



UMA ANÁLISE SOCIOCULTURAL DE DESENHOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS ELABORADOS POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

A SOCIO-CULTURAL ANALYSIS OF ELECTRIC CIRCUIT DRAWINGS DESIGNED BY HIGH SCHOOL STUDENTS

UN ANÁLISIS SOCIOCULTURAL DE DIBUJOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS HECHOS POR ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

Fábio Ramos da Silva * , Roberto Gonçalves Barbosa ** 
Alexandre Abraão Muriana da Silva *** , Reginaldo Aparecido Zara **** 

Silva, F., Barbosa, R., Silva, A., Zara, R. (2022). Uma análise sociocultural de desenhos de circuitos elétricos elaborados por estudantes do Ensino Médio. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 16(3), pp. 576-589
DOI: ¹<https://doi.org/10.14483/23464712.18333>

Resumo

O presente trabalho expõe uma análise de desenhos de circuitos elétricos, elaborados por estudantes do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada na cidade de Foz do Iguaçu no estado do Paraná, Brasil. Ocorrido em atividades experimentais de Física, a partir das quais se objetivou observar características descritas por Vigotski referentes ao processo de aprendizagem de conhecimentos científicos, como a relação entre os conhecimentos espontâneos e científicos e a influência dos diferentes níveis culturais nessa mesma relação. A metodologia da pesquisa é de natureza qualitativa e empírica, contando também com procedimentos de pesquisa documental. Os dados consistem em 36 desenhos desenvolvidos pelos estudantes durante atividades de ensino por investigação que demandavam a montagem de circuitos elétricos e a sua posterior discussão. Os dados foram analisados mediante a técnica de análise de conteúdo, especificamente análise categorial. Os resultados indicam que os desenhos têm potencial para evocar os conceitos espontâneos dos estudantes e revelar indícios de um processo relacional desses conceitos com os conhecimentos científicos estudados.

* * Doutor em Ensino de Ciência e Tecnologia. Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal do Paraná, Campus Foz do Iguaçu, Brasil. Email: fabio.silva@ifpr.edu.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0158-1279>

** Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Professor da Universidade Federal do Paraná, Brasil. E-mail: robertobarbosa@ufpr.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0397-4754>

*** Mestre em Ensino. Professor da Secretaria Estadual de Educação do Paraná, Brasil. E-mail: alexandremuriana@yahoo.com.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7470-173X>

**** Doutor em Física. Professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil. E-mail: reginaldo.zara@unioeste.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9946-562X>

Palavras-Chave: Aprendizagem. Física. Análise de conteúdo. Desenho.

Abstract

This work presents an analysis of electrical circuit drawings elaborated by secondary students from a state public school at Foz do Iguaçu in Paraná State, Brazil, during experimental Physics activities. The goal was to observe the relationships between scientific and spontaneous knowledge and the influences of different cultural levels of the students in this relationship, according to Vygotsky's view, during the learning process. The research methodology is qualitative, with documentary research procedures. Data consist of 36 drawings developed by the students during research teaching activities that required the assembly of electrical circuits and their subsequent discussion. Data were analyzed using the content analysis technique, specifically categorical analysis. Results indicate that drawings elaborated by the students have the potential to raise students' spontaneous conceptions and to reveal evidence of the relational process of these concepts with the scientific concepts studied.

Keywords: Learning. Physics. Content analysis. Drawing.

Resumen

El presente trabajo presenta un análisis de dibujos de circuitos eléctricos elaborados por estudiantes de secundaria de una escuela pública estatal ubicada en la ciudad de Foz do Iguaçu en el estado de Paraná, Brasil, durante actividades experimentales en Física. El objetivo fue observar las características descritas por Vygotsky sobre el proceso de aprendizaje del conocimiento científico, como la relación entre conocimiento espontáneo y científico y la influencia de diferentes niveles culturales en esta misma relación. La metodología de investigación es de naturaleza cualitativa, con procedimientos de investigación documental. Los datos consisten en 36 dibujos desarrollados por los estudiantes durante las actividades de enseñanza de investigación que requirieron el montaje de circuitos eléctricos y su posterior discusión. Los datos fueron analizados utilizando la técnica de análisis de contenido, específicamente el análisis de categorías. Los resultados de la investigación revelan que los dibujos producidos tienen el potencial de evocar conceptos espontáneos de los estudiantes y de revelar evidencia de un proceso relacional de estos conceptos con los parámetros científicos estudiados.

Palabras-Clave: Aprendizaje. Física. Análisis de contenido. Dibujos.

1. Introdução

Alguns trabalhos têm buscado subsídios na psicologia histórico-cultural de Vigotski para a compreensão de processos presentes em situações de educação científica, assim como para o desenvolvimento de proposições didáticas que visam à superação de dificuldades identificadas nos processos de ensino e

aprendizagem (BARBOSA, BATISTA 2018; BOSS, SOUZA FILHO, MIANUTTI, CALUZI, 2012; RAMOS, VERTCHENKO, 2011). Em comum, esses trabalhos valorizam a importância e a riqueza dos aspectos relacionados à linguagem na investigação dos seus objetos de pesquisa.

Dentre as várias maneiras de manifestação da linguagem no contexto da educação científica, alguns pesquisadores destacam os desenhos dos estudantes como fonte de dados que permitem investigar aspectos relacionados à relação dos sujeitos com o processo de ensino do ponto de vista histórico-cultural (BROOKS, 2004; 2005; 2009; PERUCCI, 2020). Nesses casos, os desenhos são considerados instrumentos e/ou sinais culturais que revelam aspectos das relações dos sujeitos com a cultura, tais como os conceitos espontâneos advindos das relações mais imediatas.

