

ENSINO INVESTIGATIVO DA COMBUSTÃO: A TÉCNICA SCAMPER E O FENÔMENO CIENTÍFICO DA TRANSFORMAÇÃO NOS MOTORES

INVESTIGATIVE TEACHING COMBUSTION: SCAMPER TECHNIQUE AND THE SCIENTIFIC PHENOMENON OF TRANSFORMATION IN ENGINES

ENSEÑANZA INVESTIGATIVA DE LA COMBUSTIÓN: LA TÉCNICA SCAMPER Y EL FENÓMENO CIENTÍFICO DE LA TRANSFORMACIÓN EN LOS MOTORES

Marcello Ferreira* , José Airton Mesquita Pinto** , Roberto Vinícios Lessa do Couto*** , André Luís Silva da Silva**** 

Ferreira, M., Pinto, J. A. M., Couto, R. V. L., Silva, A. L. S. (2025). Ensino investigativo da combustão: a técnica SCAMPER e o fenômeno científico da transformação nos motores. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 20(3), pp. 61-79. <https://doi.org/10.14483/23464712.23485>

Resumo

Este artigo aborda o ensino da combustão nos motores automotivos, tendo como objetivo analisar os resultados da elaboração, aplicação e avaliação de uma Sequência Didática (SD), construída a partir da utilização da técnica SCAMPER, que aborda o tema de maneira contextualizada em uma perspectiva investigativa do ensino-aprendizagem. Como referencial, adotou-se a Teoria da Mediação de Vygotsky, que enfatiza a importância da interação social e da linguagem na formação dos processos mentais superiores. As categorias explicativas incluem a valorização dos conhecimentos prévios, a contextualização histórica e tecnológica e a inovação metodológica, com vistas a qualificar a construção do conhecimento. Empregou-se a técnica SCAMPER numa metodologia translacional em uma sequência didática investigativa envolvendo análise de imagens vídeos de evolução de motores, explorando marcos históricos, funcionamentos técnicos e avanços tecnológicos. A SD foi aplicada para estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Novo Gama – GO. O estudo centrou-se no desenvolvimento e na aplicação de estratégias para confrontar a dificuldade de engajamento dos estudantes na construção mediada desses argumentos, especialmente em temas relacionados à evolução tecnológica. Os resultados destacaram o potencial da proposta como metodologia ativa, favorecendo a aprendizagem pela experiência em substituição à memorização de conteúdo.

Palavras chave: Aprendizagem; Combustão; Mediação; Motores automotivos; Técnica SCAMPER

Received: 3 de abril de 2025; approved: 12 de setembro de 2025

* Doutor em Educação em Ciências. Instituto e Centro Internacional de Física, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. marcellof@unb.br

** Mestre em Educação Profissional e Tecnológica. Secretaria Estadual de Educação, Novo Gama, GO, Brasil. tim.airton@gmail.com

*** Mestre em Ensino de Física. PPG em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. robertovinicios86@gmail.com

**** Doutor em Educação em Ciências. Núcleo de Educação, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, RS, Brasil. andresilva@unipampa.edu.br

Resumen

Este artículo aborda la enseñanza de la combustión en los motores automotrices, con el objetivo de analizar los resultados de la elaboración, aplicación y evaluación de una Secuencia Didáctica (SD), construida a partir de la utilización de la técnica SCAMPER, que trata el tema de manera contextualizada, en una perspectiva investigativa de la enseñanza-aprendizaje. Como referencia se adoptó la Teoría de la Mediación de Vygotsky, que enfatiza la importancia de la interacción social y el lenguaje en la formación de procesos mentales superiores. Las categorías explicativas incluyen la valorización de conocimientos previos, la contextualización histórica y tecnológica y la innovación metodológica, con miras a calificar la construcción de conocimiento. La técnica SCAMPER se utilizó con una metodología translacional en una secuencia didáctica investigativa que involucra el análisis de imágenes y videos de la evolución de los motores, explorando hitos históricos, operaciones técnicas y avances tecnológicos. La SD se implementó con estudiantes de segundo año de educación secundaria en una escuela pública del municipio de Novo Gama – Goiás, Brasil. El estudio se centró en el desarrollo y aplicación de estrategias para enfrentar la dificultad del compromiso de los estudiantes en la construcción mediada de estos argumentos, especialmente en temas relacionados con la evolución tecnológica. Los resultados resaltaron el potencial de la propuesta como metodología activa, favoreciendo el aprendizaje a través de la experiencia en lugar de la memorización de contenidos.

