-52. 2017. <https://doi.org/10.31639/rbpf.v9i17.150>
- PARK, S.; OLIVER, J.S. Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in Science Education**, Cham: Switzerland, v. 38, n. 3, pp. 261-284. 2008. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- SANTOS, P.G.F.D. O tratamento de questões sociocientíficas em um grupo de professores e a natureza do processo formativo fundamentado em uma perspectiva crítica. 209 p. Mestrado em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2013.
- SEDANO, L.; CARVALHO, A.M.P. Ensino de ciências por investigação: oportunidades de interação social e sua importância para a construção da autonomia moral. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis: Brasil, v. 10, n. 1, pp. 199-220. 2017. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2017v10n1p199>
- SHULMAN, L.S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, Cambridge: USA, v. 15, n. 2, pp. 4-14. 1986. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- SHULMAN, L. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, Cambridge: USA, v. 57, n. 1, pp. 1-23. 1987. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- SIMÃO, A.; FLORES, M.A.; MORGADO, J.C.; FORTE, A.; ALMEIDA, T. Formação de Professores em contextos colaborativos. Um projecto de investigação em curso. Sísifo. **Revista de Ciências da Educação**, Lisboa: Portugal, n. 8, pp. 61-74. 2009.
- TALANQUER, V. Recreating a periodic table: A tool for developing pedagogical content knowledge. **Chemical Educator**, Meridian: USA, v. 10, n. 10, pp. 95-99. 2005.
- VERDUGO-PERONA, J.J.; SOLAZ-PORTOLÉS, J.J.; SANJOSÉ-LÓPEZ, V. El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión. **Cadernos de Pesquisa**, Campinas: Brasil, v. 47, n. 164, pp. 586-611. 2017. <https://doi.org/10.1590/198053143915>





ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: PERCEPÇÕES DE DOCENTES SOBRE SUAS PRÁTICAS

INQUIRY-BASED TEACHING: TEACHERS PERCEPTIONS ABOUT ITS PRACTICES

LA ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN: PERCEPCIONES DE DOCENTES SOBRE SUS PRÁCTICAS

Tamires Bartazar Araújo* , João Paulo Camargo de Lima** y Marinez Meneghello Passos***

Cómo citar este artículo: Bartazar Araújo, T., Camargo de Lima, J.P. y Passos, M.M. (2020). Ensino por investigação: percepções docentes sobre suas práticas. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 370-383. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14834>

Resumo

Neste artigo trazemos os resultados de uma pesquisa que identificou as percepções de três professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental a respeito de suas práticas pedagógicas a partir do ensino por investigação, proposto a elas em uma situação de formação continuada. Os dados foram coletados por meio de um questionário e interpretados à luz de um instrumento denominado Matriz 3x3, o qual nos auxiliou na evidencição dessas percepções. Assumindo os procedimentos da análise de conteúdo e as nove células da Matriz por categorias *a priori*, foi possível concluir que: a grande maioria das manifestações das professoras depoentes concentrou-se na dimensão epistêmica, naquilo que diz respeito ao ensino que pratica; em um destaque secundário, também relacionado à dimensão epistêmica tivemos os relatos sobre a aprendizagem dos alunos; com relação à dimensão pessoal, ou seja, seus gostos ou apreciações, só houve uma manifestação; por fim, quando observamos a dimensão social, encontramos cinco destaques, sendo quatro deles relativos à valorização do ensino praticado por elas e um deles focando a aprendizagem dos alunos. As reflexões giraram em torno da dimensão epistêmica, o que nos leva a ressaltar a necessidade de intensificação dos processos formativos continuados para que os professores possam refletir mais sobre os aspectos pessoais e sociais do ensino por investigação.

Palavras-chave: formação de professores; prática pedagógica; ensino de ciências; ensino por investigação.

Recebido: 30 de abril de 2019; aprovado: 23 de agosto de 2019

* Mestre em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Londrina. Docente da Escola Municipal Olavo Soares Barros no município de Cambé. Atua na Secretaria Municipal de Educação do Município de Londrina na coordenação de educação de Jovens e Adultos, egressa do programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, UTFPR, Campus Londrina. Correio eletrônico: tamires.araujo23@prof.londrina.pr.gov.br

** Doutor em Física, Universidade Federal de São Carlos, Brasil. Docente do Departamento Acadêmico de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Londrina, e do programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, UTFPR, Campus Londrina. Correio eletrônico: joapaulo@utfpr.edu.br

*** Doutora em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil. Docente sênior da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e docente colaboradora da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Câmpus Cornélio Procópio, Brasil. Correio eletrônico: marinezpassos@uel.br

Abstract

This study sought to identify the perceptions of three teachers from the initial years of elementary education regarding their pedagogical practices of inquiry-based teaching, which was proposed to them in a situation of continuous formation. Data were collected through a questionnaire and interpreted from an instrument called 3x3 Matrix to ascertain their perceptions. Drawing from the results of content analysis and the nine cells of the Matrix by a priori categories, this study concluded that: majority of the manifestations of the teachers' speech concentrated on the epistemic dimension regarding the type of teaching they practiced; in a secondary highlight, they also related to the epistemic dimension regarding the students' learning; regarding the personal dimension (their tastes or appreciations), there was only one manifestation; and finally, regarding the social dimension, five highlights were identified, and four of them related to the valorization of the teaching practiced by the teachers and one focused on student learning. The reflections revolved around the epistemic dimension, which leads us to highlight the need for intensification of the continuing formative processes so that teachers can reflect more on the personal and social aspects of teaching by research.

Keywords: teacher education; teaching practice; science teaching; inquiry-based teaching.

Resumen

Presentamos los resultados de una investigación que identificó las percepciones de tres profesoras de cursos de básica primaria, acerca de sus prácticas pedagógicas a partir de la enseñanza por investigación, propuesto a ellas en una situación de formación continuada. Los datos fueron recolectados por medio de un cuestionario e interpretados a la luz de un instrumento denominado Matriz 3x3, el cual nos ayudó a organizar la evidencia de esas percepciones. Asumiendo los procedimientos del análisis de contenido y las nueve células de la Matriz por categorías *a priori*, fue posible concluir que: la gran mayoría de las manifestaciones de las profesoras participantes se concentró en la dimensión epistémica, en lo que se refiere a la enseñanza que practican; en segundo lugar, también relacionado con la dimensión epistémica encontramos los relatos sobre el aprendizaje de los alumnos; con respecto a la dimensión personal, es decir, sus gustos o apreciaciones solo hubo una manifestación; finalmente, cuando observamos la dimensión social, encontramos cinco ideas sobresalientes, siendo cuatro de ellas relativas a la valoración de la enseñanza practicada por las profesoras y una idea enfocada al aprendizaje de los alumnos. Las reflexiones giraron en torno a la dimensión epistémica, lo que nos lleva a resaltar la necesidad de intensificar los procesos formativos continuos para que los docentes puedan reflexionar más sobre los aspectos personales y sociales de la enseñanza mediante la investigación.

Palabras clave: formación de profesores; práctica pedagógica; enseñanza de ciencias; enseñanza por investigación.

Introdução

O interesse das crianças pela Ciência começa com a curiosidade desde a mais tenra idade a partir da observação que realizam em seu cotidiano. Assim, aspectos como fascinação, motivação, iniciativa, entre outros, contribuem para a apropriação de conhecimentos durante as situações de ensino relativas a essa disciplina curricular (Arce, Silva, Varotto, 2011). Situações essas que vão ao encontro da função social e educacional da escola, no que diz respeito à disponibilização do conhecimento científico para os alunos desde os primeiros anos da escolarização.

Todavia, ao longo de seu percurso nos anos e anos de escolaridade, a curiosidade e o interesse investigativo dos alunos vão se perdendo, pois os mesmos vão se habituando a um mundo pronto e acabado, no qual há fragilidades na busca pelo conhecimento e no ensino dos conteúdos científicos, levando-os a concluir que quem faz Ciência são apenas os grandes cientistas (Arce, Silva, Varotto, 2011).

Por conseguinte, é necessário que os professores em suas aulas despertem e incentivem seus alunos para a aprendizagem e o acesso ao conhecimento científico, de modo que tenham a oportunidade de ampliar a apropriação de conceitos científicos, vivenciar a produção de pesquisas científicas, testar suas hipóteses e produzir ciência, a seu modo, é claro.

Diante dessas situações nos propusemos a investigar as percepções de três professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental a respeito de suas práticas pedagógicas a partir do ensino por investigação, proposto a elas durante um processo de formação continuada.

A fim de esclarecer como a pesquisa foi desenvolvida e as conclusões a que chegamos, estruturamos o artigo da seguinte forma: na sequência desta introdução inserimos uma seção em que descrevemos algumas considerações a respeito de formação de professores e o ensino por investigação; na continuidade apresentamos a Matriz 3×3, um

instrumento que nos auxiliou a organizar os dados e cujas células foram assumidas por categorias *a priori*; nas seções subsequentes temos os procedimentos metodológicos, a discussão dos dados e as considerações conclusivas.

1. Formação de professores e o ensino por investigação nas aulas de Ciências

Ser professor, isto é, formar-se professor é uma tarefa cada vez mais complexa. Carvalho, Gil-Pérez (2011) refletem acerca das visões simplificadas sobre a formação dos professores de Ciências e destacam a necessidade de uma formação sistematizada para garantir uma docência de qualidade, tarefa difícil, em função das limitações dos cursos e, ainda, do tempo limitado para a formação inicial.

Entende-se que a formação do professor não se esgota na formação inicial, pois ela constitui-se em um processo contínuo, no qual pode alcançar êxitos nos cursos de formação continuada. Cunha, Krasilchik (2000) apontam alguns aspectos que precisam ser considerados nos cursos de formação continuada, como a participação voluntária dos professores, material de apoio e integração conteúdo e metodologia.

A necessidade de formação permanente ou contínua também está articulada com as fragilidades da formação inicial. Nessa perspectiva, Carvalho, Gil-Pérez (2011) elencam que a necessidade da formação contínua vai além da superação dessas fragilidades, visto que muitas situações tratadas nesse momento formativo não teriam fundamentos até que surgissem subsídios da prática do professor. Desse modo, os mesmos autores consideram que a amplitude da formação inicial visa suprir as exigências da formação docente, porém aumentaria consideravelmente a duração do curso inicial ou traria uma abordagem superficial ao tentar ampliar a dimensão da complexidade da prática da docência. Ainda, os autores ressaltam que uma formação docente efetiva pressupõe a participação continuada em grupos de trabalho desenvolvendo pesquisas/ação.

Por outro lado, pesquisadores tem apontado críticas a respeito da formação continuada de professores, não quanto à sua finalidade de estar a serviço do aperfeiçoamento contínuo da prática profissional dos docentes, mas sim quanto aos poucos efetivos resultados sobre as práticas profissionais dos professores, e as mudanças nas práticas e concepções acerca do ensino e da aprendizagem em sala de aula (Galindo, Inforsato, 2016). As críticas apontadas são no sentido de um repensar e um refazer dos processos de formação continuada de professores, apontando inclusive mudanças na lógica formativa a fim de realizar uma transição do discurso promissor à ações e práticas efetivas de mudanças na realidade da formação docente (Galindo, Inforsato, 2016; Mizukami *et al.*, 2006).

Dentro desses pressupostos, faz-se pertinente que o profissional da educação busque sua formação continuada de maneira que alcance condições de promover interações entre os sujeitos da aprendizagem e os conhecimentos científicos, para que se favoreçam a apropriação desses conhecimentos pelos estudantes, conforme apontam Silva, Bastos (2012).

Carvalho, Gil-Pérez (2011) argumentam que cabe ao professor indagar as visões de Ciências que são trabalhadas de forma repetitiva, dogmática e acrítica, para romper com as abordagens simplistas de senso comum. Todavia, os autores ressaltam que é necessário que haja um trabalho coletivo em todo processo de ensino e de aprendizagem, desde a preparação das aulas até o momento da avaliação, que vise à aquisição do conhecimento em Ciências. Em suma, trata-se de conduzir a tarefa docente como um trabalho coletivo de inovação, pesquisa e formação permanente.

Baccon (2005) acrescenta que, mesmo depois de sua bagagem de formação, “o cotidiano escola” aponta que falta certo saber ao professor, um saber que não se ensina nas universidades. Todavia, esse saber é adquirido e elaborado a partir da prática do professor e muita reflexão. Assim, a formação docente não se completa com a aquisição de um diploma, essa é a etapa inicial para que o professor elabore sua identidade profissional.

Moita (1995) esclarece que a identidade profissional é construída em uma dimensão que permeia a vida profissional desde a escolha pela profissão até a reforma, isto é, compreende-se o tempo de formação inicial e os “diversos espaços instituições” em que a profissão acontece. Além disso, é construída sobre os saberes científicos, pedagógicos, éticos, da experiência e das decisões tomadas.

Destaca-se, também, que a identidade vai sendo elaborada a partir das experiências, da história pessoal e no coletivo social. Logo, a identidade profissional necessita de um espaço de formação para se estruturar, uma vez que experiências e vivências internas e externas às universidades contribuem para a construção de identidade docente (Pimenta, Lima, 2004). Desse modo:

Uma identidade profissional se constrói, pois, a partir da significação social da profissão; da revisão constante dos significados sociais da profissão; da revisão das tradições. Mas também da reafirmação de práticas consagradas culturalmente e que permanecem significativas. Práticas que resistem a inovação porque prenes de saberes válidos às necessidades da realidade [...]. (Pimenta, 2012 p.20)

Consequentemente, problematiza-se: quais são os saberes que fazem parte da ação docente? Tardif (2007) esclarece que o saber docente é formado pelo amálgama dos saberes oriundos da formação profissional, disciplinar, curricular e de suas experiências e detalha que disciplinares são os “saberes sociais”, curriculares são aqueles que “correspondem aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos” e os relativos às experiências são os “saberes baseados em seu trabalho cotidiano proveniente do conhecimento de seu meio” (Tardif, 2007 p. 36).

Essas experiências vividas durante o trabalho cotidiano do professor elaboram o alicerce da prática e da competência profissional, pois a experiência é condição para que o mesmo adquira e produza seus próprios saberes profissionais (Tardif, 2007). O que nos leva a considerar que a sala de aula é um

espaço privilegiado na construção dos saberes docentes e na construção da identidade do professor.

O professor precisa ser capaz de atuar na docência, na gestão de processos educacionais e na construção e propagação do conhecimento científico. Dessa maneira, a formação docente precisa articular os estudos teóricos e de atividades práticas contemplando o cotidiano escolar e os processos de investigação educacional (Silva, Bastos, 2012).

Posto que a formação continuada tenha que ser considerada de extrema importância para profissionais da educação e refere-se a um processo permanente de desenvolvimento profissional que tem ser assegurado a todos (Brasil, 1999), ressalta-se que é possível aprimorar e realizar novas práticas de ensino por meio da reflexão, da transformação e recondução da ação docente, viabilizada por essa formação contínua.

Nesse sentido destaca-se, dentre as tendências do ensino de Ciências, o ensino por investigação como uma oportunidade de estratégia a ser desenvolvido pelo professor nas aulas de Ciências, bem como uma possibilidade de o professor recriar suas práticas a partir de uma revisão sobre sua ação em sala de aula.

Sabe-se que o ensino por investigação foi conhecido como “inquiry” e na literatura assumiu várias definições, como: ensino por descoberta; aprendizagem por projetos; questionamentos; resolução de problemas, sequências investigativas, entre outras (Zômpero, Laburú, 2011). Apesar dessas divergências nominais, há uma convergência quando a literatura descreve o ambiente e as ações nele realizadas, destacando a necessidade da criação de um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências, de tal forma que os alunos possam ser ensinados no processo do trabalho científico (Carvalho, 2013) que propicie o desenvolvimento de atividades investigativas.

Campos, Nigro (1999) afirmam que não se deve requerer nos anos iniciais do Ensino Fundamental, que as crianças sigam o rigor do método científico, entretanto, propõe-se o desenvolver de algumas atividades que viabilizem o primeiro passo para a

observação dos fatos, o levantamento de problemas, de hipóteses e a elaboração de palpites de seus próprios questionamentos. Outro aspecto importante é que as atividades investigativas precisam apresentar algumas características, como:

[...] o engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino. (Zômpero, Laburú, 2011 p.79)

Nesse contexto, o ensino por investigação tem por finalidade “levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos teóricos” (Azevedo, 2006 p. 20). Desse modo, é necessário que na sala de aula o aluno tenha contato com atividades enriquecedoras, que despertem a reflexão sobre o problema ou questão a ser investigada, propiciando a elaboração e a sistematização dos conhecimentos.

Nigro (2011) propõe uma discussão interessante ao refletir como despertar o processo investigativo em crianças. Assim, o autor esclarece que o professor tem que criar condições para que os estudantes se engajem em processos investigativos, ou seja, criar condições para que façam Ciências, uma vez que essa construção nos possibilita sugerir diversas situações, nas quais o aluno pode se portar como cientista, isto é, adotar procedimentos que aludem aos procedimentos desses profissionais e vislumbrem como o conhecimento científico é produzido (Nigro, 2011).