O ato de desenhar, de representar esquemas, é muito presente na aprendizagem de alguns conteúdos escolares, sobretudo na área de Ensino de Ciências, particularmente da Física. Dentre eles, podemos destacar o conteúdo de circuitos elétricos, tema pertencente a eletrodinâmica clássica, como um conhecimento no qual a aprendizagem dos conceitos deve acompanhar a aprendizagem de um sistema de símbolos e de regras de representação. Nesse sentido, algumas pesquisas têm investigado a realização de desenhos de circuitos elétricos e as suas implicações no processo de aprendizagem (LABURÚ, GOUVEIA, BARROS, 2009; FRANZONI, LABURÚ, SILVA, 2011); os quais criticam o desprezo da representação simbólica dos circuitos elétricos de certas abordagens de ensino e aprendizagem de Física, e que por isso tornam-se incapazes de promover mudanças conceituais e uma aprendizagem que considere as ideias dos estudantes e a suas relações com o mundo vivencial.

Diante disso, o objetivo da investigação do presente trabalho consistiu em analisar desenhos de circuitos elétricos elaborados por estudantes do Ensino Médio, durante atividades experimentais de Física, estruturadas como atividades de ensino por investigação nas quais se buscou observar características do processo de aprendizagem de conhecimentos científicos apontados por Vigotski, tais como a relação entre os conhecimentos espontâneos e científicos e a influência dos níveis culturais na relação entre os

conhecimentos científicos e espontâneos. Nesse sentido, a necessidade de aprofundar a compreensão dos processos psicossociais envolvidos na aprendizagem conceitual e instrumental de conhecimentos científicos nos levou a analisar as produções gráficas de estudantes na perspectiva de Vigotski. Para isso, nos baseamos na seguinte questão: que elementos típicos da explicação de Vigotski para a aprendizagem humana podem ser percebidos em desenhos de circuitos elétricos desenvolvidos por estudantes durante atividades de ensino investigativas?

Os procedimentos que nos levam a resposta a essa pergunta é precedida por uma exposição do marco teórico-conceitual e social da teoria sociointeracionista ou histórico-cultural do psicólogo russo Lev Vigotski, seus principais elementos, seguidos dos estudos que relacionam os aspectos culturais de sua teoria e a aprendizagem enquanto processo gradual de familiaridade dos sujeitos com signos e significados culturalmente situados, sobretudo com base no marxismo, e também por uma breve discussão das pesquisas que relacionam a perspectiva histórico-cultural de Vigotski com a aprendizagem dos conceitos científicos pelos estudantes a partir da elaboração de desenhos.

2. Contexto histórico e pressupostos teóricos do pensamento de Vigotski

Vigotski foi um psicólogo russo (1896-1934) que viveu em um período de grandes transformações políticas e sociais, dentre as quais podemos destacar a Revolução Russa em 1917, momento em que houve a expansão da educação básica e universitária e um avanço científico e tecnológico extraordinário. Dentre os muitos cientistas russos de destaque na ciência, daquele período, podemos citar o químico Dmitri Mendeleiev (1834-1907) responsável pela organização da tabela Periódica de Elementos Químicos, segundo a ordem de seus pesos atômicos; Ivan Pavlov (1849-1936) fisiologista e ganhador do prêmio Nobel de medicina pelos seus estudos a respeito dos processos digestivos dos animais; Lev Landau (1908-1968) físico-

matemático e ganhador do prêmio Nobel pelas contribuições fundamentais à mecânica quântica e à física de plasmas e George Gamow (1904-1968) cosmologista e astrofísico que teve a colaboração do cosmologista e físico teórico brasileiro Mário Schenberg em um dos seus trabalhos, no qual se "introduziu o neutrino na astrofísica para explicar o colapso estelar, que dá origem ao processo explosivo nas estrelas chamadas novas e supernovas, o processo Urca (*Urca process*)" (ROCHA BARROS, 1991, p.195).

O contexto revolucionário russo também inspirou Vigotski e a sua obra no campo da psicologia. Uma das bases teóricas que influenciaram Vigotski foi o materialismo histórico-dialético do alemão Karl Marx, sobretudo, no que tange à discussão da separação natureza e cultura, humanidade e mundo. Segundo PINO (2000, p. 51),

Ao colocar a questão da relação entre funções elementares ou biológicas e funções superiores ou culturais, Vigotski não está seguindo, como o fazem outros autores, a via do dualismo. Muito pelo contrário, ele está propondo a via da sua superação. As funções biológicas não desaparecem com a emergência das culturais, mas adquirem uma nova forma de existência: elas são incorporadas na história humana.

Tal perspectiva estabelece a unidade dialética entre natureza e cultura e entre pensamento e sociedade, quer dizer, a cultura, seja expressa nas artes ou nas ciências, é resultado de processos cognitivos resultantes das interações humanas socioculturais, ao mesmo tempo em que o meio social é o espaço no qual o sujeito estrutura a si e ao seu pensamento. Nesse sentido, Vigotski relaciona o social aos sistemas de signos sociais, na qual a linguagem, a palavra é considerada um sistema semiótico superior que permite a comunicação cultural e o desenvolvimento cognitivo, emocional e a própria consciência. Desse modo, ele estabelece, segundo PINO (2000), uma diferenciação entre memória natural e memória artificial, a primeira vinculada à percepção sensível resulta da ação direta dos estímulos externos sobre o organismo, enquanto

a segunda mais complexa, funciona através de meios e estímulos criados pelos próprios indivíduos. Um estímulo condicionado pelo que ele chama de signo. Os estímulos culturais diferem dos naturais pela existência de signos que medeiam a interação dos sujeitos com os objetos e com outras pessoas. Em resumo, "[...] enquanto o primeiro traduz a relação imediata e direta do organismo com o meio, o segundo cria entre estes uma relação indireta e mediada, exatamente como ocorre com o instrumento técnico na relação do homem com a natureza" (PINO, 2000, p. 57).