Palabras clave: Aprendizaje; Combustión; Mediación; Motores automotrices; Técnica SCAMPER

Abstract

This article addresses the teaching of combustion in automotive engines, aiming to analyze the results of the development, implementation, and evaluation of a Didactic Sequence (DS), constructed using the SCAMPER technique, which approaches the topic in a contextualized manner from an investigative teaching-learning perspective. As a reference, Vygotsky's Mediation Theory was adopted, which emphasizes the importance of social interaction and language in the formation of higher mental processes. The explanatory categories include the valorization of prior knowledge, historical and technological contextualization, and methodological innovation, with a view to qualifying the construction of knowledge. The SCAMPER technique was used in a translational methodology in an investigative didactic sequence involving the analysis of video images of engine evolution, exploring historical milestones, technical functions, and technological advances. The DS was implemented with 2nd-year high school students at a public school in the municipality of Novo Gama – Goiás, Brazil. The study focused on the development and application of strategies to confront the difficulty of students' engagement in the mediated construction of these arguments, especially in topics related to technological evolution. The results highlighted the potential of the proposal as an active methodology, favoring learning through experience instead of memorizing content.

Keywords: Learning; Combustion; Mediation; Automotive Engines; SCAMPER Technique

1. Introdução

O ensino da combustão de maneira contextualizada tem potencial para despertar o interesse dos estudantes na aprendizagem científica (Costa, Pinheiro, 2013). Especificamente, o estudo desse fenômeno nos motores veiculares tem sido explorado na literatura acadêmica e revelado avanços significativos relacionados à compreensão e aplicabilidade dos conhecimentos que foram construídos pela humanidade ao longo dos anos, bem como sua relação com os avanços tecnológicos, favorecendo, sobretudo, a apropriação pelos estudantes.

A “queima”, como defende Silva *et al.* (2006, p. 23), [...] “é um conceito semanticamente rico e possui diferentes significados no senso comum” [...], de modo que ela pode ser uma maneira eficaz de contextualização das aprendizagens relacionadas à Química, à Física e à Biologia. Conquanto haja estudos que vislumbram a contextualização desse tema, ainda se observam carências de metodologias que integrem o conhecimento teórico à reflexão interpretativa e crítica por parte dos estudantes.

A proposta deste artigo é analisar os resultados da elaboração, aplicação e avaliação de uma Sequência Didática (SD), construída a partir da utilização da técnica SCAMPER, que aborda o ensino da combustão de maneira contextualizada em uma perspectiva investigativa do ensino-aprendizagem. A aplicação da SD prevê, como suporte, a utilização de vídeos e imagens que retratam a evolução histórica dos motores veiculares. Adicionalmente a esse recurso, é inserida na investigação a técnica SCAMPER a partir de uma atividade investigativa e problematizadora, que visa potencializar o processo de análise crítica e interpretativa (Ferreira *et al.*, 2023b).