Observa-se que o interesse pelo tema ensino por investigação no Brasil é cada vez mais crescente entre pesquisadores e professores da área de Ciências. Porém, o número de artigos publicados nesta área ainda é pouco significativo (Sá, 2009). Considera-se que há um longo caminho a ser percorrido sobre o ensino por investigação no país, o que amplia cada vez mais a necessidade de cursos de formação continuada direcionado ao ensino de Ciências. Ensejos esses que nos conduziram à realização desta investigação.

Como anunciado anteriormente, trazemos agora alguns esclarecimentos a respeito da Matriz 3x3, um instrumento que nos auxiliou a organizar e interpretar os dados coletados durante a pesquisa e a identificar nas respostas dos depoentes suas percepções a respeito de sua prática quando revisitada pelo que haviam aprendido durante a formação continuada sobre ensino por investigação.

2. Gestão das relações na sala de aula: a Matriz 3x3

A ação docente em sala de aula inclui as relações que acontecem nesse ambiente e sua gestão. Nesse sentido, a relação com o saber contempla três dimensões: a epistêmica, a pessoal e a social (Charlot, 2000), adaptado por Arruda, Lima, Passos (2011), e que consideram que, para o professor, o saber é o conteúdo disciplinar, mas é também um saber acerca do ensinar e um saber sobre o aprender.

Arruda, Lima, Passos (2011) esclarecem, ainda, que a relação epistêmica concebe o saber como objeto do mundo que pode ser apropriado e compreendido pelo sujeito; a relação pessoal refere-se ao saber como objeto de desejo e interesse do sujeito, o qual revela sua identidade com o saber; por fim, a relação social compreende o saber com o objeto social, caracterizado por valores atribuídos pela sociedade e por influências das expectativas dos outros sobre ele. Essas três relações foram representadas por seus idealizadores nas linhas da Matriz 3x3, descrita no Quadro 1.

Retomemos agora a última frase do primeiro parágrafo desta seção, em que temos destacado

o conteúdo, o ensinar e o aprender e que para Arruda, Lima, Passos (2011) possuem estreita ligação com a estrutura triangular, representada na Figura 1, constituída por um saber (S) que para nós seria o conteúdo disciplinar, um professor (P) que pratica seu ensino, um grupo de estudantes (E) envolvido com seu aprendizado. Tal estrutura ficou conhecida como “triângulo didático ou triângulo pedagógico” (Gauthier *et al.*, 2006 p. 172, nota de rodapé), tendo sido utilizada por diversos autores, dentre eles Chevallard (2005) e Houssaye (2007). Esses três vértices do triângulo foram alocados nas colunas da Matriz 3x3 (ver Quadro 1).

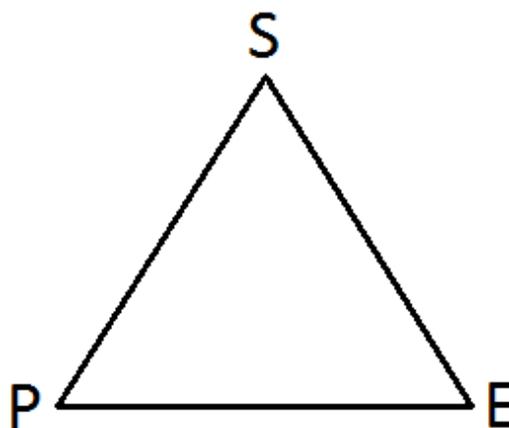


Figura 1. Triângulo didático-pedagógico.

Fonte: Arruda e Passos (2017 p.100).

Cabem, ainda, alguns esclarecimentos a respeito deste triângulo e das interpretações que ele nos possibilita. Como podemos observar, ele é formado por três segmentos que foram assumidos como as relações entre professor e o saber (P-S), entre o professor e o estudante (P-E) e entre o estudante e o saber (E-S). Segundo Arruda, Lima e Passos (2011), a gestão do segmento P-S designa-se à gestão das relações do professor com o conteúdo disciplinar, P-E diz respeito à gestão das relações do professor com o ensino e E-S à gestão das relações do professor com a aprendizagem, o que nos levou a assumir esses modelos triangular e matricial para o desenvolvimento de nossa pesquisa, pois ajuda-nos a sistematizar as relações com o saber (para nós Ciências e ensino por investigação) no contexto de sala de aula.

Com base no exposto, Arruda, Lima, Passos (2011) propuseram um instrumento de análise das relações com o saber docente denominado Matriz 3×3, recentemente renomeado “Matriz do Professor” em Arruda, Passos (2017), com a finalidade de investigar os vários aspectos da ação docente.

A seguir trazemos uma descrição adaptada de Arruda, Lima, Passos (2011) de cada uma dessas células especificando com mais detalhes os setores da Matriz 3×3, organizando a apresentação linha a linha, ou seja, Setores 1A, 2A, 3A; seguidos dos Setores 1B; 2B, 3B; e finalizando com os Setores 1C; 2C, 3C.

Setor 1A – nesta célula delimitada pela dimensão epistêmica e pelo conteúdo considera-se as formas com que o professor se apropria desse conteúdo e procura compreendê-lo em profundidade, além disso, dá-se atenção aos objetos e aos locais em que esse conteúdo pode ser acessado (livros, revistas, sítios da *internet*, bibliotecas, entre outros); **Setor 2A** – tem-se aqui a confluência da dimensão epistêmica, pois nos mantemos na primeira linha da Matriz 3×3, e a relação que o professor estabelece com o ensino que pratica, neste caso, dando voz às percepções e reflexões que o professor realiza sobre sua formação para o magistério e suas atividades docentes, incluindo a busca por compreender esses processos,

avaliando-os e procurando melhorá-los; relacionando-os com os materiais instrucionais, experimentos e instrumentos disponíveis e de que possa fazer uso; e, por fim, as habilidades que possui para planejar seus objetivos, os conteúdos a serem expostos, as atividades a serem realizadas, a elaboração de avaliações, entre outros; **Setor 3A** – nesta célula tem-se a relação epistêmica integrada à aprendizagem dos estudantes, aqui é considerada a compreensão que o professor possui a respeito das formas com que o aluno se mobiliza para aprender, percebendo e refletindo sobre as relações estabelecidas pelos alunos com o conteúdo, as ideias prévias que possuem sobre os assuntos em pauta e as dificuldades apresentadas para o desenvolvimento da aprendizagem, entre outros fatores relativos ao aprender desses estudantes.

Setor 1B – esta célula está delimitada pela dimensão pessoal, pois nos deslocamos para a segunda linha da Matriz 3×3, e pelo conteúdo, neste momento releva-se o efeito do sentido do conteúdo que o professor estabelece para si, levando-o à determinação de sua identidade profissional; destacando o quanto esse docente gosta e se envolve com esse conteúdo e os assuntos adjacentes a ele; além disso, consideram-se, neste setor, as manifestações pertinentes à sua autoavaliação para com a compreensão

Quadro 1. Matriz 3×3.

<i>Novas tarefas do professor</i>	1 Gestão do segmento P-S (conteúdo)	2 Gestão do segmento P-E (ensino)	3 Gestão do segmento E-S (aprendizagem)
A Epistêmica	<u>Setor 1A</u> Diz respeito ao conteúdo enquanto objeto a ser compreendido pelo professor.	<u>Setor 2A</u> Diz respeito ao ensino enquanto atividade a ser compreendida pelo professor.	<u>Setor 3A</u> Diz respeito à aprendizagem enquanto atividade a ser compreendida pelo professor.
B Pessoal	<u>Setor 1B</u> Diz respeito ao conteúdo enquanto objeto pessoal.	<u>Setor 2B</u> Diz respeito a o ensino enquanto atividade pessoal.	<u>Setor 3B</u> Diz respeito à aprendizagem enquanto atividade pessoal.
C Social	<u>Setor 1C</u> Diz respeito ao conteúdo enquanto objeto social.	<u>Setor 2C</u> Diz respeito ao ensino enquanto atividade social.	<u>Setor 3C</u> Diz respeito à aprendizagem enquanto atividade social.

Fonte: Arruda, Lima e Passos (2011 p.147).

do conteúdo em questão; Setor 2B – ocorre aqui a confluência da dimensão pessoal e a relação que o professor estabelece com o ensino que pratica, considerando como ele se autoavalia como docente; a forma como ele transpõem suas inseguranças didático-pedagógicas; ao sentido pessoal que ele atribui ao ensino que pratica e como isso contribui com a elaboração de sua identidade docente; destaca os seus gostos pelo ensinar; a constituição do seu estilo docente e as regras que ele próprio estabeleceu para chegar a esse estilo; o balizamento de suas responsabilidade, entre outros indicativos pessoais; Setor 3B – nesta célula tem-se a relação pessoal vinculada à aprendizagem dos estudantes, o quanto esse vínculo se integra à sua identidade como professor e o sentido que adquire para ele; a problemática gerada por aquilo que o responsabiliza diante do estímulo do interesse, do envolvimento e da motivação dos alunos em sala de aula; sua própria capacidade de estabelecer e/ou gerenciar a relação dos alunos com o conteúdo, entre outros destaques.

Setor 1C – neste momento sobressai os conteúdos escolares e a valoração deles por meio das manifestações sociais em uma sociedade de que o professor participa entre elas, a comunidade de educadores com quem ele está integrado, a comunidade pertencente aos eventos esporádicos de que possa vir a fazer parte ou a relação que estabelece com essas pessoas detentoras desses conhecimentos, sempre procurando o aperfeiçoamento desse convívio; Setor 2C – nesta célula aloca-se o ensino praticado pelo professor enquanto atividade social, enfatizando as dificuldades e as inseguranças inerentes a esse processo que está relacionada à aceitação e validação de outros, entre eles alunos, pais, professores, administradores escolares; suas habilidades em gerenciar e ensinar os alunos em sala de aula; os “[...] esforços que ele faz para conseguir apoio dos demais agentes sociais, cujas opiniões e avaliações afetam sua segurança, posição e sua autoridade enquanto professor, entre outros” (Arruda, Lima, Passos, 2011 p. 148). Setor 3C – tem-se, por fim, nesta última célula em descrição, o destaque à aprendizagem e sua valoração social, considerando a sala de aula

como um ambiente propício ao desenvolvimento dessas interações que promovem a aprendizagem dos alunos e que possibilita o gerenciamento de atividades e propostas de trabalhos em grupo.

Após esses esclarecimentos a respeito da Matriz 3x3 (agora renomeada para Matriz do Professor) e algumas explicações sobre sua origem e o uso que faremos dela, trazemos diversos detalhes relativos à situação investigada e aos procedimentos metodológicos em que nos pautamos.

3. Procedimentos metodológicos: alguns destaques

A investigação que desenvolvemos configura-se por uma pesquisa qualitativa que se desenvolveu da observação das atividades do grupo estudado e da coleta de dados por meio de questionários, que segundo Gil (2007) consiste em um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelos sujeitos da pesquisa.

No nosso caso, as questões respondidas pelas professoras foram as seguintes:

1. O que é ensino por investigação para você? Faça um relato de suas impressões a respeito do tema.
2. Em sua opinião, o ensino por investigação é importante? Por quê? Exemplifique.
3. Você utiliza ou utilizou práticas investigativas em suas aulas de Ciências? Quais? Faça uma breve descrição dessas práticas.
4. Em sua visão, como as práticas investigativas refletiram em seu trabalho em sala de aula?

A situação de formação continuada em que os dados foram coletados deu-se em um município do Norte do Paraná. Do processo formativo, participaram professores pedagogos que desenvolviam atividades investigativas com seus alunos de quinto ano dos anos iniciais do Ensino Fundamental. O levantamento para identificá-los foi realizado antecipadamente e o convite para a participação das atividades formativas foi entregue a todos, todavia nem todos tiveram disponibilidade para participar.

A primeira etapa da proposta (cadastrada no município como um Projeto intitulado Iniciação Científica) consistiu em uma formação para coordenadores pedagógicos, diretores e alguns professores, com duração de quatro horas, visando a estruturação das etapas das pesquisas e atividades que foram desenvolvidos pelos alunos, pois a intenção primária do projeto era 'levar uma proposta de Iniciação Científica aos estudantes'. Todavia, para que isso acontecesse, elaboramos uma pauta focada na formação dos professores dessas escolas municipais, a qual foi ministrada por uma professora da rede estadual de ensino, graduada em Ciências Biológicas com Mestrado em Ensino de Ciências. Os tópicos principais dessa formação diziam respeito ao 'ensino por investigação: proposições e desafios' e 'etapas para o desenvolvimento de atividades investigativas'.

Na segunda etapa os coordenadores repassaram as orientações recebidas no curso de formação para os professores que não puderam estar presentes na formação. Frisa-se que no decorrer do projeto, quando solicitado, os professores receberam orientação e apoio da assessoria pedagógica do município.

Em seguida, os professores planejaram e desenvolveram atividades investigativas, em que os alunos definiram questões de pesquisas, confeccionaram um "Diário de Bordo", que foi um caderno ou pasta, no qual eles próprios registravam o que haviam pensado e realizado. Após testarem hipóteses e concluir seus trabalhos, as atividades de pesquisa foram impressas em banners que culminarão na apresentação da "I Mostra de Iniciação Científica" do referido município.

Considerando que diversas professoras envolveram-se com esse processo, desenvolvendo as atividades investigativas com seus alunos, convidamos inúmeras delas para responder a um questionário – três aceitaram – e suas respostas constituem os dados que trazemos neste artigo. O questionário foi encaminhado para o e-mail das professoras e, após o recebimento, as docentes foram nomeadas como P1, P2 e P3, conforme a sequência do retorno, a fim de preservar suas identidades.

O questionário foi encaminhado às professoras no final do mês de agosto de 2016, pois as atividades investigativas já haviam sido finalizadas e professores e alunos preparavam-se para a "II Mostra de Iniciação Científica" que aconteceria no final do mês de setembro. Elas levaram cerca de 10 dias para devolverem seus relatos, que em seguida foram submetidos aos procedimentos da análise de conteúdo proposto por Bardin (2011). Assumindo que possuíamos categorias preestabelecidas, passamos a interpretar as respostas segundo esses parâmetros, realizando codificações nos fragmentos analisados e agrupando-os.

Com base em Bardin (2011), para realizar esse movimento analítico centramos nossas atenções nas unidades de contexto, ou seja, procuramos evidenciar qual era a unidade de contexto em que o fragmento daquele depoimento poderia ser alocado, pois, segundo a análise de conteúdo, geralmente, pretende-se construir um discurso coerente e dotado de alguma unidade argumentativa a partir da seleção/interpretação de falas que se acomodam e se relacionam com a fundamentação adotada.

Para essas identificações, contextualizações e acomodações foram realizados três movimentos: primeiramente, os trechos das respostas de P1, P2 e P3 passaram por um processo de identificação, em que nos perguntávamos se aquela unidade tinha relação com algo epistêmico, pessoal ou social; após esse movimento de alocação passamos a considerar se o contexto relatado dizia respeito ao conteúdo, ao ensino ou à aprendizagem; por fim, de posse dessa distribuição em termos dos descritores da Matriz 3x3, passamos a analisar o que aquele perfil delineado pelas células da Matriz revelava sobre as percepções docentes a partir de uma experiência com o ensino por investigação. Na seção seguinte trazemos diversos elementos que elucidam as identificações, contextualizações e acomodações. Justificamos que não apresentamos os dados em sua completude, pois em um artigo torna-se longo e exaustivo realizar tal proposição. Contudo, as considerações conclusivas ocorreram em função de todos os dados que possuímos.

4. Apresentação e discussão dos dados

Esta seção foi estruturada da seguinte forma: questionário editado retornado pelo professor, considerando somente os fragmentos numerados, em sequência, para as três professoras, e relacionados às unidades de contexto vinculadas às células da Matriz 3×3; alocação dessas numerações/codificações em uma Matriz, para cada uma das professoras, independentemente; discussão do que isso representa diante da questão que procuramos responder: Quais são as percepções das professoras investigadas a respeito de suas práticas pedagógicas a partir do ensino por investigação?

Registros de P1 organizado por questões, isto é, cada conjunto de frases é o retorno a cada uma das quatro questões solicitadas para que respondessem.

“Ensino¹ por investigação para mim é o ensino que se inicia por questionamentos [1]. A aprendizagem nessa perspectiva ocorre da iniciativa do próprio aluno que tem o papel principal no processo de ensino-aprendizagem [2]”.

“É importante [3], pois proporciona aos alunos a descoberta da capacidade que os mesmos têm na autorregulação da sua aprendizagem [4], pois os mesmos passam a relacionar os conhecimentos ensinados com acontecimentos do dia a dia [5], desse modo os alunos passam a ser protagonistas do ensino [6]”.

1. As falas sofreram pequenas correções para a forma culta, sem que o sentido fosse modificado ou alterado.

“Tento ao máximo utilizar essa prática em minhas aulas [7], mas muitas vezes o tempo não permite que os alunos tragam seus questionamentos para a sala [8]”.