Com isso, Vigotski de maneira inaugural insere o social na psicologia, sobretudo, na dificuldade da área em definir que parte do pensamento é próprio do indivíduo e qual é reflexo do meio social, ou ainda de que maneira o social influencia o pessoal. Nesse sentido, ele pergunta como o meio social age na criança para criar nela as funções superiores que têm origem no âmbito sociocultural. Em contraposição, a Piaget que pensa evolutivamente o desenvolvimento do pensamento em direção à socialização, ele propõe uma compreensão dos processos de conversão das relações sociais em funções mentais (PINO, 2000) que vão ocorrer desde os primeiros anos de vida da criança por meio do que ele denomina de mediação semiótica, que pode ser compreendida a partir de três importantes relações: o social e o cultural; o social e o simbólico e o social e as funções mentais superiores.

Para Vigotski o social é o meio no qual a cultura é produzida, quer dizer, o social fornece as condições de produção material ao mesmo tempo em que condiciona o caráter instrumental, técnico e simbólico da atividade humana. A cultura, portanto, seria tudo o que a humanidade produz em contraposição ao que é oferecido pelo meio natural. Apesar dessa diferenciação entre o natural e o cultural, para Vigotski (WERTSCH, 1985) esses dois entes têm um caráter simbólico que influencia o meio social, quer dizer, somos seres que transformamos o meio natural em meio social e cultural ao mesmo tempo em que somos

influenciados por esse meio. A língua, os utensílios, os alimentos, as artes e as ciências são construções simbólicas, ou sinais artificiais que medeiam a interação dos seres com outros e dos seres com o mundo natural e cultural.

No campo da linguagem, para o qual Vigotski direciona suas reflexões, a palavra carrega dois elementos semióticos, o sinal e o signo, o sinal se refere basicamente a uma forma linguística, enquanto o signo é a significação adotada num dado contexto de enunciação. "O sinal faz parte do mundo dos objetos, constituindo uma entidade de conteúdo invariável. O signo, ao contrário, faz parte do mundo dos sujeitos, constituindo uma entidade móbil e variável em função do contexto enunciativo" (PINO, 2000, p.59), e, portanto, a palavra é uma construção social que carrega as marcas ideológicas, históricas e existenciais de uma determinada cultura, e que constituirão a consciência dos sujeitos. Ora, é o mundo social que condiciona a consciência e não o contrário. Essa é uma afirmação que Vigotski busca diretamente do pensamento marxista, sobretudo, quando afirma que "a natureza psicológica do homem é a totalidade das relações sociais transferidas à esfera interna e tornadas funções da personalidade e formas da sua estrutura" (VYGOTSKI, 1989, p. 59). Em resumo, a investigação dos processos envolvidos na relação entre a linguagem e o pensamento era uma questão crucial para a psicologia na época de Vigotski, que visava a superação das limitações teóricas e metodológicas que desprezavam a sua complexidade.

3 - Aspectos culturais e a aprendizagem em Vigotski

A compreensão de Vigotski a respeito da aprendizagem humana, em especial a aprendizagem de conteúdos escolares, é de que ela se dá por meio de um processo social, envolvendo a cultura, a linguagem, os conhecimentos e os valores humanos. Nessa perspectiva, a forma como se aprende é tão importante quanto o conteúdo da aprendizagem (HOWE, 1996; BROOKS, 2009; CAMARGO,

GALBIATTI, 2021). Desse modo, a natureza social e cultural da aprendizagem vincula-se com os instrumentos que possibilitam as interações entre os sujeitos envolvidos, tais como os sistemas de signos e os artefatos culturais historicamente situados, nesse sentido a linguagem com seu sistema de signos e significados revela-se ser um instrumento cultural por excelência.

A relação da aprendizagem com o processo de desenvolvimento foi outro aspecto de interesse de Vigotski; para ele, a aprendizagem e o desenvolvimento se influenciam de maneira dialética, ou seja, não são processos independentes. Nesse aspecto, Vigotski defende que a aprendizagem sempre precede o desenvolvimento devido à influência da natureza interpessoal da aprendizagem nos processos intrapessoais do desenvolvimento. Isso significa que a aprendizagem possui potencial para alavancar os processos de desenvolvimento, fazendo-os avançar, permitindo aprendizagens cada vez mais complexas (HOWE, 1996). Os processos de aprendizagem e desenvolvimento ocorrem sempre em um contexto social, cultural e histórico que pode se apresentar, principalmente, por meio de três níveis: o nível de interação imediata, o nível estrutural e o nível cultural mais geral; destaca-se que esses níveis coexistem na cultura de maneira simultânea e interdependente (BROOKS, 2004).

O nível de interação imediata compreende as interações diretas entre os sujeitos em um determinado contexto social, cultural e histórico, assim como as interações com artefatos culturalmente relevantes: livros, máquinas de calcular, computadores etc. Nesse sentido, o sujeito age sempre por meio da cultura, mesmo em situações solitárias, como ler um livro ou interagir com uma máquina, pois só é possível construir significado por meio dos instrumentos culturais.

O nível estrutural compreende as interações sociais que se dão mediante estruturas sociais que influenciam culturalmente os sujeitos, como a família, a escola, a igreja, etc. Nesses contextos

os sujeitos interagem de maneira formal e informal com novas ideias e valores culturalmente e socialmente situados.