Segundo Umurzakova (2023), a técnica é focada em **substituir**, **combinar**, **adaptar**, **modificar**, **pôr** em prática, **eliminar** e **rearranjar**. É um instrumento de mediação que visa incentivar os estudantes a

refletirem acerca da aplicação dos conhecimentos científicos vinculados ao desenvolvimento tecnológico e aos impactos ambientais da combustão. Seu fundamento está na reformulação de ideias existentes, incentivando a exploração de novas possibilidades a partir de um pensamento estruturado (Carvalho *et al.*, 2018). O objetivo principal da SCAMPER é estimular a criatividade, resolver problemas e promover inovações, questionando continuamente elementos de um processo, produto ou ideia.

Carvalho *et al.* (2018, p. 25), por sua vez, caracterizam a técnica “[...] como uma busca sistemática de soluções, sendo uma das melhores ferramentas [que é] usada para estimular o pensamento criativo, ativar a criatividade, fortalecer a imaginação, explorar a capacidade de questionar-se e até mesmo de se adaptar às situações existentes”. Em contexto didático-pedagógico, sugere-se que a técnica possa ser dirigida como uma metodologia ativa para incentivar o pensamento reflexivo, criativo e crítico dos estudantes em projetos interdisciplinares, estimulando desafios investigativos com vistas à formulação e à solução de problemas reais. Por conseguinte, espera-se o engajamento e a autonomia no aprendizado – como, por exemplo, em uma aula de ciências na qual estudantes poderiam usar a SCAMPER para reinventar um dispositivo tecnológico ou produzir soluções ambientais.

Propondo-se a contribuir com o ensino investigativo em ciências e a contextualização nos processos de aprendizagem, este estudo toma por vetor o tema da combustão, fenômeno usualmente relacionado à Química. O ensino dessa disciplina no Ensino Médio tem enfrentado desafios significativos, mormente refletidos na dificuldade dos estudantes em compreender e se engajar com os assuntos que são abordados. A natureza abstrata de muitos conceitos e princípios próprios da Química requer o uso de metodologias que se

oponham ao emprego de propósitos instrucionais frequentemente descontextualizados (Lima, 2012).

A dificuldade no ensino-aprendizagem em Química é apontada por diversos pesquisadores, a exemplo do que está marcadamente indicado nos estudos de Silva et al. (2023). Eles apontam que as dificuldades estão, sobretudo, relacionadas à maneira como os conteúdos são apresentados. Ainda segundo os autores, os temas são tratados de maneira isolada e desconectada das aplicações práticas e interdisciplinares, o que impede ou desfavorece a visualização da relevância dos conhecimentos adquiridos para o cotidiano.

Estudos têm buscado apresentar soluções viáveis, embora desafiadoras, como a sugestão de implementar Atividades Investigativas (AI) e interdisciplinares no ensino de ciências (Persich et al., 2022; Ferreira et al., 2023b). O ensino baseado na investigação motiva os estudantes a assumirem papel ativo na construção do conhecimento, com a mediação de um sujeito mais experiente, usualmente o professor, fomentando a curiosidade, o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas (Manoel et al., 2015; Ferreira et al., 2022a; Ferreira et al., 2023a). Além disso, a integração de diversas disciplinas possibilita que os estudantes compreendam a Química em um contexto mais amplo, conectando os conceitos a fenômenos naturais e tecnológicos, bem como a questões socioambientais (Ferreira et al., 2023b).

Segundo Almeida et al. (2018), as AI são essenciais para a compreensão do mundo, seus usos tornam a aprendizagem mais dinâmica e prática. É uma metodologia que auxilia os estudantes a entenderem conceitos teóricos e aplicarem a situações contextuais, ampliando o interesse e o engajamento nas aulas. Ademais, elas contribuem com o ensino interdisciplinar em ciências, o que pode impactar na formação mais completa dos estudantes (Persich et al., 2022). No caso específico da Química, ao relacioná-la com outras

áreas do conhecimento, como a Física, a Biologia e as outras ciências naturais ou ambientais, os estudantes acabam por desenvolver uma visão mais integrada do mundo.