“O trabalho pedagógico passa a ser bem mais dinâmico [9], formulado através de questionamentos, investigações e descobertas [10]. Desse modo a atuação do aluno é efetiva [11]”.

Observem como esses excertos foram alocados na Matriz de P1 da Quadro 2.

Nota-se que as respostas de P1 dizem respeito predominantemente a uma percepção epistêmica com preocupações relativas ao ensino que ela pratica e à aprendizagem (linha A). Ficou perceptível que P1 realizava reflexões constantes da sua prática docente e sobre a aprendizagem de seus alunos. Todavia, reconhece a importância do desenvolvimento do ensino por investigação, atribuindo-lhe valor social em sua resposta [3].

Movimento semelhante pode ser observado nas acomodações das respostas de P2 descritas a seguir.

“É a criança procurar e investigar sobre determinado tema [12], fazer uma pesquisa para então compreender o assunto [13]”.

“Sem dúvida sim, muito importante [14], pois é a partir deste que os alunos começam a ter maturidade para procurar e desenvolver um trabalho de pesquisa [15]”.

“Até agora não tinha usado este método, mas depois da iniciação científica, acredito que vou desenvolver [16]”.

Quadro 2. Representação das respostas de P1 na Matriz 3×3.

<i>Novas tarefas do professor</i> <i>Relações com o saber</i>	1 Gestão do segmento P-S (conteúdo)	2 Gestão do segmento P-E (ensino)	3 Gestão do segmento E-S (aprendizagem)
A Epistêmica		1, 6, 7, 8, 9, 10	2, 4, 5, 11
B Pessoal			
C Social		3	

Fonte: os autores.

“De forma bem eficaz [17], pois podemos partir de algo que já foi visto e que eles já conseguem acrescentar, tendo um conhecimento prévio [18]”.

Seguem as alocações na Quadro 3.

Verifica-se que, coincidentemente, as respostas de P2, em sua maioria, ficaram alocadas na primeira linha, indicando uma relação epistêmica com o ensino (4 excertos) e com a aprendizagem (2 excertos). Entretanto, percebe-se que P2 foi sucinta e objetiva em suas respostas e destaca-se que sua reflexão foi maior acerca de sua prática docente [12] e [18]. O que nos conduz à evidência de suas reflexões em torno de sua prática, quando menciona sobre o interesse em desenvolver outras vezes atividades investigativas com seus alunos [16] e admite o valor atribuído ao ensino por investigação.

Para P3 estruturamos a apresentação de suas respostas e a Matriz da mesma forma que com as duas professoras anteriores.

“Proporcionar aos alunos um momento de busca e investigação a um determinado conhecimento (conteúdo) [19]. No início senti um receio do trabalho [20] por ser o meu primeiro, no decorrer já estava conformada e confiante [21], no final houve diversos contratempos [22], mas tudo acabou bem [23]”.

“Sim, porque leva o aluno a buscar conhecimento sobre assuntos relevantes [24] e os preparar para os próximos anos [25]”.

“Antes do projeto Iniciação Científica não [26], mas agora parcialmente sim [27], estamos trabalhando os tecidos com os 4º anos [28] e pedi que eles pesquisassem sobre o mesmo [29], e em grupos apresentassem para a sala a função do tema proposto [30], na teoria (por extenso) e em imagens (desenhos e imagem de alto-relevo) [31]”.

“Contribui para trabalhar os conteúdos [32], os alunos adquiriram conhecimento sobre o tema proposto [33] e demonstraram satisfeitos com o trabalho [34]”.

A distribuição dos excertos na Matriz de P3 pode ser observada na sequência (Quadro 4).

Percebe-se que, apesar de as respostas terem se concentrado na linha destinada às relações epistêmicas, P3 foi a única professora que trouxe assinalamentos relativos às três gestões: conteúdo, ensino e aprendizagem. Além disso, tivemos alocações em outras células, não povoadas, pelas manifestações de P1 e P2, como pode ser observado agilmente na terceira coluna da Matriz em que todas as células possuem pelo menos um excerto. Cremos que essas diferenciações se devem ao fato de que P3 procurou se manifestar por meio de exemplos relacionados à sua prática em sala de aula, ou seja, exemplos que destacam o ensino que ela pratica.

Identifica-se que as reflexões realizadas pela professora P3 alocadas nas colunas 2 e 3 da Matriz ficaram quase que equiparadas, inferindo-se que a preocupação de P3 com suas práticas de ensino, seja epistêmica, pessoal ou social, assemelha-se com sua preocupação com a aprendizagem dos alunos.

Quadro 3. Representação das respostas de P2 na Matriz 3x3.

<i>Novas tarefas do professor</i> <i>Relações com o saber</i>	1 Gestão do segmento P-S (conteúdo)	2 Gestão do segmento P-E (ensino)	3 Gestão do segmento E-S (aprendizagem)
A Epistêmica		12, 16, 17, 18	13, 15
B Pessoal			
C Social		14	

Fonte: os autores.

Quadro 4. Representação das respostas de P3 na Matriz 3×3.

<i>Novas tarefas do professor</i> <i>Relações com o saber</i>	1 Gestão do segmento P-S (conteúdo)	2 Gestão do segmento P-E (ensino)	3 Gestão do segmento E-S (aprendizagem)
A Epistêmica	28	19, 22, 23, 26, 27, 32	24, 25, 29, 31, 33
B Pessoal			34
C Social		20, 21	30

Fonte: os autores.

Dessa forma, a professora P3 expressou-se em diversas respostas suas reflexões acerca da relação epistêmica com o ensino [19] e [22], revelando até que nunca havia desenvolvido uma prática de ensino pautada no ensino por investigação [26]. Também, ficou clara a relação pessoal que ela atribuiu às suas práticas em sala de aula, pois ao término do desenvolvimento das atividades P3 afirmou estar mais confiante, ver em [20] e [21], visto que vale destacar que P3, no decorrer do desenvolvimento das atividades propostas pelo projeto, solicitou diversas orientações à equipe pedagógica envolvida no processo de formação desses professores.

Observa-se, ainda, que P3 relatou a respeito das relações pessoais e sociais da aprendizagem dos alunos, demonstrando (segundo os critérios da célula de alocação) certo valor atribuído à atividade e ao processo de aprendizagem dos alunos (excertos [34] e [30]).

Os relatos aqui apresentados e as acomodações dessas manifestações na Matriz 3×3 permitiram-nos evidenciar uma frequência maior na dimensão epistêmica no que diz respeito à relação ao ensino praticado por essas professoras. Dos 34 relatos que trouxemos para análise neste artigo, 16 deles foram alocados na célula 2A, destacando suas preocupações e reflexões com o ensino que praticam considerando as percepções que possuem a respeito do ensino por investigação. De forma secundária, temos também os destaques à célula 3A, aquela relativa à dimensão epistêmica, porém considerando a aprendizagem dos alunos. Uma possibilidade interpretativa

para estas manifestações estarem predominantemente na dimensão epistêmica podem estar relacionadas à natureza das perguntas do questionário aplicado aos professores, pois as perguntas interpelaram os professores a respeito de suas percepções sobre as práticas nas salas de aula e a abordagem ensino por investigação. Mas não necessariamente. Em várias pesquisas temos observado que os professores discorrem e entendem o ambiente da sala de aula de maneiras diferentes: por exemplo, refletem a respeito das atividades pedagógicas na sala de aula, “às vezes expressam sentimentos e emoções pelas situações vividas, outras vezes revelam os valores com que julgam os eventos desse mundo” (Arruda, Passos, 2017 p. 98), nesse caso o mundo escolar.

Diante desses resultados analíticos, tecemos a seguir nossas considerações a respeito do desenvolvimento desta investigação e das conclusões que ela possibilitou evidenciar.

5. Considerações conclusivas

De modo geral, buscou-se durante esta investigação identificar as percepções docentes sobre suas práticas pedagógicas por meio do ensino por investigação durante um processo de formação continuada.

A partir das respostas das professoras, que foram coletadas segundo a aplicação de um questionário e tiveram por balizador interpretativo a Matriz 3×3, foi possível evidenciar que elas possuíam, naquela ocasião, percepções predominantemente epistêmicas em relação ao ensino e à aprendizagem, quando

observados pelo viés do ensino por investigação nas aulas de Ciências. A Matriz 3×3 é um instrumento analítico que nos permite evidenciar relações nas dimensões epistêmicas, pessoais e sociais com o conteúdo ou conhecimento, o ensino praticado pelo docente e a aprendizagem dos alunos.

Apesar de termos apresentado neste artigo os dados coletados de somente três professoras, que foram selecionadas por representatividade dos demais professores participantes do projeto de Iniciação Científica desenvolvido pela Secretaria de Educação de um município do estado do Paraná, podemos afirmar que a análise dos dados em sua completude traria resultados bem semelhantes, pelo fato de termos realizado, antes da seleção dessas três depoentes, uma leitura flutuante de todos os retornos, acomodando-os em três conjuntos, dos quais retiramos um representante para aqui discutir.

Esse estudo também nos possibilitou identificar um movimento característico de cada professora, como destacado anteriormente após a apresentação de cada Matriz. Todavia, as maiores discussões e reflexões giraram em torno da dimensão epistêmica, o que nos leva a ressaltar a necessidade de intensificação dos processos formativos continuados para que os professores possam refletir mais sobre os aspectos pessoais e sociais do ensino por investigação. Assim como as demais células da Matriz possam ser povoadas pelas manifestações, o que nos levaria à conclusão de que as percepções a respeito do ensino por investigação estariam próximas de um ideário de relações epistêmica, pessoal e social no que diz respeito ao conhecimento, ao ensino e à aprendizagem. Assumimos este instrumento como balizador das ações em sala de aula e como a possibilidade de um diagnóstico interpretativo dessas ações, pois quanto mais pulverizada mais formativo foi o processo sugestionado por nós.

Referências bibliográficas

- ARCE, A.; SILVA, D.A.S.M.; VAROTTO, M. **Ensinando Ciências na Educação Infantil**. Editora Alínea. Campinas: Brasil. 2011.
- ARRUDA, S.M.; PASSOS, M.M. Um instrumento para a análise da relação com o saber em sala de aula. **REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino**, Cornélio Procópio, v. 1, n. 2, pp. 95-115. 2017. <https://doi.org/10.3895/rbect.v10n2.4457>
- ARRUDA, S. de M.; LIMA, J.P.C.; PASSOS, M.M. Um novo instrumento para a análise da ação do professor em sala de aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, [s. l.], v. 11, pp. 139-160. 2011.
- AZEVEDO, M.C.P.S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P de (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Cengage Learning. São Paulo: Brasil. 2006. pp. 19-33.
- BACCON, A.L.P. O professor como um lugar: um modelo para análise da regência de classe. 166f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2005.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. Lisboa: Brasil. 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Referenciais para a Formação de Professores**. Brasília. 1999.
- CAMPOS, M.C. da C.; NIGRO, R.G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. FTD. São Paulo: Brasil. 1999.
- CARVALHO, A.M.P. de. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. Cengage Learning. São Paulo: Brasil. 2013.
- CARVALHO, A.M.P. de; GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações**. Cortez. São Paulo: Brasil. 2011.
- CHARLOT, B. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Artmed. Porto Alegre: Brasil. 2000.
- CHEVALLARD, Y. **La transposicion didactica**. Aique. Buenos Aires: Argentina. 2005.
- CUNHA, A.M. de O.; KRASILCHIK, M. A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência. In: REUNIÃO DA ANPED, 23. **Anais [...]**. Caxambu. 2000. pp. 1-14.

- GALINDO, C.J.; INFORSATO, E.C. Formação continuada de professores: impasses, contextos e perspectivas. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 20, n. 03, pp. 463-477. 2016. <https://doi.org/10.22633/rpge.v20.n3.9755>
- GAUTHIER, C. *et al.* **Por uma Teoria da Pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Unijuí. Ijuí: Brasil. 2006.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas. São Paulo: Brasil. 2007.
- HOUSSAYE, J. Prazer. **Currículo sem Fronteiras**, [s. l.], v. 7, n. 2, pp. 71-77. 2007.
- MIZUKAMI, M.G.N. *et al.* Formação de Professores: concepções e problemática atual. In: **Escola e aprendizagem da docência: processos de investigação e formação**. EDUFSCAR. São Carlos: Brasil. 2006. pp. 11-46.
- MOITA, M. da C. Percursos de formação e de transformação. In: NÓVOA, A. **Vidas de professores**. 2. ed. Editora Porto. Porto. 1995. pp. 111-140.
- NIGRO, R.G. **Ciências: soluções para dez desafios do professor, 1º ao 3º ano do ensino fundamental**. Ática Educadores. São Paulo: Brasil. 2011.
- PIMENTA, S.G. Formação de Professores – saberes da docência e identidade do professor. In: PIMENTA, S.G. **Saberes pedagógicos e atividade docente**. Cortez. São Paulo: Brasil. 2012. pp. 15-34.
- PIMENTA, S.G.; LIMA, M.S.L. **Estágio e docência**. Cortez. São Paulo: Brasil. 2004.
- SÁ, E.F. **Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação**. 2009. 203f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2009.
- SILVA, V.F.; BASTOS, F. Formação de professores de Ciências: reflexões sobre a formação continuada. **ALEXANDRIA – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 5, n. 2, pp. 150-188. 2012.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 4. ed. Vozes. Petrópolis: Brasil. 2007.
- ZÔMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte [s. l.], v. 13, n. 3, pp.67-80. 2011. <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>





IDEIAS DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS SOBRE O TRABALHO COLABORATIVO INTERCULTURAL

SCIENCE TEACHER IDEAS ON INTERCULTURAL COLLABORATIVE WORK

IDEAS DE PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE EL TRABAJO COLABORATIVO INTERCULTURAL

Josenaide Alves da Silva* y Geilsa Costa Santos Baptista**

Cómo citar este artículo: Silva, J. A. y Baptista, G. C. S. (2020). Ideias dos professores de ciências sobre o trabalho colaborativo intercultural. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 384-396. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.14799>

Resumo

O estudo é parte da pesquisa de mestrado da primeira autora e objetiva identificar as ideias dos professores de ciências no que se refere ao desenvolvimento de um trabalho colaborativo para o ensino de ciências intercultural. Essa investigação aconteceu antes e após às suas participações na elaboração de uma sequência didática, baseada no diálogo entre os saberes científicos e culturas dos estudantes para a disciplina de Ciências Naturais. Os participantes foram dois professores que lecionam nos anos iniciais do ensino Fundamental, de uma escola da rede municipal de Amargosa-BA. As análises procederam por meio de transcrições de entrevistas semiestruturadas antes e após a concretização de um trabalho em colaboração com os informantes, sendo realizadas interpretações, inferências e levantamento de categorias temáticas. Estas são identificadas por falas dos entrevistados e códigos: P1, pauta-se ao primeiro professor; P2, para a segunda professora. Os professores demonstravam inseguros para dialogarem sobre a atividade científica, os fatos históricos das ciências e a consideração da diversidade cultural nas aulas de Ciências Naturais. Após participarem do processo colaborativo, os mesmos puderam ampliar suas concepções sobre estas perspectivas. Conclui-se que a consolidação desse modo de formação em escolas dos anos iniciais prepara o docente para lidar com a educação científica em sala de aula.

Palavras-chave: trabalho colaborativo; diálogo intercultural; prática pedagógica; ensino de ciências; formação continuada do pedagogo.

Recebido: 22 de abril de 2019; aprovado: 17 de outubro de 2019

* Doutoranda por meio do Programa de Pós-Graduação em Ensino Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Campus de Ondina, Universidade Federal da Bahia, Brasil. Correio eletrônico: josenaide.a.s@hotmail.com

** Doutora por meio do Programa de Pós-Graduação em Ensino Filosofia e História das Ciências. Professora do Departamento de Educação, Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil. Correio eletrônico: geilsabaptista@gmail.com

Abstract

This study aims to identify the views of science teachers about the development of a collaborative method for teaching intercultural sciences. This research was conducted before and after the teachers' participation in the elaboration of a didactic sequence based on a dialog that covered the scientific knowledge and cultures of students undertaking natural sciences. The participants were two teachers who taught in the initial years of elementary education. They had taught in a school in the municipal network of Amargosa-BA. The analysis was carried out through transcripts of semi-structured interviews conducted before and after completion of collaborative activities with the informants. Interpretations, inferences, and survey of thematic categories were also carried out. These were identified by interviewees' speeches and codes P1 (representing the first teacher) and P2 (representing the second teacher). The teachers were not comfortable talking about scientific activity, the historical facts of the sciences, and the consideration of cultural diversity in natural science classes. After participating in the collaborative process, they were able to broaden their conceptions about these perspectives. This study concludes that the consolidation of this mode of training in schools, more specifically in the early years, prepares teachers to deal with scientific education in classrooms.

Keywords: collaborative work; intercultural dialog; pedagogical practice; science teaching; continuing education for educators.