O nível cultural mais geral compreende as ferramentas fundamentais que se relacionam com a maneira como os seres humanos se constituem como seres históricos e sociais. A linguagem seria um desses instrumentos que refletem a relação mais geral da cultura com os sujeitos. As teorias científicas e o conhecimento humano sistematizado também seriam exemplares desse nível cultural mais abrangente.

Nessa perspectiva, os processos de aprendizagem e desenvolvimento dos sujeitos sempre consideraram a relação dialética entre duas classes de conceitos, os conceitos espontâneos e os conceitos científicos. Os conceitos espontâneos são conhecimentos elaborados, principalmente, nas relações imediatas dos sujeitos com os meios sociais; caracterizam-se por um forte apego às qualidades imediatas destas interações, como formatos, cores, sensações, massa, sonoridade, etc. Os conceitos científicos, por seu turno, são conhecimentos que constituem o nível mais geral da cultura, compondo as estruturas das teorias científicas e do conhecimento humano sistematizado, o que demanda processos de escolarização para a sua aprendizagem. Vale lembrar que Vigotski tem uma compreensão ampla do que vem a ser um conceito científico, não os restringindo aos conceitos das ciências experimentais (HOWE, 1996). BEZERRA (2001), tradutor de uma das obras de Vigotski para a língua portuguesa, discorre sobre a compreensão de Vigotski,

Nos estágios inferiores, onde ele localiza os conceitos espontâneos, o sistema de conceitos dispõe de meios de descrição simples da realidade empírica. Nos estágios superiores, onde se localizam os conceitos científicos, formam-se conceitos mais amplos pelo conteúdo, não mais relacionados a exemplares particulares de uma classe de fenômenos e sim a toda uma classe de fenômenos. Já não se limitam a descrever, mas explicam os fenômenos (BEZERRA, 2001, s. p.).

Assim, o processo de aprendizagem consiste na interação entre os conceitos espontâneos e científicos, modificando os significados atribuídos pelos sujeitos nas suas relações com a cultura, em seus níveis imediato, estrutural e geral. Nesse sentido, a análise do processo de aprendizagem demandará a consideração da utilização de instrumentos culturais capazes de mediar a relação entre os conceitos espontâneos e científicos, tais como a linguagem escrita, sinalizada e falada, representações gráficas, desenhos, etc.

3.1 Investigando a aprendizagem de conceitos científicos por meio de desenhos na perspectiva histórico-cultural

Uma linha de pesquisa tem buscado compreender o processo de aprendizagem de conceitos científicos por meio de estratégias de investigação que incorporam as ideias de Vigotski acerca da aprendizagem e do desenvolvimento humano. Elegendo os desenhos e o ato de desenhar como instrumentos ou expressões culturais que podem expressar relações entre os conhecimentos espontâneos dos sujeitos e os conceitos científicos mediados em situações escolares (BROOKS, 2004; 2005; 2009; PERUCCI, 2020).

Nesse sentido, BROOKS (2004) investigou como os desenhos de crianças sobre o processo de desenvolvimento de uma lagarta forneciam evidências da influência das interações dos estudantes com os níveis culturais imediatos, estruturais e gerais no processo de aprendizagem do conceito científico de lagarta. A mesma autora (BROOKS, 2009) pesquisou o potencial do ato de desenhar sombras como um meio para identificar transformações nas formas de pensar e perceber esse fenômeno, destacando as relações entre os conhecimentos espontâneos e científicos, e na ênfase dada à comunicação entre os estudantes e a professora. BROOKS (2005) refletiu também sobre como o desenvolvimento de desenhos sobre fontes de luz contribui para esclarecer o papel que os diálogos interpessoais e intrapessoais tiveram na maneira com que as crianças passaram a entender o fenômeno e os

artefatos. No ensino médio, PERUCCI (2020) enfocou a criação de desenhos de estudantes sobre processos celulares como uma maneira de criar metáforas e desvelar relações entre os conhecimentos espontâneos e científicos.

Em síntese, esses trabalhos apostam na potencialidade do processo de desenvolver desenhos em situações de ensino como uma maneira de fortalecer o envolvimento dos sujeitos com o contexto da aprendizagem. Invocando os conhecimentos espontâneos, incentivando o estabelecimento de diálogos interpessoais e intrapessoais e a relação dos estudantes com vários níveis da cultura envolvida.

4. Contexto de aplicação da pesquisa

Os dados analisados nesta pesquisa são provenientes de uma dissertação de mestrado (SILVA, 2017) na qual doze estudantes do Ensino Médio participaram de atividades relacionadas com a montagem e investigação de circuitos elétricos. As atividades faziam parte de um projeto extraclasse e contemplava 12 estudantes das três séries do Ensino Médio de uma da Escola pública estadual localizada no município de Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Os estudantes participantes possuíam de 15 a 18 anos de idade. As atividades tinham como objetivo a investigação e a construção de hipóteses sobre aspectos básicos de eletrodinâmica por meio de situações investigativas (AZEVEDO, 2004) em que os estudantes planejavam, construía e testavam circuitos elétricos, usando elementos reais e simuladores computacionais, visando à compreensão de conceitos básicos da eletrodinâmica.

Metodologicamente, as atividades investigativas consistiram em três momentos: primeiro, os alunos manipulavam dispositivos elétricos reais e montavam arranjos experimentais de acordo com as propostas ou desafios sugeridos pelo professor; em seguida, exploravam os circuitos propostos em um simulador computacional e, por fim, os

estudantes voltavam ao laboratório e tentavam montar os circuitos propostos.