As AI contribuem à mediação dos conhecimentos de maneira interdisciplinar e têm um impacto significativo na promoção da colaboração em equipe (daí o caráter social presente na perspectiva vygostkiana), possibilitando que estudantes compartilhem ideias e desenvolvam habilidades de comunicação e cooperação essenciais para o sucesso acadêmico e profissional no século XXI (Costa, Pinheiro, 2013). Essa abordagem de ensino-aprendizagem também estimula o desenvolvimento de habilidades metacognitivas, tornando os estudantes mais autônomos e críticos ao refletirem acerca de seus processos de aprendizagem e a explorarem diferentes soluções para situações-problemas. Ademais, favorece o desenvolvimento de competências e habilidades que vão além do conteúdo curricular (Santos et al., 2021; Ferreira et al., 2023b).

A implementação de AI, por suas características interdisciplinares, é corroborada por Costa et al. (2022) ao defenderem a ideia de que implementá-las no ensino de Química pode ser uma estratégia eficaz para superar os desafios atuais. Segundo essa abordagem, ela qualifica a compreensão e o interesse dos estudantes e os prepara de maneira adequada para os desafios contemporâneos, promovendo uma educação mais completa e significativa.

AI no ensino da temática da combustão são, em certa medida, objeto de preocupação, como a presente em Fonseca (2015) quando destaca que esse processo contribui para estabelecer uma conexão significativa entre o conhecimento químico e a percepção empírica dos estudantes. Trata-se, portanto, de um processo essencial, que envolve a reação entre um combustível e um comburente, resultando na liberação de energia

sob a forma de calor e luz. Essa reação, para diversas áreas da Química, detém possibilidade prática de favorecer aprendizagens, uma vez que é a base para a compreensão do funcionamento dos motores a combustão, dispositivos essenciais na sociedade contemporânea (Naikoo et al., 2018).

Os motores a combustão (Figura 1), que convertem a energia química dos combustíveis em trabalho mecânico, são extremamente importantes nas mais diversas esferas da vida humana – nos domínios do conhecimento científico, da aplicação tecnológica e da compreensão interdisciplinar de fenômenos complexos. Desde automóveis a aviões, passando por máquinas industriais e geradores de energia, esses motores desempenham papel relevante em garantir o funcionamento eficiente de nossa infraestrutura e economia (Naikoo et al., 2018).

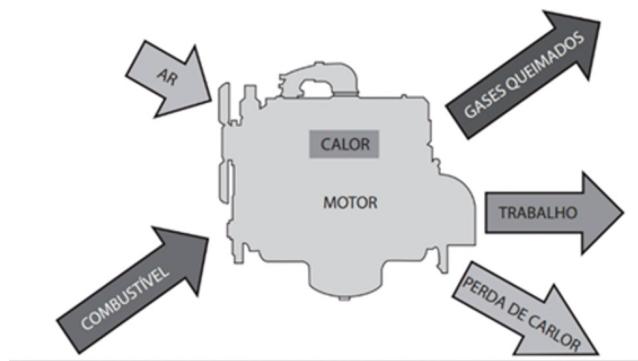
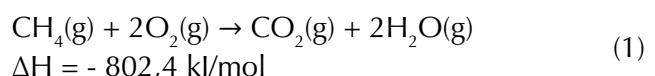


Figura 1. Fluxo de massa e energia em um motor de combustão interna.

Fonte: Brunetti (2018, p. 21).

De maneira simplificada, a combustão é uma reação de um combustível com um comburente que gera calor. Quimicamente, é considerado combustível um composto orgânico representativo dos grupos funcionais hidrocarboneto ou álcool, como metano, propano e etanol, ou uma mistura entre eles, como o diesel, a gasolina e o gás de cozinha, por exemplo. Já o comburente é invariavelmente o oxigênio (Brunetti, 2018; Chang et al., 2013). Uma reação química básica de combustão pode ser exemplificada pela queima do metano (CH_4):



Os combustíveis utilizados em motores a combustão variam desde hidrocarbonetos, como a gasolina, o diesel e o querosene, até biocombustíveis e gás natural. Cada tipo possui características específicas que influenciam sua eficiência, eficácia e seu impacto ambiental.