Resumen

Este estudio es parte de la investigación de maestría de la primera autora, y busca identificar las ideas de los profesores de ciencias en lo referente al desarrollo de un trabajo colaborativo para la enseñanza intercultural de las ciencias. Esta investigación se produjo antes y después de sus participaciones en la elaboración de una secuencia didáctica basada en el diálogo entre los saberes científicos y las culturas de los estudiantes para la materia de Ciencias Naturales. Los participantes fueron dos profesores que enseñan en el nivel de básica primaria, de una escuela de la red municipal de Amargosa (Brasil). Los análisis procedieron por medio de transcripciones de entrevistas semiestructuradas antes y después de la concreción de un trabajo en colaboración con los participantes, siendo realizadas interpretaciones, inferencias y levantamiento de categorías temáticas. Estas son identificadas por palabras de los entrevistados y códigos: P1, asignado al primer profesor; P2, para la segunda profesora. Los docentes se mostraban inseguros para dialogar sobre la actividad científica, los hechos históricos de las ciencias y la consideración de la diversidad cultural en las clases de Ciencias Naturales. Después de participar en el proceso colaborativo, los mismos pudieron ampliar sus concepciones sobre estas perspectivas. Se concluye que la consolidación de ese modo de formación en escuelas de básica primaria, prepara al docente para manejar la educación científica en el aula.

Palabras clave: trabajo colaborativo; diálogo intercultural; práctica pedagógica; enseñanza de las ciencias; formación continuada del pedagogo.

Introdução

Percebe-se que a maioria dos professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental demonstram inseguros para ensinar Ciências Naturais, em razão da carência de conhecimentos voltados para a educação científica, sendo um fator preponderante para o desenvolvimento de prática pedagógica transmissiva nessa disciplina, ou seja, uma prática conteudista e centrada em transcrições de listas de exercícios na lousa, cabendo ao estudante memorizar o conteúdo para responder as avaliações (Bonando, 1994; Bayerl, 2014).

A prática pedagógica transmissiva e fragmentada nas aulas de Ciências Naturais decorre da abordagem superficial sobre ciências na formação inicial dos pedagogos (Ovigli, Bertuci, 2009; Bizzo, 2009). A formação com essa configuração permite aos pedagogos construir concepções errôneas sobre os conceitos científicos.

Os pedagogos são professores polivalentes, como aqueles que ensinam várias disciplinas (Matemática, Português, Geografia, História, Educação Artística, Educação Física e Ciências Naturais). Portanto, carecem de uma formação inicial que seja consistente e integradora, que promova, no mínimo, os conhecimentos básicos para trabalhar com cada área específica (Gatti, 2008), inclusive com Ciências Naturais, por ser uma disciplina importante para apresentar aos estudantes, visto que estes estão imersos em uma sociedade marcada pelo desenvolvimento científico.

Por outro lado, torna-se relevante que os pedagogos deem seguimento à formação continuada em ciências para que possam adquirir aprendizagens científicas, o que influenciará na construção de concepções adequadas sobre ciências. A formação continuada acontece após a formação inicial, podendo ocorrer no próprio espaço escolar (Gatti, 2008). Esse tipo de formação pode ser adquirida a partir de suas participações em trabalho colaborativo na escola.

O trabalho colaborativo é uma modalidade em que os participantes se apoiam de forma mútua, visando a negociação de maneira coletiva entre os

membros do grupo (Ibiapiana, 2008). Esse modelo de trabalho pode ser realizado através de construção de sequência didática¹ (Damiani, 2008). É uma das possibilidades de formação continuada para os professores de ciências. No entanto, essa formação precisa ser sensível às diferentes culturas, de modo que os professores poderão reconhecer e considerar os saberes culturais que se fazem presentes em suas salas de aulas de ciências.

A formação continuada através do trabalho em conjunto com sensibilidade à diversidade cultural tem por propósito articular ao diálogo intercultural, enquanto aquele que investiga, valoriza e respeita as diferentes culturas (Baptista, 2015). A interculturalidade a partir de saberes permite o professor romper com uma visão essencialista das culturas (Candau, 2011).

Assim, para esta produção surgiu a seguinte questão: quais são as concepções dos professores dos anos iniciais sobre a realização de um trabalho colaborativo para ensinar ciências interculturalmente?

O objetivo deste estudo é identificar as ideias dos professores dos anos iniciais no que se refere ao desenvolvimento de um trabalho colaborativo, para o ensino de ciências intercultural.

No artigo são apresentados resultados da dissertação de mestrado da autora. As análises dos dados aconteceram por meio de transcrições de entrevistas semiestruturadas antes e após a concretização de um trabalho em colaboração com os participantes, sendo realizadas interpretações, inferências e levantamento de categorias temáticas. Estas são identificadas por falas dos entrevistados e códigos: P1, pauta-se ao professor; P2, para a professora.

A investigação possibilitou o diálogo e ampliações das visões dos professores em relação ao ensino de ciências, conhecimento científico e sua natureza, bem como diversidade cultural em sala de aula. Essa formação é uma maneira de potencializar os saberes pedagógicos e específicos do conteúdo de ensino, adquiridos na profissão docente.

1. A sequência didática se enquadra em um plano metodológico estruturado e organizado para a prática pedagógica do professor, objetivando atender os princípios educacionais (Zabala, 1998).

1. Marco teórico

a. Trabalho colaborativo intercultural com professor de ciências

Trabalho colaborativo requer empenho dos membros do grupo, o cumprimento das tarefas e o diálogo. O entrelaçamento das vozes dos professores em um grupo enriquece a conversação e a compreensão de um tema abordado (Boavida, Ponte, 2002), permitindo aumentar suas motivações.

Embora seja importante desenvolver trabalhos colaborativos para possibilitar a motivação e o desempenho dos professores de ciências em sua profissão, percebe-se a ausência desse modelo de trabalho nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Essa carência está relacionada com a estrutura dos edifícios escolares, a falta de tempo dos professores e de recursos didáticos. A própria divisão do currículo por disciplinas, fatores que impelem os professores a trabalharem sozinhos, sendo raros os momentos em que se juntam para partilhar e refletir sobre suas experiências profissionais (Carrilho, 2011).

Todavia, a realidade do dia a dia do professor que trabalha nos anos iniciais e em outros níveis de escolarização é composta por excesso de atribuições, por pouco tempo para os professores prepararem suas aulas, analisarem atividades e rotatividade de trabalho em mais de uma escola. Esses aspectos desestimulam os professores no momento de planejarem o trabalho colaborativo (Nogueira, 2013).

Pelo fato de o trabalho colaborativo possibilitar interações (Hargreaves, 1998), torna-se essencial que os professores de ciências desenvolvam esse modelo de trabalho, porque de acordo com Matthews (1995), as práticas de trabalhos interacionistas atribuem significados à formação continuada desses profissionais e, conseqüentemente, influenciará na qualidade do ensino de ciências em salas de aulas.

b. A interculturalidade no ensino de ciências

É perceptível que nos anos iniciais o professor aborda questões científicas sem relacionar com o

processo histórico em que as ciências foram construídas, cabendo aos estudantes assimilarem os conteúdos científicos de maneira mecânica, sem oferecer oportunidades para reflexões (Goldschmidt, 2012).

As ciências têm sido ensinadas como uma coleção de fatos, descrições de fenômenos e enunciados de teorias, distanciadas dos espaços socioculturais dos estudantes. O ensino de ciências precisa ter relação com a interculturalidade, por esta articular às experiências de vida dos sujeitos e propiciar uma visão transformadora, possibilitando prazer ao realizarem atividades científicas, estabelecendo suas próprias relações com o mundo e construindo conhecimentos (Goldschmidt, 2012).

Para tanto, o professor necessita criar condições de ensino que incluam a interculturalidade, permitindo aos estudantes conhecerem outras culturas, até mesmo a cultura científica, de modo que facilite suas compreensões voltadas para as ciências, que tenham a opinião crítica sobre as situações do cotidiano.

O ensino de ciências nos anos iniciais que contempla a interculturalidade permite ao estudante entender que o conhecimento científico não pode ser inquestionável, mas uma forma de saber que lhe permitirá ampliar suas concepções prévias (Goldschmidt, 2012). O enfoque na interculturalidade rompe com atos discriminatórios e a negação das culturas (Candau, 2013).

Acredita-se que a atenção à interculturalidade se faz necessária não somente no ensino de ciências, mas também no desenvolvimento de trabalho colaborativo, prática pedagógica, por conseguinte, na formação continuada, que fazem parte da profissão docente, proporcionando a capacitação de pessoas emancipadas e comprometidas com o meio social.

c. A continuidade da formação em ciências com sensibilidade à diversidade cultural

A formação continuada acontece após a graduação, se consolidando ao longo da profissão docente no contexto escolar (Nóvoa, 1991). Os espaços para formação continuada são necessários para manter os

professores informados e reflitam sobre sua didática (Bonzanini, Bastos, 2009). A reflexão pautada na crítica é prioritária durante a formação continuada.

A formação contínua nos espaços escolares é importante para os professores de ciências reverem a visão simplista sobre ciências e desconfigurada de seu contexto histórico, político e cultural. Isso contribuirá para que tenham uma imagem adequada das ciências (Praia, Cachapuz, Gil-Pérez, 2002; Cunha; 2001).

A imagem adequada das ciências significa considerá-las não como uma atividade neutra, mas sujeita a subjetividade, em estreita relação com a sociedade (Augusto, Amaral, 2015), sem deixar perder de vista como se constrói o conhecimento científico, enfatizando seu progresso dinâmico e cultural (Gonçalves, 1996). O professor que demonstra uma compreensão correta das ciências terá facilidade de explicar conteúdos científicos para os estudantes. Por outro lado, ele poderá ter dificuldades em abordar as questões culturais (Baptista, 2015). Para superar tais dificuldades, o professor deverá recorrer à qualificação atrelada à diversidade cultural.

A qualificação que investiga e reconhece os grupos étnicos, compreende saber mediar sobre as semelhanças e diferenças entre a cultura das ciências e as culturas dos estudantes (Baptista, 2015). Esta característica é vinculada ao diálogo intercultural e envolve uma comunicação amparada em pontos de vista, guiada através do respeito ao outro (Dantas, 2012).

O diálogo intercultural trata-se do encontro entre culturas, o encontro de sentidos, conforme o lugar de que se fala, respeitando as diversas formas de conhecimento e os seus modos de expressão, os costumes e tradições (Fornet-Betancourt, 2001). Essa perspectiva fomenta modos de pensar, ser, viver e relacionar-se por meio da prática dialógica (Pvan, Lopes, Backes, 2014).

O ato de dialogar é dado por uma argumentação entre os interlocutores, em que expõem sobre o que pensam, sendo esta forma de argumentar proveniente das experiências socioculturais (Lopes, 2009). Esta dimensão precisa ser intrínseca aos procedimentos pedagógicos na formação, por

combater a discriminação racial (Candau, 2011). Somente assim, os professores de ciências poderão ter facilidade para desenvolver aulas de ciências interculturais, abertas ao diálogo e à solidariedade.

2. Metodologia

Este estudo é de natureza qualitativa, permitindo descrever os dados a partir de interpretações das informações coletadas (Devetak, Glažar, Vogrinc, 2010), por meio do uso de entrevistas semiestruturadas.

As transcrições das entrevistas semiestruturadas ocorreram paralelas ao desenvolvimento do trabalho colaborativo. Essas transcrições foram realizadas de forma cuidadosa, mantendo a literalidade do que foi argumentado pelos participantes do estudo. Segundo Ladeira (2007), ao transcrever o que foi gravado, cabe ao pesquisador focalizar os fenômenos que podem fazer parte da explicação analítica.

Assim, a pesquisadora analisou as informações contidas no texto transcrito, tomando como aporte a análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), para que pudesse interpretar os dados coletados, realizar inferências e elaborar categorias temáticas.

As categorias selecionadas para esta produção, são: (4.1) ideias de professores sobre trabalho colaborativo intercultural na educação científica; (4.2) Diálogo a partir dos saberes culturais; (4.3) Ciências Naturais e sua relação com a sociedade; (4.4) qualificação de professores de ciências pautada na diversidade cultural.

Os participantes da pesquisa são dos gêneros masculino e feminino, com idades entre 30 a 40 anos. O professor é graduado em Pedagogia na Faculdade de Ciências Educacionais, em Santo Antônio de Jesus - BA. O mesmo possui Pós-graduação lato sensu em Didática da Matemática, leciona na escola há cinco anos e reside na cidade de Mutuípe - BA. A professora é graduada em Pedagogia na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Formação de Professores (CFP), em Amargosa - BA. É especialista em Educação Especial, atua há oito anos na escola e reside no distrito de Tartaruga, município de Milagres - BA.

Os professores lecionam no quinto ano dos anos iniciais do Ensino Fundamental I, no turno matutino, em uma Escola pública do município de Amargosa-BA, situada no contexto urbano, local este em que se concretizou a presente pesquisa.

3. Procedimentos do trabalho colaborativo

Foram realizados onze encontros, com vistas ao desenvolvimento da colaboração durante a construção de uma sequência didática, como meio de formação continuada intercultural. Esses encontros aconteceram nos dias de Atividades Complementares (AC) da escola sob estudo, com o tempo estimado de quarenta minutos a uma hora e cinquenta minutos, no período noturno, com a presença da autora e dois professores participantes. Os procedimentos desenvolvidos durante esses encontros são descritos no Quadro 1.

4. Resultados e discussão

São apresentadas abaixo quatro categorias temáticas e um quadro para cada uma, consistindo em um total de quatro quadros, nos quais são organizadas as narrativas dos professores participantes, por antes e após o trabalho colaborativo.

a. Ideias de professores sobre trabalho colaborativo intercultural na educação científica

O trabalho colaborativo na perspectiva intercultural valoriza e respeita a diversidade cultural (Candau, 2013). Esse modelo de trabalho no ensino de ciências amplia os entendimentos sobre questões científicas e culturais (Nogueira, 2013). Com base a isso, os professores revelam suas concepções referentes o trabalho colaborativo para o ensino de ciências intercultural, como pode ser notado no Quadro 2.

Sobre trabalho colaborativo intercultural para a educação científica, P1 argumenta que são atividades voltadas para o reconhecimento das culturas dos estudantes; para P2, ocorre através da interação e da

consideração dos saberes culturais dos estudantes. Essas informações foram apresentadas pelos professores antes do trabalho colaborativo.

Após o trabalho colaborativo, nota-se que para P1, é uma forma de trabalhar em conjunto e de valorização das culturas das ciências e das culturas dos estudantes, sendo que para P2, o trabalho colaborativo ocorre baseado no diálogo, na socialização das experiências, centrado naquilo que os estudantes comunicam e na cultura científica, promovendo a uma relação igualitária entre as culturas. É possível perceber que após a colaboração, os professores ampliaram suas concepções sobre trabalho colaborativo intercultural.

A participação de professores em um trabalho colaborativo, que pretenda ser intercultural proporciona a compreensão de que a cultura científica pode ser associada às demais culturas (Ogay, 2010). O trabalho em grupo com esse enfoque permite ao professor despertar seu olhar para os universos culturais dos estudantes e das ciências (Canen, 2011). Isso está de acordo com a fala de P2, quando afirma que o trabalho colaborativo pautado na interculturalidade sensibiliza o professor, no que tange às questões relacionadas às diferenças culturais presentes na escola.

Apesar de P1 e P2 reconhecerem que o trabalho colaborativo intercultural possibilita sensibilizar o professor para saber lidar com a diversidade cultural, observa-se que é preciso da efetivação dessa proposta na instituição educacional. Tal afirmação é demonstrada quando P2 aponta: *há uma necessidade de desenvolver trabalho em colaboração na escola. Acredito que isto [...] será útil para o planejamento e para a formação da prática do educador.* Enquanto P1 argumenta: *na escola não existe o trabalho colaborativo [...] é cada um com sua forma de trabalhar [...]. Precisa de uma prática colaborativa, que reafirme essa situação cultural, faça com que a gente melhore a nossa aprendizagem.*

Percebe-se nos trechos das narrativas acima que há necessidade de os professores desenvolverem trabalhos em conjunto na escola. Para Ferreira (2012), os professores ainda trabalham de forma isolada.

Quadro 1. Procedimentos dos encontros do trabalho colaborativo que aconteceu na Escola Municipal de Amargosa-BA.