As situações de investigação que desafiavam os estudantes foram apresentadas por meio de questões (SILVA, 2017). O primeiro desafio tinha como proposta a montagem de um circuito que fosse capaz de ligar uma lâmpada, como descrito na instrução: “Debata com seus colegas propostas de circuitos feitos com esse material de forma a acender uma lâmpada e registre seus esquemas na forma de desenhos (SILVA, 2017)”. A segunda situação de investigação consistia em montar um circuito com duas lâmpadas que possibilitasse acendê-las em conjunto e separadamente, como descrito nas questões: “Como poderiam ser feitas as ligações para acender duas lâmpadas ao mesmo tempo com os materiais descritos na situação 1²? (SILVA, 2017)” e “usando interruptores, é possível construir um circuito com duas lâmpadas de forma a acionar (acender ou apagar) cada lâmpada individualmente? (SILVA, 2017)”. A terceira situação apresentava o desafio de montar um circuito com três lâmpadas de modo que elas fossem ligadas em simultâneo, conforme a questão: “Como seriam as ligações para acender três lâmpadas ao mesmo tempo com os materiais descritos na situação 1? (SILVA, 2017)”. A figura 1 apresenta os materiais que estavam disponíveis aos estudantes.



Figura 1 - Materiais disponíveis aos estudantes.

² A situação 1 corresponde à situação da questão anterior.

Legenda: (1) multímetro digital; (2) placa de contato elétrico; (3) lâmpada incandescente que opera em 12 V; (4) interruptores comumente utilizados em abajures; (5) soquete utilizado comumente em lâmpadas incandescentes e econômicas (fluorescentes ou de LED) e (6) Fonte de tensão utilizadas em computadores do tipo ATX.

Fonte: (SILVA, 2017).

Uma etapa de planejamento precedia os momentos de manipulação dos circuitos, ou seja, o primeiro momento descrito anteriormente. Nessa etapa prévia, os alunos refletiam, discutiam entre si e faziam desenhos das suas proposições. Os desenhos produzidos durante o planejamento constituem o material que é analisado neste artigo. A opção por investigar essas representações, a partir de Vigotski, baseou-se na expectativa de que os desenhos trouxessem informações a respeito dos conhecimentos espontâneos dos estudantes e indícios das relações entre os conhecimentos espontâneos e os científicos.

5. Abordagem metodológica

A metodologia da pesquisa possui uma abordagem qualitativa e empírica e que conta também com procedimentos da pesquisa documental (BOGDAN, BIKLEN, 2013). Considerando as etapas descritas na seção anterior, para analisar os desenhos produzidos pelos estudantes partimos da seguinte questão: que elementos típicos da explicação de Vigotski para a aprendizagem humana podem ser percebidos em desenhos de circuitos elétricos desenvolvidos por estudantes durante atividades de ensino investigativas?

A amostra analisada foi composta por 36 desenhos registrados na dissertação de SILVA (2017) e utilizou-se o método de análise categorial de BARDIN (2016) como técnica analítica. Nesse sentido, os desenhos foram considerados como as unidades de registro e os elementos explicativos de Vigotski para a

aprendizagem humana, como a relação entre conceitos espontâneos e científicos e os níveis de relação social, foram tomados como unidades de contexto.

Assim, três categorias emergiram por indução: 1 - representações de conceitos espontâneos; 2 - representações de conceitos espontâneos-científicos e 3 - representações de conceitos científicos. A categoria 1 agrupou os desenhos que traziam elementos que costumam estar relacionados com os conhecimentos espontâneos, como o apego às qualidades materiais e a não identificação de um sistema; esses elementos também são característicos das relações que os humanos costumam realizar no primeiro nível de interação social, ou seja, o contato mais imediato com a cultura. A categoria 2 representa os desenhos nos quais percebe-se uma relação entre as características dos conhecimentos espontâneos e a emergência de rudimentos de um sistema lógico; pode-se inferir nesses desenhos a influência mais marcante do segundo nível de interação social, a escolaridade estruturada, nas representações. A categoria 3 traz os desenhos nos quais se dá prioridade à representação de conceitos científicos em conformidade com os modelos científicos vigentes e com a socialização desses pela educação escolar. Esses desenhos representam a influência do terceiro nível de interação social, ou seja, com a cultura de uma maneira mais geral, como as teorias científicas.

Tais agrupamentos coincidem com as categorias propostas por BARBOSA e BATISTA (2018) que para além das mencionadas incluiu também a dimensão criativa. E é com base nessa categorização que ratificamos os parâmetros descritos para classificar e compreender os desenhos dos estudantes. O quadro 1 apresenta um paralelo entre as categorias dos dois trabalhos.

Quadro 1. Paralelo das categorias do trabalho com as de BARBOSA e BATISTA (2018)

Categorias de Barbosa e Batista (2018)	Descrição geral	Categorias da pesquisa	Descrição específica aos desenhos/Imagens
Explicação espontânea ou não-reprodutora	Não utiliza conceitos ou ideias científicas. Trata-se de um estágio consciente (do saber espontâneo) e não-consciente (do saber científico). Aqui o estudante não dirige a sua atenção para os seus atos de pensamento, mas para o objeto a que se refere.	Representações de conceitos espontâneos	Desenhos que trazem elementos que costumam estar relacionados com os conhecimentos espontâneos, como o apego às qualidades materiais e a não identificação de um sistema.
Explicação quase-reprodutora	Utiliza conceitos científicos-escolares, jargão, mas se concentra em outros aspectos que o campo de conhecimento científico despreza. Durante esse estágio, o estudante está na zona de transição entre o pensamento consciente e não consciente do saber científico e do saber espontâneo.	Representações de conceitos espontâneos-científicos	Desenhos nos quais percebe-se uma relação entre características dos conhecimentos espontâneos e a emergência de rudimentos de um sistema lógico; pode-se inferir nesses desenhos a influência do segundo nível de interação social, a escolaridade estruturada, nas representações
Explicação reprodutora ou imitação alienante	Utiliza conceitos científicos- escolares, jargão e se concentra em aspectos considerados pelo campo de conhecimento científico para explicar os fenômenos. Esse é um estágio em que o estudante tem consciência do saber científico, e passa a recorrer conscientemente a esse pensamento e à sua linguagem.	Representações de conceitos científicos	Desenhos nos quais se dá prioridade à representação de conceitos científicos em conformidade com os modelos científicos vigentes e com a socialização desses pela educação escolar; esses desenhos representam a influência do terceiro nível de interação social, ou seja, com a cultura científica, tais como as teorias científicas.
Explicação reprodutora-criativa ou imitação não-alienante	Utiliza os conceitos e ideias da Física por meio de sua própria linguagem. Nesse estágio, o estudante tem consciência dos seus próprios processos mentais (distingue conhecimentos científicos e espontâneos), mas tem o potencial para ir além da	-----	-----