A Figura 1 ilustra o fluxo de massa e energia em um motor de combustão interna. O motor recebe ar e combustível, que são convertidos em trabalho mecânico por meio da combustão. No entanto, parte da energia liberada na combustão é dissipada para o ambiente na forma de calor, reduzindo a eficiência do processo. Os gases queimados, contendo resíduos da combustão, são expelidos para a atmosfera.

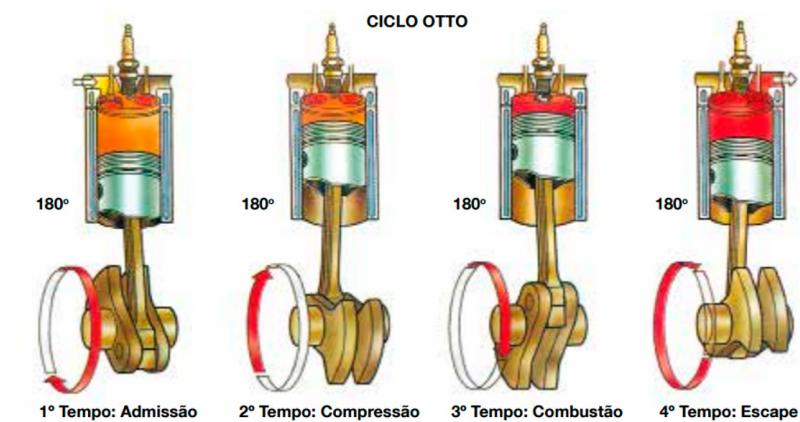


Figura 2. Motores de Combustão Interna.

Fonte: Mahle (2019-2020, p. 19).

O funcionamento básico de um motor a combustão interna envolve a queima do combustível em um cilindro, em que a expansão dos gases resultantes da combustão move um pistão. Esse movimento é, então, convertido em trabalho¹ mecânico, que pode ser utilizado para mover veículos, operar máquinas ou gerar eletricidade. Existem diferentes tipos de motores a combustão, como motores de ciclo Otto (Figura 2), utilizados em automóveis e motores de ciclo diesel, frequentemente utilizados em caminhões e maquinário pesado (Brunetti, 2018).

Na Figura 2, estão representados os tempos de funcionamento do motor Ciclo Otto, nos quais se observam os movimentos do trabalho realizado. Esses movimentos são divididos em tempos. Há, portanto, quatro tempos que completam o ciclo, nos quais, em cada um deles, ocorre uma função específica, conforme descrito a seguir.

Diante do que foi até aqui exposto, é importante salientar a importância do conhecimento científico para o entendimento e a otimização dos processos dos motores, com impacto em sua melhoria e eficiência, principalmente na mitigação de problemas ambientais. Dessa maneira, conhecer as propriedades moleculares dos combustíveis permite ajustes que maximizam a performance dos motores e promovem os estudo

¹ No contexto científico, trabalho é o movimento de deslocamento contra uma força oposta. No funcionamento do motor a combustão, a reação química da mistura gasosa, pela ação da explosão, realiza trabalho ao empurrar o pistão para baixo. Matematicamente, o trabalho (\bar{W}) é calculado pelo produto vetorial da força (\vec{F}) pelo deslocamento (\vec{d}). A grandeza da medida é dada em joules (J) no Sistema Internacional de Unidades (SI).

e a implementação de alternativas mais limpas (Kohse-Höinghaus, 2021).