1º encontro	Os participantes do grupo realizaram a leitura de frases referentes ao desenvolvimento de trabalhos colaborativos para o ensino de ciências intercultural e apresentaram reflexões acerca da necessidade de concretizar a cultura colaborativa em seu local de trabalho, como possibilidade de dar seguimento a sua formação na área da educação científica. Após isso, foi elaborado um planejamento a partir das sugestões dos membros do grupo para os dez encontros posteriores.
2º encontro	Os integrantes delimitaram temas para a produção de uma sequência didática. Esses temas foram relacionados com as necessidades que a escola apresentava, associados a vivência cultural dos estudantes. Feito o levantamento dos temas, foi adotada apenas uma temática para a construção de uma sequência didática baseada no diálogo intercultural.
3º encontro	Os integrantes realizaram a leitura compartilhada dos textos: <i>Concepções introdutórias sobre a base histórica da problemática ambiental: influências da produção de lixo e o manejo adequado deste, O conhecimento científico escolar recontextualizado e o olhar sensível para a diversidade cultural no ensino de ciências</i> . Os textos foram produzidos pela autora deste trabalho e validados no Grupo de Investigação em Etnobiologia e Ensino de Ciências (GIEEC-UEFS), do qual a pesquisadora é membro. O objetivo da leitura compartilhada dos textos foi possibilitar aos professores adquirirem aprendizagens referentes à consideração dos aspectos históricos das ciências e dos contextos de realidades dos estudantes, a fim de despertar seus olhares para o reconhecimento do diálogo intercultural no ensino de ciências.
4º encontro	Os membros do grupo deram continuidade à leitura compartilhada e reflexões sobre o texto <i>O conhecimento científico escolar recontextualizado e o olhar sensível para a diversidade cultural no ensino de ciências</i> . Logo após, iniciaram a construção de um questionário para os estudantes das turmas de quinto ano dos professores participantes do trabalho colaborativo, tendo por finalidade identificar seus conhecimentos prévios sobre o tema “O impacto do lixo para proliferação do mosquito <i>Aedes Aegypti</i> , como transmissor do vírus que causa a dengue e os cuidados para evitar o aparecimento desse vetor”. Esse questionário serviu de suporte para a elaboração de atividades que foram contidas na sequência didática.
5º encontro	Os participantes finalizaram a construção do questionário. Seguidamente, analisaram o plano de curso da disciplina de Ciências Naturais da escola sob estudo para saber qual conteúdo de ciências se associava com a temática do questionário, no qual foi possível detectar o conteúdo Saneamento Básico e Lixo.
6º encontro	Foram distribuídas cópias do questionário para 45 estudantes dos gêneros masculino e feminino com idade entre 10 a 16 anos, sendo 23 da turma A e 22 da turma B do quinto ano do turno matutino. Em ambas as turmas, a autora deste estudo fez a leitura do questionário e informou aos estudantes que em caso de dúvidas sobre as questões apresentadas poderiam recorrer tanto à mesma, quanto ao professor. Foram sanadas as dúvidas daqueles que se manifestaram. Ressalta-se que a aplicação do questionário foi com os estudantes matriculados nas turmas dos professores participantes do trabalho colaborativo e estes estavam cientes da presença da autora.
7º encontro	Realizou-se a análise e interpretações das informações dadas pelos estudantes no questionário, o que possibilitou elaborar categorias temáticas e sistematizá-las em dois quadros.
8º encontro	Foi concluída a análise dos questionários. Logo após, analisou-se os livros paradidáticos de ciências Naturais para relacionar as semelhanças e diferenças entre conhecimentos científicos e os saberes socioculturais dos estudantes sobre a temática selecionada para a sequência didática. Os livros paradidáticos proporcionam a elaboração de estudos com ênfase nos aspectos históricos, sociais e culturais (Souza, 2003).
9º encontro	Os componentes do grupo realizaram a leitura compartilhada de um caso, consistindo em uma história fictícia sobre o mosquito <i>Aedes aegypti</i> , com o objetivo de contribuir para a formação dos professores participantes da pesquisa, uma vez que no 8º encontro foi percebido que os mesmos apresentavam carência de conhecimento referente a essa abordagem.
10º encontro	Após a leitura compartilhada do caso, os participantes analisaram o plano de curso de Ciências Naturais do quinto ano, possibilitando estruturar os conteúdos de ensino em um quadro para identificar qual que se relacionava com a temática da sequência didática “o impacto do lixo para a proliferação do mosquito <i>Aedes aegypti</i> , como transmissor do vírus que causa a dengue e os cuidados para evitar o aparecimento desse vetor”. Feito isto, tomou-se como base os estudos de Pozo, Crespo (2009), e de Zabala (1998) para a elaboração da sequência didática, a partir dos conhecimentos científicos e dos conhecimentos prévios dos estudantes do quinto ano sobre o tema. A mesma foi estruturada para cinco aulas de ciências às terças feiras. O tempo destinado para cada aula foi de 40 minutos porque nas terças também são ministradas aulas de Português e Matemática, o que interfere para a redução da carga horária da disciplina de Ciências Naturais.
11º encontro	Os membros do grupo concluíram a construção da sequência didática. A seguir, realizaram uma avaliação a partir do diálogo sobre o desenvolvimento do trabalho colaborativo, destacando os pontos positivos e negativos.

Fonte: elaborado pelos autores.

2. O Grupo de Investigação em Etnobiologia e Ensino de Ciências objetiva considerar os pressupostos teóricos e metodológicos da Etnobiologia, do ensino de Ciências Naturais a partir da interculturalidade e suas articulações com a formação inicial e continuada de docentes. Foca no respeito e a valorização da diversidade de práticas culturais, incluindo a cultura da ciência e as culturas dos estudantes. As reuniões deste grupo de investigação acontecem na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), situada Av. Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, Feira de Santana-BA.

Segundo a autora, eles podem interagir entre si, mas, à medida que se fala de interações mais complexas, nomeadamente no que diz respeito à planificação conjunta, partilha de materiais, entre outros, essa interação diminui.

Provavelmente, o isolamento do professor em seu local de trabalho é em razão a sua insegurança sobre determinados conteúdos de ensino, a sobrecarga de atividades escolares. Hargreaves (1998) comenta que a própria forma de trabalho individual, imposta e com demandas extensas influencia para o trabalho isolado do professor.

b. O diálogo a partir dos saberes culturais

Para Candau (2013), o processo dialógico na escola é permeado por diferentes visões dos cotidianos de vida dos sujeitos. No que se trata da definição de diálogo, os professores revelam no Quadro 3.

Nota-se que antes do trabalho colaborativo P1 conceitua diálogo como forma de articular os conhecimentos culturais dos estudantes com os conhecimentos científicos, presentes no livro didático. É provável que a concepção dessa professora pode ter sido influenciada através da realização de leituras

Quadro 2. Exemplos de respostas de professores de uma escola municipal de Amargosa-BA sobre trabalho colaborativo para o ensino de ciências intercultural.

Antes do trabalho colaborativo	Após o trabalho colaborativo
<i>O trabalho colaborativo de ciências [...] seria falar sobre as culturas dos estudantes, né, a diversidade de saberes que os estudantes trazem para a escola (P1)</i>	<i>É o trabalho colaborativo que dialoga com a interculturalidade, é um trabalho em conjunto [...]. É uma forma de [...] relacionar os saberes das ciências com os saberes dos alunos [...]. Agora entendo que o trabalho colaborativo por meio do intercultural procura valorizar a cultura das ciências, as culturas dos alunos (P 1).</i>
<i>Para mim, é o trabalho colaborativo a partir de uma atividade com outras pessoas, isso de intercultural, penso que é [...] trabalhar os saberes culturais dos alunos (P2).</i>	<i>Assim, no trabalho colaborativo a gente traz experiências, dialoga. Esse trabalho que é prá o ensino de ciências, por meio dessa interculturalidade sensibiliza o professor em relação aos diferentes saberes culturais, essa é a palavra-chave. É aquilo que os alunos trazem de seus locais de moradia e da cultura científica que é presente no conteúdo que a gente ensina, porque o trabalho intercultural, né, contribui prá uma relação igualitária (P2).</i>

Fonte: elaborado pelos autores.

Quadro 3. Exemplos de respostas dos professores de uma escola municipal de Amargosa-BA sobre diálogo a partir de saberes culturais.

Antes do trabalho colaborativo	Após o trabalho colaborativo
<i>Dialogar é exatamente isso, pegar a cultura do aluno, aquilo que ele traz e não anular a cultura que ele traz e nem a cultura do livro didático. É fazer essa junção e ampliar o conhecimento do aluno (P2).</i>	<i>O diálogo envolve argumentações entre o professor e os alunos. Também envolve a constante mediação entre os saberes culturais. No processo dialógico a gente deixa o aluno se posicionar, questionar (P2).</i>
<i>Eu faço o levantamento dos alunos, a gente começa um assunto, né, a gente conversa um pouco, dialoga sobre o assunto e depois a gente faz o paralelo (P1). Paralelo com o conteúdo e com a cultura que ele adquiriu onde ele mora (P1). Dialogar é [...] a troca de saberes (P1).</i>	<i>[...] o diálogo é a socialização de informações entre o professor e os estudantes, né, de diversos saberes. Isso a gente discutiu no nosso trabalho colaborativo, porque é preciso considerar, respeitar, mas em primeiro lugar, aceitar as diferentes culturas [...] o diálogo leva os estudantes a pensar (P1).</i>

Fonte: elaborado pelos autores.

em revistas, jornais, artigos, ou ter visto essa informação na televisão. No que diz respeito à fala de P1, o diálogo ocorre a partir do levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes, mediante uma conversa e antes de abordar o conteúdo de ensino.

O diálogo entre o professor e estudantes também pode acontecer durante a abordagem de um conteúdo de ensino. Para Freire (1997), o diálogo é uma exigência nos espaços das salas de aulas, porque é uma maneira de facilitar a aprendizagem.

Ainda sobre diálogo, P.1 define como “troca de saberes”. Porém, quando questionado sobre esse termo “troca”, o professor quis dizer que o diálogo ocorre a partir do compartilhamento do conhecimento científico e das concepções prévias dos estudantes. Em conformidade com Hargreaves (1998), compartilhar saberes implica em um processo dialógico entre os sujeitos, de modo a contemplar a participação de todos.

Outro ponto a destacar, é que após o trabalho colaborativo P2 afirma que o diálogo é a socialização entre professor e estudante, a partir do respeito e aceitação de culturas, o que se aproxima do argumento de P2, quando coloca que o diálogo representa os diferentes saberes culturais. A partir dessas afirmativas percebe-se que houve ampliação de entendimentos de P1 e P2 sobre a importância da prática dialógica em sala para a valorização das culturas.

O diálogo permite a interação e a intervenção de várias vozes, gerando aprendizagens culturais e novos significados. A função dialógica é fundamental

para os estudantes expressarem suas razões e terem entendimentos sobre o mundo (Mortimer, Scott, 2002).

c. Ciências Naturais e sua relação com a sociedade

Conforme os PCNs (Brasil, 1997), as Ciências Naturais se pautam na reconstrução de relação homem-natureza, fomentando a formação humana e igualitária. Além disso, promove a compreensão de uma sociedade influenciada cientificamente e tecnologicamente (Delizoicov, Angotti, 1990).

Sobre o conceito de Ciências Naturais, pode-se identificar no Quadro 4 o que os professores argumentaram.

As concepções dos professores sobre as Ciências Naturais antes e após o trabalho colaborativo estão concernentes ao que é proposto na literatura de educação científica. Apesar de que, as narrativas após o trabalho colaborativo revelam que P1 e P2 aprimoraram suas ideias sobre a representação das Ciências Naturais.

De acordo com PCNs (Brasil, 1997), Ciências Naturais são compostas por Biologia, Química, Física e Geologia. As Ciências Naturais esclarecem os fenômenos e as transformações originadas das ações humanas no espaço social. Através delas é possível refletir sobre as explicações da natureza, tendo uma postura crítica diante dos acontecimentos na sociedade (Brasil, 1997).

Quadro 4. Exemplos de respostas de professores de uma escola municipal de Amargosa-BA sobre Ciências Naturais.

Antes do trabalho colaborativo	Após o trabalho colaborativo
<i>Ciências Naturais, é o estudo dos seres vivos, é, do nosso planeta, dos seres humanos [...], (P1).</i>	<i>Ciências Naturais envolve o universo, o que é natural do ambiente, o sol, a água, os elementos naturais. Envolve o estudo da natureza das ciências [...] fazem parte do social (P1).</i>
<i>Ciências Naturais é baseada na observação, entre fatos e ideias contextualizadas (P2).</i>	<i>As Ciências Naturais abarcam todas as disciplinas científicas, né, que se dedicam ao estudo da natureza [...]. Elas envolvem a Biologia, a Química e a Física. Também compreendem a cidadania, valorizam e adotam hábitos saudáveis [...] (P2).</i>

Fonte: elaborado pelos autores.

Após o trabalho colaborativo, nota-se que a visão sobre Ciências Naturais de P1 se enquadra ao que é exposto acima pelos PCNs, quando P1 se remete que Ciências Naturais abrange o estudo da natureza, enquanto P2 salienta que esta área de conhecimento leva em consideração a cidadania e adota hábitos saudáveis.

Já que as Ciências Naturais é essencial para a vida e a própria formação dos indivíduos, faz-se necessário que o professor procure compreendê-la, para que não venha aderir a postura cientificista, desarticulada do significado ético dos conteúdos provenientes das Ciências (Brasil, 1997). Nesta circunstância, o professor terá fundamentos para argumentar sobre Ciências Naturais de forma consciente.

d. Qualificação de professores de ciências pautada na diversidade cultural

Vários autores advogam sobre a importância do trabalho colaborativo para a qualificação dos professores, entre eles, são: Boavida, Ponte (2002); Damiani (2008); Hargreaves (1998); Day (2001). Desse modo, é essencial a participação de professores do Ensino Fundamental em trabalhos colaborativos interculturais, porque poderão dar continuidade à sua formação nessa área de conhecimento. Em relação a isso, verifica-se no Quadro 5 o que os professores apontam.

P2 enfatiza que o trabalho colaborativo para o ensino de ciências intercultural lhe permitiu pensar sobre as aulas de ciências. Provavelmente, o diálogo entre essa professora e os participantes do grupo de trabalho gerou abertura para ela pensar sobre a sua forma de ensinar ciências, o que lhe possibilitou perceber a importância de ter recorrido à formação continuada em ciências para atualizar-se intelectualmente.

Segundo Damiani (2008), as reflexões no trabalho em conjunto permitem aos participantes do grupo pensar em situações que não foram identificadas antes. Conforme esse autor, a reflexão pode ocorrer a partir do compartilhamento de ideias e experiências vivenciadas, colaborando para que o professor ressignifique os saberes pedagógicos, ou seja, atribua sentidos a esses saberes.

P1 comunica que através da mediação com os membros do trabalho em colaboração, foi possível ressignificar os saberes pedagógicos. Essa atitude do professor pode ter sido em razão da formação adquirida no trabalho colaborativo para o ensino de ciências intercultural.

Os saberes pedagógicos são advindos dos saberes das experiências e dos saberes teóricos durante os processos formativos do professor (Zibetti, Souza, 2007; Pimenta, Ghedin, 2005), podendo ser por meio de sua participação em trabalhos colaborativos (Hargreaves, 1998).

Quadro 5. Exemplos de respostas de professores de uma escola de Amargosa-BA sobre trabalho colaborativo intercultural para a qualificação em Ciências Naturais.

Antes do trabalho colaborativo	Após o trabalho colaborativo
<i>Com certeza [...] o trabalho intercultural contribuirá para a qualificação, minha formação, porque a gente precisa de uma preparação melhor para trabalhar com o ensino de Ciências Naturais (P1).</i>	<i>Aprimoramentos de conhecimentos em ciências, isso foi fundamental para a minha formação continuada, né, obtive conhecimentos que não foram possíveis em minha formação inicial. Ressignificou os saberes pedagógicos (P1).</i>
<i>O trabalho colaborativo para a minha formação em ciências, ah, seria um ganho, porque iria contribuir para aperfeiçoar meus conhecimentos sobre ciências [...] (P2).</i>	<i>Quando a gente estava falando sobre o texto, aquele da diversidade cultural no ensino de ciências, foi um momento importante, porque pude refletir sobre as minhas aulas de Ciências Naturais. Então, [...] o trabalho colaborativo é relevante para a gente refletir, para a formação da gente [...] (P2).</i>

Fonte: elaborado pelos autores.

3. Considerações finais

Os principais resultados apontados neste trabalho se destacam na importância do uso do trabalho colaborativo articulado a interculturalidade para o ensino de ciências, como forma de os professores participantes adquirirem aprendizagens sobre esta perspectiva.

Apresenta-se a eficácia da partilha de saberes teóricos e pedagógicos entre os membros do grupo, para que pudessem rever os pontos de vista, por exemplo, que a ciência é cultura, sendo possível estabelecer relações de semelhanças e diferenças com as concepções prévias dos estudantes sobre determinada temática. Assim, promovendo a interculturalidade a partir da valorização cultural.

O estudo aponta para a contribuição do trabalho em conjunto enquanto meio de o professor dos anos iniciais dar continuidade à sua formação em ciências, potencializando a práxis em sala. Conclui-se que esta pesquisa poderá colaborar para futuras produções acadêmicas voltadas para o trabalho colaborativo que considera a diversidade cultural, como possibilidade de qualificação dos professores de ciências.

4. Agradecimentos

Universidade Federal da Bahia, por ter promovido o desenvolvimento desta investigação, que é advinda da pesquisa de mestrado e, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, por financiar a mesma.