	fala do outro, isto é, ele se volta para o “eu”, o que o leva à resignificação dos conhecimentos científico-escolares.		
--	--	--	--

Fonte: Os autores.

6. Análise dos resultados

Neste momento, considerando as categorias apresentadas, passamos a classificar e a caracterizar os desenhos produzidos pelos estudantes. A categoria ‘representação de conceitos espontâneos’ compreendeu os desenhos que se caracterizaram por um forte apelo às qualidades imediatas dos aparatos e instrumentos disponíveis, como cores, formatos, tamanhos, informações escritas, etc. A figura 2 traz um exemplar dessa categoria.

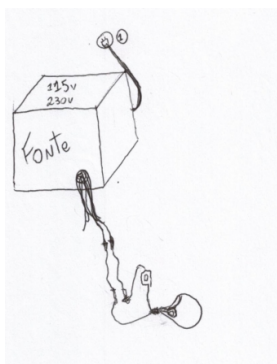


Figura 2 - Desenho de um circuito categorizado como representação de conceitos espontâneos.

Fonte: dados da pesquisa.

O desenho fez parte do planejamento da situação 1, ou seja, a montagem de um circuito que permitisse o funcionamento de uma lâmpada. O desenho destaca a reprodução de qualidades imediatas dos materiais presentes; no caso da fonte, ela é um cubo, é identificada pela palavra fonte. Há a reprodução de informações da diferença de potencial da rede a qual ele deve ser ligado, um emaranhado de fios que acompanham os fios de contato, assim como o desenho da tomada que liga à rede. Ou seja, há uma riqueza de detalhes advindos da relação primeira dos estudantes com os materiais e com a questão a

ser investigada; pode-se perceber essa mesma característica na representação da lâmpada e dos fios de contato. Parece que não há uma clareza dos elementos que participam do desafio de se fazer a lâmpada funcionar, tem-se a impressão de que tudo é importante. A presença da tomada da fonte no desenho dá pistas do conhecimento espontâneo que provavelmente organizou esse planejamento, ou seja, a percepção vivencial da necessidade de se ligar algo na rede elétrica para que funcione.

Assim, pode-se inferir que o processo de desenvolvimento da figura 2 teria evocado conhecimentos dos sujeitos que foram classificados por Vigotski como conceitos espontâneos, ou seja, conhecimentos presentes na cultura e que são socializados mediante relações imediatas com o meio social. Vigotski destaca que esses conhecimentos são importantes nos processos de aprendizagem, denotando a forma como os sujeitos se relacionam e interpretam a realidade.

A categoria ‘representações de conceitos espontâneos-científicos’ corresponde aos desenhos que representam tentativas de esquematização, trazem rudimentos de geometrização e um menor detalhamento das suas partes constituintes. A figura 3 apresenta um desses exemplares.

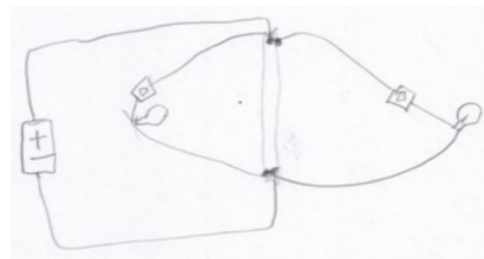


Figura 3 - Desenho categorizado como ‘representações de conceitos espontâneos-científicos’

Fonte: dados da pesquisa.

Percebe-se que uma parte do desenho se estrutura de uma maneira geométrica, um retângulo, e a outra parte é desenhada de uma forma mais livre. A fonte é representada como uma pilha química, com os polos positivo e negativo. A placa que liga as lâmpadas à fonte é apresentada de maneira esquemática. As lâmpadas se parecem com reproduções dos elementos reais. O desenho se caracteriza por uma mistura entre elementos esquematizados e elementos reproduzidos, por exemplo, a fonte é esquematizada, difere do objeto real manipulado, traz a diferença de potencial que é essencial para o circuito. A placa de contato contém a representação apenas dos seus pontos funcionais, já as lâmpadas parecem reproduções dos objetos em si.

A figura 3 mostra certo descolamento da reprodução dos materiais reais manipulados, como a ausência da tomada da fonte, a presença apenas dos fios de contato essenciais e a relativa falta de detalhismo no desenho dos componentes. Percebe-se algumas características que apontam para a influência de um conhecimento advindo do processo de escolarização, como a tentativa de geometrização da figura e a presença da diferença de potencial, que é essencial em um circuito. Assim, as representações avançam da reprodução dos materiais físicos para a comunicação de aspectos que estão ligados ao funcionamento do circuito, como a diferença de potencial. Pode-se inferir que o desenho em questão traz marcas da influência das relações sociais estruturadas com a cultura, como o trabalho investigativo no laboratório da escola no caso.