Adicionalmente, deve-se destacar que a combustão tem aplicações práticas além dos transportes, como, por exemplo, em máquinas industriais, na construção civil, na logística, em geradores elétricos responsáveis por levar energia a locais remotos ou no abastecimento de pequenas unidades em casos de emergência e em usinas termoelétricas, responsáveis por diversificar e complementar a matriz energética do país. Portanto, o estudo da química da combustão se mostra de grande importância ao entendimento do funcionamento de diversos setores da sociedade e ao respectivo desenvolvimento.

Contudo, o uso da combustão resulta na liberação de poluentes variados, como dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e partículas finas, os quais são fatores contribuintes para a contaminação atmosférica e alterações climáticas (Deva, 2022). Essa problemática ambiental tem fomentado a procura por opções ecológicas e pelo desenvolvimento de tecnologias sustentáveis (Malaquias et al., 2019).

2. Fundamentação teórica

Esse tema, pela relevância, oferece oportunidades valiosas de ensino-aprendizagem, uma vez que permite a apropriação do conhecimento científico pelos estudantes de maneira contextualizada. Por meio de fenômenos intrínsecos, os estudantes

Quadro 1. Ciclo do motor.

1º tempo	2º tempo	3º tempo	4º tempo
Admissão	Compressão	Combustão	Escape
O pistão desce, a válvula de admissão abre e a mistura ar-combustível é aspirada para o cilindro.	O pistão sobe, comprimindo a mistura com as válvulas fechadas.	Uma centelha inflama a mistura comprimida, gerando gases que expandem e empurram o pistão para baixo, produzindo energia mecânica.	O pistão sobe novamente, expulsando os gases queimados pela válvula de escape aberta.
A cada ciclo completo (720° do virabrequim), apenas o tempo de combustão gera energia mecânica; os demais a consomem.			

Fonte: Elaboração própria (2025).

podem motivar-se para o desenvolvimento cognitivo (Silva et al. 2006). Nessa linha, busca-se suporte de uma teoria cognitivista, isto é, numa abordagem psicológica que enfatiza os processos mentais envolvidos no conhecimento e na compreensão do mundo; em outros termos, toma como objeto as atividades mentais superiores, tais como: percepção, resolução de problemas, tomada de decisões, processamento de informações e compreensão. Diferentemente de abordagens que ignoram ou minimizam a importância da mente, o cognitivismo busca estudá-la com rigor científico, analisando as variáveis intervenientes entre estímulos e respostas. Assim, tal perspectiva entende o ser humano como um processador ativo de informações cujo comportamento é influenciado pelo modo como interpreta e organiza a realidade (Moreira, 1999).

Especificamente, propõe-se adotar a Teoria da Mediação de Vygotsky (TMV)² como modelo explicativo para o aprofundamento da temática da combustão em contextos pedagógicos. Isso se justifica por creditar à mediação nos processos de ensino-aprendizagem aspectos centrais das funções mentais superiores. Ainda que mais bem explicada e conformada pela Teoria Sociocultural, que enfatiza a interação social e o contexto cultural como fatores centrais no desenvolvimento, essa perspectiva cognitivista tem valor intrínseco evidenciado em diversos trabalhos.

A escolha da TMV de Vygotsky (1993; 1998) para abordar a combustão nos motores é justificada pela ênfase que essa abordagem dá à interação social via linguagem e ao papel do mediador no processo de aprendizagem, por meio de símbolos, instrumentos e signos (Martins et al., 2012). Para Vygotsky (1993; 1998), o desenvolvimento

² A teoria da mediação de Vygotsky explica como as interações sociais se transformam em processos psicológicos no indivíduo. Para ele, a cognição humana é caracterizada pela mediação, isto é, por uma atividade indireta que possibilita a internalização de comportamentos e operações inicialmente externas. Esse processo consiste na reconstrução interna de práticas e conhecimentos historicamente e culturalmente construídos, sendo um aspecto essencial do desenvolvimento humano (Moreira, 1999).

humano depende da interação social e do uso apropriado da linguagem, que são dimensões essenciais à aprendizagem e à formação completa do indivíduo.