Referências bibliográficas

- AUGUSTO, T.G.S.; AMARAL, I.A. do. A formação de professoras para o ensino de Ciências nas séries iniciais: análise dos efeitos de uma proposta inovadora. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 21, n. 2, pp. 493-509. 2015. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020014>
- BAPTISTA, G.C.S. Um enfoque etnobiológico na formação do professor de ciências sensível à diversidade cultural: estudo de caso. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 3, pp. 585-603. 2015. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/24068>>. Acessado em: 20/04 de 2019. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150030005>
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 70a. ed. Edições. Lisboa: Portugal. 2011.
- BAYERL, G.S. O ensino de ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma reflexão histórica das políticas de educação do Brasil. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 2014, v.5 Ponta Grossa. **Anais eletrônicos...** Ponta Grossa, UTFPR, 2014. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2016/index.php?id=260>>. Acessado em: 20/04 de 2019.
- BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** 2a. ed. Ática. São Paulo: Brasil. 2009.
- BOAVIDA, A.M.; PONTE, J.P. Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. In: GTI (Org). **Refletir e investigar sobre a prática profissional**. 2a. ed. Lisboa, APM, p. 21, 2002. Disponível em: <[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4069/1/02-Boavida-Ponte%20\(GTI\).pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4069/1/02-Boavida-Ponte%20(GTI).pdf)>. Acessado em: 20/04 de 2019.
- BONANDO, P.A. **Ensino de Ciências nas séries iniciais do 1º grau - descrição e análise de um programa de ensino e assessoria ao professor**, 1994, 260 f. Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. 1994.
- BONZANINI, T.K.; BASTOS, F. Formação continuada de professores: algumas reflexões. In: **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, v. 5, n. 8. Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte, ed. UNESP. 2009. pp. 8154-8166.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Parâmetros Curriculares Nacionais de 5ª a 8ª séries Documento Introdutório**. SEF. Brasília. 1997.
- CANAU, V.M.F. Diferenças culturais, cotidiano escolar e práticas pedagógicas. **Currículo sem Fronteiras**, Porto, v. 9, n. 2, pp. 240-255. 2011.
- CANAU, V.M. **Didática crítica intercultural: aproximações**. Vozes. Petrópolis: Brasil. 2013.

- CANEN, A. Formação continuada de professores para a diversidade cultural: ênfases, silêncios e perspectivas. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 48, pp. 641-661. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000300007>
- CARRILHO, M.R.F.S. **Trabalho colaborativo entre professores e inovação educacional: contribuições da investigação**. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico de Viena. Viena. 2011.
- CUNHA, A.M.O. A mudança distorça epistemológica de professores num contexto de educação continuada. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, pp. 235-248. 2001. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200007>
- DAMIANI, M.F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar**, Curitiba, v. 12, n. 31, pp. 213-230. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010440602008000100013&script=sci_abstract&tlng=pt. Acessado em: 20/04 de 2019. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602008000100013>
- DANTAS, S.D. **Diálogos interculturais: reflexões interdisciplinares e intervenções psicossociais**. IEA-USP. São Paulo: Brasil. 2012.
- DAY, C. **Desenvolvimento profissional de professores: os desafios da aprendizagem permanente**. 2a. ed. Porto Ed. Porto: Portugal. 2001.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. 2a. ed. Cortez. São Paulo: Brasil. 1990.
- DEVETAK, S.; GLAŽAR, A.; VOGRINC, J. The Role of Qualitative Research in Science **Education**. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 6, n. 1, pp. 77-84. 2010. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75229>
- FERREIRA, M.P.A. **O trabalho colaborativo da equipa técnico-pedagógica de um centro novas oportunidades**. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Educação Almeida Garrett. Lisboa. 2012.
- FORNET-BETANCOURT, R. **Transformación intercultural de la filosofía**. Desclée de Brouwer. Bilbao: España. 2001.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. 23a. ed. Paz e Terra. São Paulo: Brasil. 1997.
- GATTI, B. Análise das políticas públicas para formação continuada no Brasil, na última década. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 37, pp. 57-70. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782008000100006>
- GOLDSCHMIDT, A.I. **O ensino de ciências nos anos iniciais: sinalizando possibilidades de mudanças**. 226 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - UFSM, Santa Maria, 2012.
- GONÇALVES, C.D. (Re) pensar a ciência como cultura. **Revista Sociologia, Problemas e Práticas**, Lisboa, v. 18, n. 21, pp. 47-68. 1996.
- HARGREAVES, A. **Profesorado, cultura y postmodernidad. Cambian los tiempos, cambia el profesorado**. Ediciones Morata. Madrid: España. 1998.
- IBIAPINA, I.M.L.de M. **Pesquisa colaborativa: Investigação, formação e produção de conhecimentos**. Liber, Brasília: Brasil. 2008.
- LADEIRA, W.T. Teoria e métodos de pesquisa qualitativa em sociolinguística interacional. **Revista de C. Humanas**, v. 7, n. 1, pp. 43-46. 2007.
- LOPES, L.D., da. A construção da prática pedagógica do professor: saberes e experiência profissional. In: Congresso Internacional e V Colóquio Nacional, 2009, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, UFPB. 2009. pp. 11-327.
- MATTHEWS, M.R. Science teaching: the role of history and philosophy of science. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 12, n. 3, pp. 164-214. 1995.
- MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. Atividade Discursiva nas Salas de Aulas de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino. **Investigação em Ensino de ciências**, Porto Alegre - RS, v. 7, n. 3, pp. 01-24. 2002.
- NOGUEIRA, P.G.S.S.B. Trabalho colaborativo docente no ensino de Ciências: um estudo de caso. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Portuguesa, Porto. 2013. Disponível em: <http://repositorio.uportu.pt/bitstream/11328/639/1/TME%20502.pdf>. Acessado em: 20/04 de 2019.

- NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação**. Publicações Dom Quixote. Lisboa: Portugal. 1991.
- OGAY, T. Por uma abordagem intercultural da educação: levar a cultura a sério. **Revista Diálogo Educação**, Curitiba, v. 10, n. 30, pp. 391-408. 2010. <https://doi.org/10.7213/rde.v10i30.2476>
- OVIGLI, D.F.B.; BERTUCCI, M.C.S. A formação para o ensino de ciências naturais nos currículos de pedagogia das instituições públicas de ensino superior paulista. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, pp. 194-209, 2009. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/134/92>>. Acessado em: 20/04 de 2019.
- PAVAN, R.; LOPES, M.C.L.P.; BACKES, J.L. A construção de um diálogo intercultural com indígenas por meio de pesquisa-ação não convencional. **Revista Acta Scientiarum**, Maringá, v. 36, n. 1, pp. 163-173. 2014. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v36i1.21295>
- PIMENTA, S.G.; GHEDIN, E. **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 3a. ed. Cortez. São Paulo: Brasil. 2005.
- POZO, J.I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5a. ed. Artmed. São Paulo: Brasil, 2009.
- PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 8, n. 1, pp. 127-145. 2002. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100010>
- SOUZA, S. C. Repensando a leitura na educação em ciências: necessidade e possibilidade na formação inicial de professores. In: Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição: reflexões para o ensino, II, 2003, **Anais...** Belo Horizonte, UFMG, 2003.
- ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Artmed. Porto Alegre: Brasil. 1998.
- ZIBETTI, M.L.; SOUZA, M.P. Apropriação e mobilização de saberes na prática pedagógica: contribuição para a formação de professores. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 33, n. 2, pp. 247-262. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022007000200005>





TÍTULO: IL DIARIO DEL CIELO

José Efraín Guataquira Ramírez*

Autora: Nicoletta Lanciano, en colaboración con María Cristina Marín, Oreste Brondo, Grupo MCE.

Editorial: New Press Edizioni.

Año de publicación: 2014.

Ciudad: Roma, Italia.

Idioma: italiano.

Número de páginas: 384.



La autora

Licenciada en Matemáticas de la Universidad de Roma "La Sapienza". Doctora en Ciencias de la Educación, orientada a Enseñanza de Didáctica de la Astronomía, de la Facultad de Psicología y Ciencias de la Educación, Universidad de Ginebra (Suiza). Actualmente es investigadora en servicio en el Departamento de Matemáticas de Universidad de Roma "La Sapienza", integrante de la comisión C1 de la Unión Astronómica Internacional (IAU) y desarrolla proyectos en

formación de maestros y en enseñanza de la astronomía con docentes de todos los niveles educativos, así como con investigadores del Movimiento de Cooperación Educativa (MCE: www.mce-fimem.it).

Desde el MCE, con otros compañeros, realizan experiencias libres, sin vínculos de horario, de nivel académico, se trabaja en conjunto para inventar la gran parte de los instrumentos y de las acciones didácticas en astronomía que siempre se proponen. Uno de estos es el Diario del Cielo, instrumento para la enseñanza de la astronomía.

* Estudiante de la Maestría en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC) (Colombia). Licenciado en Física de la Facultad de Ciencias y Educación de la misma universidad. Investigador adscrito al Grupo de Enseñanza y Aprendizaje de la Física (GEAF-UDFJC). Correo electrónico: jeguataquirar@correo.udistrital.edu.co

El Diario

El diario del cielo es un instrumento empleado en centros de educación que, por medio de la observación directa o indirecta –con instrumentos de construcción propia– de la bóveda celeste, permite conocer y aprender sobre las efemérides celestes, y descifrar al mismo tiempo los motivos por los cuales se producen.

En la introducción del libro se presenta información general sobre cómo se usa el diario, espacios para los datos personales del estudiante y su horario académico. Así mismo, indica otros elementos a tener en cuenta, como la corrección horaria que debe hacerse dependiendo de la ubicación geográfica del observador, nombres y formas de constelaciones, organización de la información en las páginas, entre otros.

El diario inicia describiendo el cielo por bimestres, cuenta qué elementos pueden verse en el cielo y en una pequeña sección describe qué planetas son visibles y en qué lugar de la bóveda celeste para cada mes del bimestre. En la parte inferior se presenta una imagen del cielo, semejante a una carta celeste, dividida en cuatro secciones que indican los puntos cardinales y la dirección por donde se encuentran las constelaciones. A lo largo de la noche y de los días el cielo que se presenta en la bóveda es diferente, por tanto, se señala el día y la hora cuando puede observarse el cielo que se muestra en la imagen.

A cada día entre semana le corresponde una página, el sábado y el domingo están incluidos en una

solamente una página. En cada una de estas hay una cuadrícula, semejante a un cuaderno, donde el estudiante va a realizar las actividades propuestas, también se encuentra una imagen de la Luna, donde puede seguirse el curso de sus fases, dibujando en ella la parte sombreada e indicando la hora de observación. En algunas páginas de los días se pueden encontrar proverbios, historias mitológicas o sociales, fiestas religiosas o ventanas de un lugar específico del cielo, donde va a ocurrir algún evento. Para el caso de Italia, donde fue construido el primer diario, o Brasil existen días de cambios horarios, donde el reloj se retrasa o adelanta un determinado tiempo debido a las variaciones estacionales, esto también se informa en estas páginas.

Hay actividades que requieren la construcción de instrumentos para la observación y medición, que se explican en páginas blancas fuera de los días, pero se incluyen en los meses, siguen un orden a lo largo del año donde se debe tener un registro de experimentos u observaciones en las tablas que se suministran. Se exponen datos históricos de relevancia que tienen mucha información o gráficos, como las observaciones de Galileo sobre Júpiter y Saturno. Estos, por su extensión, no pueden incluirse en las páginas de los días, sino que se encuentran también en estas páginas blancas.

Al final del diario se dedica una sección para justificaciones de ausencia, solicitud de ausencia, permisos para salidas didácticas y viajes educativos, y comunicaciones escolares a la familia, como un recurso para que el maestro que usa el diario pueda emplearlos de ser necesario.



GÚIA PARA AUTORES Y DECLARACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, (Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.) publica artículos originales producto de: resultados de investigación, reflexión documentada y crónica de experiencias. Según la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), dicho material está relacionado con el área de conocimiento de Ciencias de la Educación, en específico, con ámbitos educativos y de investigación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales (física, química, biología, astronomía) y las matemáticas.

La revista busca consolidarse como un escenario de fortalecimiento de la comunidad académica de profesores de ciencias naturales tanto en formación como en ejercicio profesional en los diferentes niveles educativos.

Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc. se publica de forma cuatrimestral, durante los meses de enero, mayo y septiembre, respectivamente.

Alcance geográfico: nacional e internacional

Puede ser referenciada como: *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*

Indexación

La revista se encuentra indexada en: Emerging Source Citation Index (ESCI), EBSCOHost Fuente Académica Plus, ERIHPLUS, Latindex, Journal TOCs, EUROPub, REDIB, MIAR, Actualidad Iberoamericana, Sherpa Romero, DOAJ, CLASE (B2), Dialnet, IRESIE.

Política de acceso abierto

Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc. es una publicación de acceso abierto, sin cargos económicos

para autores ni lectores. La publicación, consulta o descarga de los contenidos de la revista no genera costo alguno para los autores ni los lectores, toda vez que la Universidad Distrital Francisco José de Caldas asume los gastos relacionados con edición, gestión y publicación. Los pares evaluadores no reciben retribución económica alguna por su valiosa contribución. Se entiende el trabajo de todos los actores mencionados anteriormente como un aporte al fortalecimiento y crecimiento de la comunidad investigadora en el campo de la Enseñanza de las Ciencias.

Los contenidos de la revista se publican bajo los términos de la [Licencia Creative Commons Atribución – NoComercial – Compartirigual \(CC-BY-NC-SA 4.0\)](#), bajo la cual otros podrán distribuir, remezclar, retocar y crear a partir de la obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

Los titulares de los derechos de autor son los autores y la revista *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* Los titulares conservan todos los derechos sin restricciones, respetando los términos de la licencia en cuanto a la consulta, descarga y distribución del material.

Cuando la obra o alguno de sus elementos se hallen en el dominio público según la ley vigente aplicable, esta situación no quedará afectada por la licencia.

Así mismo, incentivamos a los autores a depositar sus contribuciones en otros repositorios institucionales y temáticos, con la certeza de que la cultura y el conocimiento es un bien de todos y para todos.



Guía para autores

Condiciones generales

La revista ***Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias (Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.)*** publica trabajos en español, portugués e inglés. El proceso de envío de artículos es totalmente *online* a través de nuestra página web (<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/index>). Los trabajos deben cumplir los siguientes requisitos:

- La extensión máxima del documento debe ser de 9000 palabras incluidas las referencias.
- Con el fin de garantizar el anonimato del autor en el momento de la revisión por pares, se debe reemplazar en el artículo enviado el nombre del autor por la palabra **autor₁** y/o **autor₂**, etc. Este cambio deberá ser realizado tanto en el encabezado del artículo como dentro del texto, en las autocitaciones y autorreferencias.
- El documento debe contener título en español, portugués e inglés; este no debe superar las 20 palabras.
- El resumen debe contener los objetivos del estudio, la metodología utilizada, los principales resultados y su correspondiente discusión o conclusiones. Este debe ser redactado en un solo párrafo de máximo 300 palabras, sin citas ni abreviaturas y debe estar traducido en español, portugués e inglés.
- Incluir máximo 7 palabras clave en español, portugués e inglés.
- La bibliografía, las tablas y figuras deben ser ajustadas según el documento modelo de la revista (https://docs.google.com/document/d/1dtlDerlhjWBSBDrXvMPP2_I3HDhHF2NTrI3V3t5I1hg/edit#).

Los trabajos no deben tener derechos de autor otorgados a terceros en el momento del envío, y los conceptos y opiniones que se dan en ellos son responsabilidad exclusiva de los autores. Del mismo modo, el (los) autor(es) estará(n) de acuerdo en que

el trabajo presentado es original, que no ha sido publicado o está siendo considerado para publicación en otro lugar. ***Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*** puede utilizar el trabajo o parte de este para fines de divulgación y difusión de la actividad científica, lo cual no significa que se afecte la propiedad intelectual de los autores.

Por política editorial cada autor podrá postular solamente un artículo por año.

Proceso de evaluación por pares

Los trabajos sometidos para publicación serán analizados previamente por el editor y, si responde al ámbito de aplicación de la revista, serán enviados a revisión por pares (*peer review*), dos evaluadores por artículo, mediante el proceso de revisión ciega para garantizar el anonimato de ambas partes. Los evaluadores analizarán el documento de acuerdo con los criterios establecidos en el formato de evaluación diseñado por el editor y el comité editorial. El artículo será devuelto al (a los) autor(es) en caso de que los evaluadores sugieran cambios y/o correcciones. En caso de divergencia en los dictámenes de los evaluadores, el texto será enviado a un tercer evaluador. Finalmente, serán publicados los artículos que obtengan el concepto de aprobado o aprobado con modificaciones por dos de los pares evaluadores. En caso de que los autores deban hacer modificaciones tendrán hasta 30 días calendario para devolver la versión final, la cual será revisada por el editor.