A figura 4 apresenta mais um exemplar da categoria ‘conceitos espontâneos-científicos’.

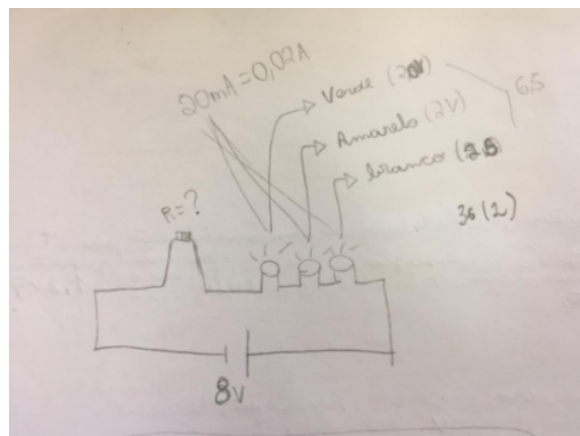


Figura 4 - Um exemplar da categoria ‘conceitos espontâneos-científicos’.

Fonte: dados da pesquisa.

A figura 4 traz uma representação que integra elementos advindos das qualidades materiais dos componentes do circuito, como as lâmpadas e as suas cores, com elementos advindos do processo de escolarização, como a representação da diferença de potencial da fonte (a representação da fonte se torna mais abstrata em relação às figuras 3 e 2) e o formato retangular do circuito. Pode-se inferir que o desenho representa relações entre os conceitos espontâneos e os científicos, mesclando elementos advindos dos níveis de interação imediato e estruturado.

A categoria ‘representações de conceitos científicos’ compreende os desenhos que são representações esquemáticas semelhantes às encontradas nos livros didáticos de Física e reproduzidas nas aulas escolares. A figura 5 traz uma dessas figuras:

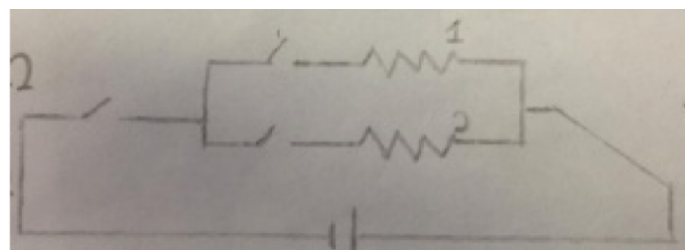


Figura 5 - Desenho classificado como ‘representação de conceitos científicos’.

Fonte: dados da pesquisa.

A figura 5 é um planejamento para o desafio 2 proposto pelo professor, ou seja, montar um circuito que permita ligar duas lâmpadas de maneira independente. Os estudantes representaram os elementos do circuito de uma maneira genérica, destacando a sua função no circuito e desprezando as suas qualidades materiais particulares. As lâmpadas são representadas pelo símbolo de resistor e a fonte pelo símbolo da fonte geradora de diferença de potencial. Pode-se inferir que essa representação é estruturada pelo conhecimento fundamental para o funcionamento de um circuito elétrico, ou seja, a relação entre a diferença de potencial de potencial elétrico, a resistência elétrica e a corrente. Esses conceitos científicos trazem a influência das interações sociais nos níveis estrutural e mais geral da cultura, segundo Vigotski.

6.1 Discussão dos resultados

Os resultados da pesquisa permitem algumas reflexões acerca da função dos desenhos como instrumentos culturais e como elementos explicativos da aprendizagem a partir de Vigotski. Os desenhos, assim como todas as ferramentas culturais, trazem marcas das relações dos sujeitos com a cultura. Nesse sentido, o ato de desenhar em atividades de ensino pode ajudar os aprendizes a refletir e a externalizar os seus conhecimentos espontâneos, visando ao estabelecimento de relações com os conceitos científicos.

Por exemplo, as figuras 2 e 5 parecem representar coisas distintas. A figura 2 representa a relação dos sujeitos com o mundo das coisas, dos objetos que ligamos e desligamos, que possuem formas, cores, etc. A figura 5 baseia-se na relação dos sujeitos com o mundo da teoria, do simbólico e do sintético. Em outras palavras, os desenhos representam as relações dos sujeitos com a cultura nos seus níveis imediato (figura 2) e geral (figura 5) (BROOKS, 2004); embora sejam desenhos totalmente diferentes, eles são representações de um mesmo processo (montar circuitos elétricos em um laboratório).

Os desenhos podem ser compreendidos também como instrumentos que comunicam aspectos relativos ao processo de aprendizagem dos estudantes. Ou seja, instrumentos que demonstram algumas relações entre os conceitos espontâneos e os científicos. Nesse sentido, as figuras 3 e 4 parecem representar um esforço em relacionar conceitos científicos com espontâneos; os desenhos trazem aspectos essenciais da teoria como diferença de potencial, resistência e corrente e elementos que remetem aos objetos reais.

Nesse sentido, uma reflexão a respeito do ensino da eletrodinâmica parece ser pertinente. Costumeiramente, os processos de ensino e aprendizagem baseiam-se em representações de circuitos que evocam as relações dos sujeitos com o nível mais geral da cultura; esses desenhos podem encobrir os conceitos espontâneos dos estudantes, não os evocando, dificultando o estabelecimento de relações e, conseqüentemente, da aprendizagem. Os autores sugerem que os estudantes sejam encorajados a representar de modo mais livre circuitos elétricos que eles venham a manipular ou observar como uma maneira de comunicar elementos psicossociais ligados ao nível mais imediato da cultura. A mesma sugestão é apontada por LABURÚ, GOUVEIA e BARROS (2009) e FRANZONI, LABURÚ e SILVA (2011) a partir de outras reflexões teóricas. Retornando aos resultados deste trabalho, as categorias trazidas neste artigo podem ajudar os professores na compreensão dos desenhos realizados pelos estudantes, sinalizando processos de aprendizagem ou de diferentes níveis de interação cultural com a ciência ou com a cultura geral e imediata.