Para que o uso dos recursos mencionados seja efetivo para a aprendizagem, é preciso protagonizar a importância da interação social (expressa pela linguagem) no desenvolvimento cognitivo. É esta a razão para que, na técnica proposta neste estudo, a aprendizagem se dê por meio da interação dos estudantes com o ambiente que os cerca. Pretende-se que a construção do conhecimento ocorra por impulso e mediação da linguagem e de símbolos identificados no fenômeno da combustão, visualizando nos estudantes os diferentes níveis de experiências. Nesse contexto de ensino-aprendizagem, têm lugar metodologias ativas como a técnica SCAMPER.

A aprendizagem por mediação considera que o mais experiente apoia a aprendizagem (de fato, a construção de conhecimentos) do menos experiente. Dessa maneira, coexistem cognitivismo e mediação nos processos de desenvolvimento do conhecimento – o primeiro é responsável pelo processamento mental; já o segundo, é o intermediário facilitador pelo qual se dá o construto intelectual, valendo-se de ferramentas simbólicas, como a linguagem e o uso de materiais e métodos que visam à problematização como suporte à aprendizagem (Moreira, 1999; Ferreira et al., 2021; Ferreira et al., 2022a; Ferreira et al., 2023a; Ferreira et al., 2023c).

A ideia de que a aprendizagem se centraliza na mediação, com o uso de dispositivos culturais, especialmente a linguagem, é defendida por Moreira (1999), Ferreira et al. (2021) e Ferreira et al., 2023a), para os quais eles desempenham o papel de intermediadoras na atividade mental. Portanto, isso revigora a perspectiva da associação deste trabalho à TMV. Como anteriormente defendido, o estudo da combustão nos motores

**Figura 3.** Interrelação Cognitivismo/Teoria da mediação/Técnica.

Fonte: Elaboração própria (2025).

automotivos, visto como uma ferramenta cultural e simbólica da mediação, pode ser ancorado pelo uso da técnica SCAMPER, por sua condição de atividade investigativa voltada à resolução de problemas, com o intuito de potencializar a proposta de ensino-aprendizagem.

O diagrama a seguir busca sintetizar a interrelação entre as ideias defendidas até aqui.

A ideia apresentada na Figura 3 é a de que a mediação proposta por Vygotsky é um princípio fundamental para a educação, segundo a qual o papel do professor é o de mediar a aprendizagem, fornecendo ferramentas, símbolos e apoio para que estudantes (sujeitos integrantes) desenvolvam ou construam, com autonomia, funções cognitivas complexas e habilidades.

Embora a Figura 3 não mencione explicitamente a Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI)³, o conceito se aplica à aprendizagem mediada. A ZDI é campo potencial entre o que o indivíduo consegue fazer sozinho (isto é, o conhecimento que ele pode auferir autonomamente) e o que somente

pode alcançar com a ajuda de um mediador mais experiente. A aprendizagem mediada visa auxiliar o indivíduo a superar seus limites e alcançar a autonomia na resolução de problemas (Moreira, 1999; Ferreira et al., 2021; Ferreira et al., 2023a).

Para isso, os meios sugeridos e as respectivas aplicações para atingir os objetivos da aprendizagem apresentam a configuração na qual os estudantes, sob mediação de conhecimentos, tornam-se coautores da aprendizagem. Eles também permitem ao professor se apropriar de um processo diagnóstico permanente que auxilia e conduz o desenvolvimento (Ramos, 2009). Isso acarreta maior responsabilidade para julgar se alcançaram os objetivos da aprendizagem, pois deve ser mensurado se os estudantes se tornaram capazes de explicar, aplicar e transferir o conhecimento.