La publicación del trabajo implica ceder los derechos de autor de manera no exclusiva a ***Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*** La reproducción parcial o total de artículos y materiales publicados puede realizarse de acuerdo con la licencia del material. Los contenidos desarrollados en los textos son de responsabilidad de los autores, es decir que no coinciden necesariamente con el punto de vista del editor o del comité editorial de la revista. A criterio

del comité editorial, se podrán aceptar artículos de crítica, defensas y/o comentarios sobre artículos publicados en la revista. Es responsabilidad del autor indicar si la investigación es financiada, si fue aprobada por el comité de ética del área y si tiene conflictos de intereses, en los casos en que sea pertinente. La revisión por el editor puede tomar de dos a tres semanas y la revisión por pares académicos puede tomar de seis a 12 semanas.

Declaración de ética

La revista manifiesta su compromiso por el respeto e integridad de los trabajos ya publicados. Por lo anterior, el plagio está estrictamente prohibido. Los textos que se identifiquen como plagio o su contenido sea fraudulento serán eliminados de la revista, si ya se hubieran publicado, o no se publicarán. La revista actuará en estos casos con la mayor celeridad posible. Al aceptar los términos y acuerdos expresados por la revista, los autores garantizarán que el artículo y los materiales asociados a él son originales y no infringen los derechos de autor. También deben probar, en caso de una autoría compartida, que hubo consenso pleno de todos los autores del texto y, a la vez, que este no está siendo presentado a otras revistas ni ha sido publicado con anterioridad en otro medio de difusión físico o digital. Así mismo la revista está comprometida con garantizar una justa y objetiva revisión de los manuscritos para lo cual utiliza el sistema de evaluación ciega de pares (*peer review*).

Declaración de buenas prácticas editoriales

Este documento ha sido adaptado del documento para procedimientos y estándares éticos elaborado por Cambridge University Press, siguiendo las directrices para un buen comportamiento ético en publicaciones científicas seriadas del Committee on Publication Ethics (COPE), International Committee of Medical Journal Editors (ICJME) y World Association of Medical Editors (WAME).

Responsabilidades de los editores

Actuar de manera balanceada, objetiva y justa sin ningún tipo de discriminación sexual, religiosa, política, de origen o ética con los autores, haciendo uso apropiado de las directrices emitidas en la Constitución Política de Colombia respecto a la ética editorial.

Considerar, editar y publicar las contribuciones académicas únicamente por sus méritos académicos sin tomar en cuenta ningún tipo de influencia comercial o conflicto de interés.

Acoger y seguir los procedimientos adecuados para resolver posibles quejas o malentendidos de carácter ético o de conflicto de interés. El editor y el comité editorial actúan en concordancia con los reglamentos, políticas y procedimientos establecidos por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y, particularmente, por el Acuerdo 023 de junio 19 de 2012 del Consejo Académico, mediante el cual se reglamenta la política editorial de la Universidad.

Otorgar a los autores la oportunidad de responder ante posibles conflictos de interés, en cuyo caso cualquier tipo de queja debe ser sustentada con documentación y soportes que comprueben la conducta a ser estudiada.

Responsabilidades de los revisores

Contribuir de manera objetiva al proceso de evaluación de los manuscritos sometidos a consideración en la revista *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, colaborando en forma oportuna con la mejora en la calidad científica de estos productos originales.

Mantener la confidencialidad de los datos suministrados por el editor, el comité editorial o los autores, haciendo un uso correcto de dicha información por los medios que le sean provistos. No obstante, es su decisión conservar o copiar el manuscrito durante el proceso de evaluación.

Informar al editor y al comité editorial, de manera oportuna, cuando el contenido de una contribución académica presente elementos de plagio o se asemeje sustancialmente a otros productos de investigación publicados o en proceso de publicación.

Informar cualquier posible conflicto de intereses con el autor de una contribución académica, por ejemplo, por relaciones financieras, institucionales, de colaboración o de otro tipo. En tal caso, y si es necesario, retirar sus servicios en la evaluación del manuscrito.

Responsabilidades de los autores

Mantener soportes y registros precisos de los datos y análisis de datos relacionados con el manuscrito presentado a consideración de la revista. Cuando el editor o el comité editorial de la revista, por motivos razonables, requieran esta información, los autores deberán suministrar o facilitar el acceso a esta. En el momento de ser requeridos, los datos originales entrarán en una cadena de custodia que asegure la confidencialidad y protección de la información por parte de la revista.

Confirmar mediante una carta de originalidad (formato preestablecido por la revista) que la contribución académica sometida a evaluación no está siendo considerada o ha sido sometida y/o aceptada en otra publicación. Cuando parte del contenido de esta contribución ha sido publicado o presentado en otro medio de difusión, los autores deberán reconocer y citar las respectivas fuentes y créditos académicos. Además, deberán presentar copia al editor y al comité editorial de cualquier publicación que pueda tener contenido superpuesto o estrechamente relacionado con la contribución sometida a consideración. Adicionalmente, el autor debe reconocer los respectivos créditos del material reproducido de otras fuentes. Aquellos elementos como tablas, figuras o patentes que requieren un permiso especial para ser reproducidas, deberán estar acompañados por una carta de aceptación

de reproducción firmada por los poseedores de los derechos de autor del elemento utilizado.

En aquellas investigaciones donde se experimente con animales se deben mantener y asegurar las prácticas adecuadas establecidas en las normas que regulan estas actividades.

Declarar cualquier posible conflicto de interés que pueda ejercer una influencia indebida en cualquier momento del proceso de publicación.

Revisar cuidadosamente las artes finales de la contribución, previamente a la publicación en la revista, informando sobre los errores que se puedan presentar y deban ser corregidos. En caso de encontrar errores significativos, una vez publicada la contribución académica, los autores deberán notificar oportunamente al editor y al comité editorial, cooperando posteriormente con la revista en la publicación de una fe de erratas, apéndice, aviso, corrección o, en los casos donde se considere necesario, retirar el manuscrito del número publicado.

Responsabilidad de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en cuyo nombre se publica la revista *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, y siguiendo lo estipulado en el Acuerdo 023 de junio 19 de 2012 del Consejo Académico, mediante el cual se reglamenta la política editorial de la Universidad, se asegurará de que las normas éticas y las buenas prácticas se cumplan a cabalidad.

Procedimientos para tratar un comportamiento no ético

Identificación de los comportamientos no éticos

La información acerca de un comportamiento no ético debe suministrarse, en primera instancia, al editor de la revista *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de*

las Ciencias, o, en su defecto, al comité editorial y, como último recurso, al comité de publicaciones de la Facultad de Ciencias y Educación de la Universidad Distrital. En caso de que los dos primeros actores no den respuesta oportuna, deberá informarse a las instituciones involucradas y entes competentes.

El comportamiento no ético incluye lo estipulado en la declaración de buenas prácticas y normas éticas de la revista *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, la reglamentación de la Facultad de Ciencias y Educación, las normas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en esta materia y lo establecido en la Constitución Política de Colombia respectivamente.

La notificación sobre un comportamiento no ético debe hacerse por escrito y estar acompañada con pruebas tangibles, fiables y suficientes para iniciar un proceso de investigación. Todas las denuncias deberán ser consideradas y tratadas de la misma manera, hasta que se adopte una decisión o conclusión.

Proceso de indagación e investigación

La primera decisión debe ser tomada por el editor, quien debe consultar o buscar el asesoramiento del comité editorial y el comité de publicaciones, según sea el caso. Las evidencias de la investigación serán mantenidas en confidencialidad.

Un comportamiento no ético que el Editor considere menor puede ser tratado entre él y los autores sin necesidad de consultas adicionales. En todo caso, los autores deben tener oportunidad de responder a las denuncias realizadas por comportamiento no ético.

Un comportamiento no ético de carácter grave se debe notificar a las entidades de filiación institucional de los autores o a aquellas que respaldan la investigación. El editor, en acuerdo con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, debe tomar la decisión de si debe o no involucrar a los patrocinadores, ya sea mediante el examen de la

evidencia disponible o mediante nuevas consultas con un número limitado de expertos.

Resultados (en orden creciente de gravedad, podrán aplicarse por separado o en combinación)

Informar a los autores o revisores donde parece haber un malentendido o mala práctica de las normas éticas.

Enviar una comunicación oficial dirigida a los autores o revisores que indique la falta de conducta ética y sirva como precedente para promover buenas prácticas en el futuro.

Hacer una notificación pública formal en la que se detalle la mala conducta con base en las evidencias del proceso de investigación.

Hacer una página de editorial que denuncie de manera detallada la mala conducta con base en las evidencias del proceso de investigación.

Enviar una carta formal dirigida a las entidades de filiación institucional de los autores, es decir, a aquellas que respaldan o financian el proceso de investigación.

Realizar correcciones, modificaciones o, de ser necesario, retirar el artículo de la publicación de la revista, clausurando los servicios de indexación y el número de lectores de la publicación e informando a la institución de filiación de los autores y a los revisores esta decisión.

Realizar un embargo oficial de cinco años al autor, periodo en el cual no podrá volver a publicar en la revista.

Denunciar el caso y el resultado de la investigación ante las autoridades competentes, especialmente, en caso de que el buen nombre de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se vea comprometido.

AUTHORS' GUIDE AND STATEMENT OF GOOD PRACTICE

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, (Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.) publishes original articles resulting from: research results, documented reflection and chronicle of experiences. According to the classification of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), such material is related to the area of knowledge of Educational Sciences, specifically to educational and research fields in the teaching and learning of natural sciences (physics, chemistry, biology, astronomy) and mathematics.

This journal seeks to consolidate itself as a scenario of strengthening the academic community of natural science teachers both in training and in professional practice at different educational levels.

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias (Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.) is published quarterly, during the months of January, May and September, respectively.

Geographical scope: national and international

It can be referenced as *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*

Index

The magazine is indexed in: Emerging Source Citation Index (ESCI), EBSCOHost Fuente Académica Plus, ERIHPLUS, Latindex, Journal TOCs, EUROPub, REDIB, MIAR, Actualidad Iberoamericana, Sherpa Romero, DOAJ, CLASE (B2), Dialnet, IRESIE.

Open Access Policy

Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc. is an open-access publication, free of charge for authors and readers.

The publication, consultation or download of the contents of the magazine does not generate any cost for the authors or the readers, since the Francisco José de Caldas District University assumes the expenses related to edition, management and publication. The peer evaluators do not receive any economic retribution for their valuable contribution. The work of all the actors mentioned above is understood as a contribution to the strengthening and growth of the research community in the field of Science Education.

The contents of the journal are published under the terms of the [Creative Commons License Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC-BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), under which others may distribute, remix, retouch, and create from the work in a non-commercial way, give credit and license their new creations under the same conditions.

The copyright holders are the authors and the journal *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* The holders retain all rights without restrictions, respecting the terms of the license in terms of consultation, downloading and distribution of the material.

When the work or any of its elements is in the public domain according to the applicable law in force, this situation will not be affected by the license.

Likewise, we encourage authors to deposit their contributions in other institutional and thematic repositories, with the certainty that culture and knowledge is a good of all and for all.



Guide for Authors

General terms and conditions

The journal *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias* (*Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*) publishes works in Spanish, Portuguese and English. The process of submitting articles is entirely online through our website (<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/index>). Papers must meet the following requirements:

- The maximum length of the document must be 9000 words including references.
- In order to guarantee the anonymity of the author at the time of the peer review, the name of the author should be replaced in the submitted article by the word author1 and/or author2, etc. This change should be made both in the headline of the article and within the text, in the auto-citations and auto-references.
- The document should contain a title in Spanish, Portuguese and English; it should not exceed 20 words.
- The abstract should contain the objectives of the study, the methodology used, the main results and the corresponding discussion or conclusions. It should be written in a single paragraph of maximum 300 words, without quotations or abbreviations and should be translated into Spanish, Portuguese and English.
- It has included a maximum of 7 keywords in Spanish, Portuguese and English.
- The bibliography, tables and figures should be adjusted according to the model document of the journal (https://docs.google.com/document/d/1dtlDerlhjWBSBDrXvMPP2_I3HDhHF2NTri3V3t5I1hg/edit#).

Papers must have not copyright granted to third parties at the time of sending, and the concepts and opinions given in them are the sole responsibility of authors. Similarly, author (s) agrees that the work submitted is original, which has not been

published or is being considered for publication elsewhere. *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* can use the paper or part thereof for purposes of disclosure and dissemination of scientific activity, that's no mean that intellectual property of the authors is affected.

Due to editorial policy, each author can postulate just one article per year.

Peer Review Process

Papers submitted for publication will be reviewed in advance by the editor, if it respond to the journal's scope, will be sent for review by Editorial Board, with a minimum of two referees by blind review system of academic peers (peer review), who analyse it according to defined criteria. The item will be returned to authors, if evaluators suggest changes and /or corrections. In case of divergence of views, the text will be sent to a third reviewer for arbitration. Finally, papers with concept of approved or approved with modifications by two of the evaluating peers will be published. In case authors must make modifications, they will have up to 30 calendar days to return the final version, which will be reviewed by the publisher.

Paper publication involves give non-exclusively copyright to *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* Total or partial reproduction of articles and published materials can be made according to the material license. Content developed in papers is authors responsibility, it means that not necessarily coincide with the Editor or Editorial Board point of view. It is discretion to the Editorial Board accept items of critical defence and/or comments on papers published in this journal. It is authors' responsibility; indicate whether research is funded, if ethics committee of the field approved it and, if it has interest conflicts, where necessary. The Review by Editor can take two to three weeks, and academic peer review can take from 6 to 12 weeks.

Ethics statement

The journal ***Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*** is committed to the academic and practitioner communities in ensuring the ethics and integrity in the publication and quality of articles appearing in this journal, in fact, any form of plagiarism is strictly prohibited. Papers identified as plagiarism or with fraudulent content will be removed or not published. By accepting the terms and agreements expressed by the journal, authors will guarantee that article and materials linked to it, are original and do not infringe copyright. Authors must provide a letter, expressing consensus for this publication in case of a shared authorship and, at the same time, confirming that the article is not being presented to other journals or has been previously published in other physical or digital medium. Also, the journal is committed to ensuring a fair and objective review of manuscripts; reason for which it uses the system of peer review.

Declaration of best publishing practices

This document has been adapted from the document for ethical procedures and standards developed by Cambridge University Press, following the guidelines for good ethical behavior in scientific publications of the *Committee on Publication Ethics (COPE)*, *International Committee of Medical Journal Editors (ICJME)* and *World Association of Medical Editors (WAME)*

Publisher Responsibilities

Acting in a balanced, objective and fair manner without any sexual, religious, political, origin or ethical discrimination with authors, adopting regulations issued in The Political Constitution of Colombia regarding editorial ethics.

Considering, editing and publishing academic contributions only on the basis of academic merits without regard to any commercial influence or conflict of interest.

The editor and editorial committee act in accordance with regulations, policies, and procedures established by Universidad Distrital Francisco José de Caldas and in particular by the Agreement 023 of June 19, 2012, of the Academic Council, which regulates editorial policy to this University. In consequence, editor accepts and follows proper procedures to resolve potential complaints or ethical misunderstandings or conflict of interest.

Reviewer responsibilities

To contribute objectively to the evaluation process of manuscripts submitted to the journal *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*, collaborating opportunely with the improvement in the scientific quality of these original products.

Maintaining confidentiality of data provided by the publisher, editorial committee or authors, making correct use of such information by the means provided. However, it is reviewer decision to keep or copy the manuscript in the evaluation process.

Inform the publisher and the editorial committee, in a timely manner, when the content of an academic contribution include elements of plagiarism or resemble substantially other research products published or in the process of being published.

Report any potential conflict of interest with the author of an academic contribution, for example, by financial, institutional, collaborative, or other relationships. In such a case, and if necessary, withdraw their services in the evaluation of the manuscript.

Author responsibilities

Maintain accurate records and supports of data and analysis data related to the manuscript submitted. When the editor or editorial committee, for reasonable reasons, require this information, authors

must provide or facilitate access to it. At the time of being required, original data will enter a chain of custody that ensures confidentiality and protection of this information by the journal.

Confirm by a letter of originality (format pre-established by the journal) that academic contribution submitted for evaluation is not being considered or has been submitted and/or accepted for another publication. When part of the content of this contribution has been published or presented in another medium, authors must recognize and cite the respective academic sources and credits. In addition, they must submit a copy to the editor and to the editorial committee of any publication that may have content superimposed or closely related to the contribution submitted for consideration. Also, the author must recognize the respective credits of material reproduced from other sources. Items such as tables, figures or patents, which require special permission to be reproduced, must be accompanied by a letter of acceptance of reproduction signed by the holders of the respective copyright.

In research involving animals, authors must to maintain and ensure good regulatory practices and appropriate research processes.

Declare any potential conflict of interest that may exert undue influence at any point in the publication process.