No que se refere à aprendizagem, os desenhos dos estudantes expressam diferentes níveis de pensamento-desenvolvimento relativos aos circuitos elétricos estudados que embora distintos não podem ser classificados como de menor ou maior aprendizagem ou desenvolvimento mental. Isso porque na concepção psicológica histórico-dialética e/ou sociointeracionista de

Vigotski os diferentes níveis de aprendizagem não são concebidos como algo linear e homogêneo, ao contrário, eles são diversos, sobretudo, em razão da heterogeneidade social e cultural dos sujeitos. Características ou potenciais individuais que resultam de sua condição de existência, ou seja, do contexto sociocultural de onde eles advêm, da linguagem que utilizam e também de sua condição econômica, dimensões que devem ser reconhecidas e respeitadas.

7. Considerações finais

Esta pesquisa analisou desenhos de circuitos elétricos sob a perspectiva de VIGOTSKI (2007) e seus seguidores (BROOKS, 2004), apostando na potencialidade dos desenhos como ferramentas culturais que podem evocar relações dos sujeitos com a cultura. Neste trabalho, reforçamos a importância de atividades investigativas que originaram os desenhos e mobilizaram os estudantes em seus diferentes níveis de desenvolvimento imediato.

Os resultados da pesquisa, assim como os fundamentos teóricos descritos, podem ser interessantes para futuras investigações que focalizem as representações de situações de aprendizagem científica. Bem como para professores que dão relevo ao ato de desenhar em suas aulas de ciências; nesse sentido, as categorias criadas podem ser um referencial para a análise dos desenhos produzidos pelos estudantes e um subsídio para a organização de atividades didáticas dos docentes.

Com relação aos limites da pesquisa, destacamos que a dissertação que originou os desenhos (SILVA, 2017) não tinha como objetivo analisar os processos de desenvolvimento dos mesmos. Assim, não foi possível investigar em detalhes a evolução dos desenhos, ou seja, como evoluem de uma categoria a outra, como nos estudos conduzidos por BROOKS (2004; 2005; 2009).

8. Referências

- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino por Investigação: problematizando as Atividades em Sala de Aula**. Thomson. São Paulo: Brasil, 2004. pp. 19-34.
- BARBOSA, R. G., BATISTA, I. L. Vygotsky: um referencial para analisar a aprendizagem e a criatividade no ensino da Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, n.1, p. 49-67. 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec201818149>
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. Lisboa: Portugal, 2016.
- BEZERRA, P. Prólogo do tradutor. In: VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Martins Fontes. São Paulo: Brasil, 2001.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto Editora. Porto: Portugal, 2013.
- BOSS, S. L. B.; MIANUTTI, J.; CALUZI, J.J. Inserção de conceitos e experimentos físicos nos anos iniciais do ensino fundamental: uma análise à luz da teoria de Vigotski. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 289-312. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172012140318>
- BROOKS, M. Drawing: The social construction of knowledge. **Australasian Journal of Early Childhood**, Londres, v. 29, n. 2, p. 41-49. 2004.
- BROOKS, M. Drawing as a unique mental development tool for young children: Interpersonal and intrapersonal dialogues. **Contemporary Issues in Early Childhood**, Londres, v. 6, n. 1, p. 80-91. 2005.
- BROOKS, M. What Vygotsky can teach us about young children drawing. **Contemporary**

Silva, F., Barbosa, R., Silva, A., Zara, R. (2022). Uma análise sociocultural de desenhos de circuitos elétricos elaborados por estudantes do Ensino Médio.

- Issues in Early Childhood**, Londres, v. 1, n. 1, p. 1-13. 2009.
- CAMARGO, E. P.; GALBIATTI, D. A. O conhecimento em Vigotski: uma contribuição à compreensão do referencial histórico-cultural. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 16, n. 1, p. 128-139. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.15931>
- FRANZONI, G.; LABURÚ, C. E.; DA SILVA, O. H. M. O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, Tandil, v. 6, n. 1, p. 33-43. 2011.
- HOWE, A. C. Development of science concepts within a Vygotskian framework. **Science Education**, Hanover, v. 80, n. 1, p. 35-51. 1996.
- LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: Uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 24-47. 2009.
- PERUCCI, L. R. **Produção de múltiplas representações semióticas para apropriação de conteúdos de biologia celular no ensino médio**. pp. 159. Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2020.
- PINO, A. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 21, n. 71, pp. 45-78. 2000.
- RAMOS, T. C.; VERTCHENKO, L. Uma abordagem experimental das propriedades dos corpos deformáveis no ensino de física geral para os cursos de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, p. 01-09. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000100016>
- ROCHA BARROS, A. L. Schenberg: Nada que é Humano lhe era Estranho. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 11, n. 5, 1991.
- SILVA, A. A. M. **O ensino por investigação em laboratório aberto como proposta didática no ensino de eletrodinâmica**. pp. 124. Mestrado em Ensino – Centro de Educação, Letras e Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2017.
- VIGOTSKI, L. S. **Formação social da mente**. Martins Fontes. São Paulo: Brasil, 2007.
- VYGOTSKY, L. S. **Concrete Human Psychology**. Soviet Psychology, Moscou, v. 22, n. 2, p. 53-77, 1989.
- WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the Social Formation of Mind**. Harvard University Press. Cambridge: Estados Unidos, 1985.