Carefully review final arts of the contribution, prior to publication in the journal, reporting on any mistakes that may occur and must be corrected. In case of finding significant errors, once the academic contribution has been published, authors should notify the publisher and the editorial committee opportunely, cooperating subsequently with the journal in the publication of a statement of errata, appendix, notice, correction or, in the cases where it is considered necessary, remove the manuscript from the published number.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas' responsibility

The Universidad Distrital Francisco José de Caldas, in whose name is published the journal *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*, and according to the stipulation in Agreement 023 of June 19, 2012, of Academic Council, by means of which it regulates the editorial policy of the University, will ensure that ethical standards and good practices are fully complied with.

Procedures for dealing with unethical behavior

Unethical behavior identification

Information on unethical behavior should be provided in the first instance to the editor of *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* journal, or failing that, to the editorial committee and, as a last resort, to the publications committee of Sciences and Education Faculty of the Universidad Distrital Francisco José de Caldas. In the case of these actors do not give a timely response, external involved institutions and competent entities should be informed.

Unethical behavior includes what is stipulated in the declaration of the *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* journal about good practices and ethical standards, regulations of Science and Education Faculty, rules of District University Francisco José de Caldas in this subject and, regulations established in the Political Constitution of Colombia.

Notification of unethical behavior must be in writing and be accompanied by tangible, reliable and enough evidence to initiate a research process. All complaints will be considered and treated in the same manner until a decision or conclusion is made.

Investigation and preliminary inquiry process

Editor, who should consult or seek the advice of editorial committee and the publications committee, as the case may be, must take the first decision.

Evidence of the investigation will be kept confidential.

Unethical behavior that Editor deems to be minor can be treated between himself and the authors without the need for additional inquiries. In any case, authors should have the opportunity to respond to complaints made for unethical behavior.

Unethical behavior of a serious nature should be notified to the entities of institutional affiliation of the authors or to those who support the investigation. The publisher, in agreement of the Universidad Distrital Francisco José de Caldas, must make a decision as to whether or not to involve the sponsors, either by reviewing available evidence or by re-consulting with a limited number of experts.

Outcomes

(In increasing order of severity; may be applied separately or in conjunction).

Informing or educating the author or reviewer where there appears to be a misunderstanding or misapplication of acceptable standards.

A more strongly worded letter to the author or reviewer covering the misconduct and as a warning to future behavior.

Publication of a formal notice detailing the misconduct.

Publication of an editorial detailing the misconduct.

A formal letter to the head of the author's or reviewer's department or funding agency.

Formal retraction or withdrawal of a publication from the journal, in conjunction with informing the head of the author or reviewer's department, Abstracting & Indexing services and the readership of the publication.

Imposition of a formal embargo on contributions from an individual for a defined period.

Reporting the case and outcome to a professional organization or higher authority for further investigation and action.

GUIA DO AUTOR E DECLARAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, (Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.) publica artigos originais resultantes de: resultados de pesquisa, reflexão documentada e crônica de experiências. De acordo com a classificação da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), esse material está relacionado com a área do conhecimento das Ciências da Educação, especificamente com as áreas de educação e investigação no ensino e aprendizagem das ciências naturais (física, química, biologia, astronomia) e da matemática.

A revista busca consolidar-se como um cenário de fortalecimento da comunidade acadêmica de professores de ciências naturais, tanto na formação quanto na prática profissional em diferentes níveis de ensino.

Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc. é publicado trimestralmente, durante os meses de Janeiro, Maio e Setembro, respectivamente.

Âmbito geográfico: nacional e internacional

Pode ser referenciado como: *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*

Indexação

O periódico tem visibilidade em bases de dados como: Emerging Source Citation Index (ESCI), EBSCOHost Fuente Académica Plus, ERIHPLUS, Latindex, Journal TOCs, EUROPub, REDIB, MIAR, Actualidad Iberoamericana, Sherpa Romero, DOAJ, CLASE (B2), Dialnet, IRESIE.

Política de Acesso Livre

Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc. é uma publicação de acesso aberto, sem encargos econômicos

para autores ou leitores. A publicação, consulta ou download do conteúdo da revista não gera nenhum custo para autores ou leitores, uma vez que a Universidade do Distrito Francisco José de Caldas assume os custos relacionados à edição, gerenciamento e publicação. Os pares avaliadores não recebem nenhuma compensação econômica por sua valiosa contribuição. O trabalho de todos os autores mencionados acima é entendido como uma contribuição para o fortalecimento e crescimento da comunidade de pesquisa no campo do Ensino de Ciências.

O conteúdo da revista são publicados sob os termos da [Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgual 4.0 Internacional \(CC-BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), sob a qual outros podem distribuir, remix, tweak, e criar a partir do trabalho de forma não comercial, desde que eles dêem crédito e licenciam suas novas criações sob as mesmas condições.

Os detentores dos direitos autorais são os autores e a revista *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* Os proprietários mantêm todos os direitos sem restrições, respeitando os termos da licença relativa à consulta, download e distribuição do material.

Quando o trabalho ou qualquer um dos seus elementos estiver no domínio público de acordo com a lei aplicável, esta situação não será afetada pela licença.

Da mesma forma, incentivamos os autores a depositar suas contribuições em outros repositórios institucionais e temáticos, com a certeza de que cultura e conhecimento são bons para todos e para todos.



Termos e condições gerais

A revista *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias* (*Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*) publica trabalhos em espanhol, português e inglês. O processo de submissão de artigos é totalmente online através do nosso website (<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/index>). Os papéis devem cumprir os seguintes requisitos:

- Comprimento máximo do documento deve ser de 9000 palavras incluindo referências.
- Para garantir o anonimato do autor no momento da revisão por pares, o nome do autor deve ser substituído no artigo submetido pela palavra autor1e/ou autor2, etc. Esta alteração deve ser feita tanto no título do artigo como no texto, nas autocitações e auto-referências.
- Documento deve conter um título em espanhol, português e inglês; não deve exceder 20 palavras.
- resumo deve conter os objetivos do estudo, a metodologia utilizada, os principais resultados e a discussão ou conclusões correspondentes. Deve ser escrito em um único parágrafo de no máximo 300 palavras, sem citações ou abreviaturas e deve ser traduzido para espanhol, português e inglês.
- Incluiu no máximo 7 palavras-chave em espanhol, português e inglês.
- A bibliografia, tabelas e figuras devem ser ajustadas de acordo com o modelo de documento da revista (https://docs.google.com/document/d/1dtlDerlhjWBSBDrXvMPP2_I3HDhHF2NTrI3V3t5I1hg/edit#).

Os trabalhos apresentados para publicação não devem ter “Direitos de Autor” outorgados a terceiros na data de envio do artigo, e os conceitos e opiniões que contem são de exclusiva responsabilidade dos autores. Também, o autor aceita que o trabalho enviado é do tipo original, que não tem sido publicado nem está sendo considerado para publicação em outro periódico. *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.*, pode utilizar o artigo, ou parte dele, com

fins de divulgação e difusão da atividade científica e tecnológica, sem que isto signifique que se afete a propriedade intelectual dos autores.

Por política editorial, cada autor só pode candidatar-se a um artigo por ano.

Processo de Avaliação por pares

Os trabalho submetidos para publicação serão analisados previamente pelo editor e, se responder ao âmbito do periódico, serão enviados para ser revisados pelo Conselho Editorial, com um mínimo de dois avaliadores por meio do sistema de revisão cega de pares acadêmicos (*peer review*), quem analisará em acordo com os critérios definidos. O artigo será devolvido para o autor, ou autores, em caso de que os avaliadores sugiram mudanças e/ou correções. Em caso de divergência de opiniões, o texto será enviado a um terceiro avaliador, para arbitragem.

A publicação do trabalho implica ceder dos direitos de autor não-exclusiva a *Góndola Enseñ. Aprendiz. Cienc.* A reprodução total ou parcial de artigos e matérias publicadas podem ser feitas de acordo com a licença sob a qual o material é publicado. Os conteúdos desenvolvidos nos textos são de responsabilidade dos autores, significa, que não coincidem necessariamente com o ponto de vista do Editor, ou do Conselho Editorial do periódico. A critério do Conselho Editorial, poderão ser aceites artigos de crítica, defesa e/ou comentários sobre artigos publicados no periódico. É de responsabilidade do autor indicar se a pesquisa é financiada, se foi aprovada pelo comitê de Ética da área e se tem conflitos de interesse, nos casos em que seja necessário. A revisão pelo editor pode levar de duas a três semanas, e a revisão pelos pares acadêmicos pode levar de seis a 12 semanas.

Declaração de ética

O periódico *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias* tem compromisso com altos níveis de ética,

para o qual põe em prática todas as ações possíveis a fim de evitar o fraude e o plágio. Todos os autores devem submeter manuscritos originais, inéditos e de sua autoria declarando tais características no momento de submeter seus trabalhos para consideração do comitê editorial. Do mesmo jeito, o periódico se compromete com garantir uma revisão justa e objetiva dos manuscritos para o qual utiliza o sistema de avaliação cega de pares (*peer review*).

Declaração de boas práticas editoriais e normas técnicas

Este documento tem sido adaptado do documento para procedimentos e standares éticos elaborado por Cambridge University Press, seguindo as diretrizes para o bom comportamento ético em publicações científicas seriadas do *Committee on Publication Ethics (COPE)*, *International Committee of Medical Journal Editors (ICJME)* e *World Association of Medical Editors (WAME)*.

Responsabilidade dos editores

Atuar de maneira equilibrada, objetiva e justa sem algum tipo de preconceito ou discriminação sexual, religiosa, política, de origem, ou ética dos autores, fazendo um correto uso das diretrizes mencionadas na legislação colombiana neste aspecto.

Considerar, editar e publicar as contribuições acadêmicas somente por méritos acadêmicos sem levar em conta algum tipo de influencia comercial ou conflito de interesses.

Acolher e seguir os procedimentos apropriados para resolver possíveis queixas ou dificuldades de caráter ético ou de conflito de interesses. O editor e o comitê editorial atuarão em acordo com as regulamentações, políticas e procedimentos estabelecidos pela Universidade Distrital Francisco José de Caldas e particularmente sob o acordo 023 de 19 de junho de 2012 do Conselho Acadêmico, mediante o qual se regulamenta a política editorial

da Universidade e a normatividade vigente neste tema em Colômbia. Em qualquer caso se oferecerá aos autores a oportunidade de responder frente a possíveis conflitos de interesse. Qualquer tipo de reclamação deve ser suportada com a documentação que comprove a conduta inadequada.

Responsabilidades dos avaliadores

Contribuir de maneira objetiva no processo de avaliação dos manuscritos submetidos a consideração do periódico "Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias" contribuindo, em forma oportuna, com a melhora da qualidade científica deste produtos originais de pesquisa.

Manter a confidencialidade dos dados ministrados pelo editor, o comitê editorial e os autores, fazendo uso correto de tal informação pelos médios que lhe sejam outorgados. Não obstante, é sua decisão conservar ou copiar o manuscrito no processo de avaliação.

Informar ao editor e ao comitê editorial, de maneira oportuna, quando o conteúdo de uma contribuição acadêmica presente elementos de plágio ou seja semelhante substancialmente a outros resultados de pesquisa publicados ou em processo de publicação.

Informar qualquer possível conflito de interesses com uma contribuição acadêmica por causa de relações financeiras, institucionais, de colaboração ou de outro tipo entre o revisor e os autores. Para tal caso, e se for necessário, retirar seus serviços na avaliação do manuscrito.

Responsabilidades dos autores

Manter suportes e registros dos dados e análises de dados relacionados com o manuscrito submetido a consideração do periódico. Quando o editor e o comitê editorial do periódico precisarem desta informação (por motivos razoáveis) os autores deverão ministrar ou facilitar o acesso a tal

informação. No momento de ser requeridos, os dados originais ficarão em uma cadeia de custódia que garanta a confidencialidade e proteção da informação por parte do periódico.

Confirmar mediante carta de originalidade (formato previamente estabelecido pelo periódico) que a contribuição acadêmica submetida a avaliação não esta sendo considerada ou não tem sido submetida e/ou aceita em outra publicação. Quando parte do conteúdo desta contribuição tem sido publicado ou apresentado em outro meio de difusão, os autores deverão reconhecer e citar as respectivas fontes e créditos acadêmicos. Além disso, deverão apresentar copia ao editor e ao comitê editorial de qualquer publicação que possa ter conteúdo superposto ou estreitamente relacionado com a contribuição submetida a consideração. Adicionalmente, o autor deve reconhecer os respectivos créditos do material reproduzido de outras fontes. Aqueles elementos como tabelas, figuras e patentes, que precisarem de alguma permissão especial para ser reproduzidos deverão estar acompanhados de uma carta de aceitação de reprodução por parte dos donos dos direitos de autor do produto utilizado.

Em aquelas pesquisas nas quais se experimenta com animais se devem manter e garantir as praticas adequadas estabelecidas na normatividade que regula este tipo de atividade.

Declarar qualquer possível conflito de interesse que possa exercer uma influencia indevida em qualquer momento do processo de publicação.

Revisar cuidadosamente as artes finais da contribuição, previamente a publicação no periódico, informando sobre os erros que se possam apresentar e devam ser corrigidos. Em caso de encontrar erros significativos, uma vez publicada a contribuição acadêmica, os autores deverão notificar oportunamente ao editor e ao comitê editorial, cooperando posteriormente com o periódico na publicação de uma errata, apêndice, aviso, correção, ou nos casos

em que considere necessário retirar o manuscrito do numero publicado.

Responsabilidade da Universidade Distrital Francisco José de Caldas

A Universidade Distrital Francisco José de Caldas, em cujo nome se publica o periódico "Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias" e seguindo o estipulado no acordo 023 de junho 19 de 2012 do Conselho Acadêmico, pelo qual se regulamente a Política Editorial da Universidade, garante que as normas éticas e as boas praticas se cumpram a cavalidade.

Procedimentos para tratar um comportamento não ético

Identificação dos comportamentos não éticos

O comportamento não ético por parte dos autores do qual se tenha conhecimento ou o periódico seja informado, serão examinados em primeiro lugar pelo Editor e o Comitê Editorial do periódico.

O comportamento não ético pode incluir, mas não necessariamente limitar-se ao estipulado na declaração de boas praticas e normas éticas do periódico "*Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*", a regulamentação da Faculdade de Ciências e Educação e a Universidade Distrital Francisco José de Caldas neste campo.

A informação sobre um comportamento não ético, deve ser feito por escrito e estar acompanhada com evidencias físicas, confiáveis e suficientes para iniciar um processo de pesquisa. Todas as denúncias deverão ser consideradas e tratadas da mesma maneira, até chegar em uma decisão e conclusão exitosa.

A comunicação de um comportamento não ético deve ser informada em primeiro lugar ao Editor do periódico e posteriormente ao Comitê editorial ou

ao Comitê de publicações da Faculdade de Ciências e Educação. Em aqueles casos onde os anteriores autores não dessem resposta oportuna, devesse informar-se deste comportamento não ético ao Comitê de publicações da Universidade Distrital Francisco José de Caldas.

A reclamação sobre um comportamento não ético por parte do Editor ou do Comitê Editorial do periódico deverá ser informado ao Comitê de publicações da Faculdade de Ciências e Educação da Universidade Distrital Francisco José de Caldas.

Pesquisa

A primeira decisão deve ser tomada pelo Editor, quem deve consultar ou procurar assessoria do Comitê Editorial e do Comitê de Publicações, segundo o caso.

As evidências da pesquisa serão mantidas em confidencialidade.

Um comportamento não ético, que o Editor considere menor, pode ser tratado entre ele(a) e os autores sem necessidade de outras consultas. Em qualquer caso, os autores devem ter a oportunidade de responder às denúncias realizadas pelo comportamento não ético.

Um comportamento não ético de caráter grave deve ser notificado às entidades de afiliação institucional dos autores ou que respaldam a pesquisa. O Editor, em acordo com a Universidade Distrital Francisco José de Caldas, deverá tomar a decisão de envolver ou não aos patrocinadores, bem seja por meio do exame da evidência disponível ou por meio de novas consultas com um número limitado de profissionais da área.

Resultados (em ordem crescente de gravidade, poderão ser aplicadas por separado ou em conjunto)

Informar sobre as normas éticas aos autores ou revisores onde parece estar a dificuldade ou a má prática.

Enviar uma comunicação oficial aos autores ou avaliadores que indiquem a falta de conduta ética e fique como precedente para o bom comportamento no futuro.

Fazer a notificação pública formal onde se detalhe a má conduta com base nas evidências do processo de pesquisa.

Fazer uma página de editorial que denuncie de forma detalhada a má conduta com base nas evidências do processo de pesquisa.

Enviar uma carta formal às entidades de afiliação institucional dos autores que por sua vez respaldam ou financiam o processo de pesquisa.

Realizar correções, modificações ou de ser necessário retirar o artigo da publicação do periódico, fechando os serviços de indexação e o número de leitores da publicação, e informando esta decisão à instituição de afiliação dos autores e aos avaliadores.

Realizar um embargo oficial de cinco anos ao autor, período no qual não poderá volver a publicar no periódico.

Denunciar o caso e o resultado da pesquisa ante as autoridades competentes, em caso que o bom nome da Universidade Distrital Francisco José de Caldas esteja comprometido.