Com base nos princípios da TMV, a técnica de investigação aqui contida será estruturada de maneira a integrar a SCAMPER como AI mediadora da aprendizagem. Essa abordagem tem o objetivo de promover a aprendizagem ativa e reflexiva, auxiliando os estudantes na internalização de funções cognitivas complexas e no desenvolvimento de habilidades críticas e autônomas. O estudo buscará explorar e avaliar como essa ferramenta

³ Em razão de tradução equivocada do texto seminal de Vygotsky, esse conceito é mais conhecido em língua portuguesa como Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Essa distinção, entretanto, é fundamental para que se dê semanticamente a formulação adequada à ideia, que é de potência e não de proximidade.

pode ser aplicada no processo educativo, refletindo acerca dos ambientes de aprendizagem, de modo a potencializar o engajamento e a resolução de problemas por meio da articulação progressiva de conhecimentos.

3. Métodos e materiais

O presente estudo foi conduzido numa perspectiva investigativa, caracterizada por uma sequência didática por meio da qual visou-se ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes diante da observação de vídeos e imagens do fenômeno da combustão nos veículos automotores. Para isso, a mediação da aprendizagem deu-se por meio da problematização (Ferreira et al., 2022a; Ferreira et al., 2023a; Ferreira et al., 2023b) e foi empregada a técnica SCAMPER, na qual os estudantes deveriam apresentar o desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas ao funcionamento dos motores. O foco é verificar a capacidade dos estudantes em substituir, combinar, adaptar, modificar, pôr em prática, eliminar e rearranjar conhecimentos. Consiste, pois, em uma perspectiva exploratória dos aspectos científicos, históricos e tecnológicos envolvidos no funcionamento dos motores a combustão.

O método adotado também caracterizou o estudo na perspectiva translacional, devido à abordagem que buscou aplicar diretamente os conhecimentos acadêmicos do pesquisador e da respectiva área do conhecimento, apropriados e aplicados nas interações com os estudantes em vista da resolução de problemas que conectaram teoria e a prática no contexto escolar de maneira horizontal e retroalimentadora (Ferreira et al., 2023b). Portanto, focou nas necessidades de mudanças e adaptações que porventura os estudantes pudessem apresentar acerca dos avanços tecnológicos voltados às questões do funcionamento dos motores à combustão.

O estudo foi realizado no ano de 2024 em turmas do 2º ano do Ensino Médio da escola estadual Professor Benedito Vieira de Sá, localizada no bairro Jardim Lago Azul, município de Novo Gama, estado de Goiás, vinculada administrativamente à Secretaria Estadual de Educação. Trata-se de uma instituição de ensino estatal que atende a uma comunidade urbana e rural, cujo público, por diversas razões inerentes ao seu contexto socioeconômico, é pouco assíduo, razão pela qual participaram números variados de estudantes nas diferentes etapas da proposta.

No método empregado, a preocupação não se voltou à retenção ou memorização de fórmulas ou expressões matemáticas, mas à valorização do desenvolvimento cognitivo, focando na compreensão e nos princípios de ideias conceituais e fundamentais, isto é, na promoção da aplicação prática em detrimento de informações memorizadas. Dessa maneira, foram valorizadas a apropriação do conhecimento e as conexões dos novos conhecimentos com os que os estudantes possuíam.

O desenvolvimento deu-se em 5 (cinco) aulas duplas de 50 (cinquenta) minutos cada, no propósito de mediação pedagógica. Na aula inaugural, foram utilizados vídeos acerca da evolução histórica dos motores à combustão, nos quais foram explorados conhecimentos científicos e tecnológicos na engenharia das primeiras daquelas estruturas. Esses vídeos narravam e retratavam o aproveitamento e o rendimento energético, bem como os marcos históricos da evolução dos motores. Também focaram as necessidades produtivas e os aspectos rudimentares que permeavam os conhecimentos tecnológicos, além das demandas energéticas.

A estratégia dessa abordagem visual decorreu do fato de que a combustão é um fenômeno químico delicado para ser demonstrado experimentalmente. Justifica-se, assim, a utilização desse procedimento, isto é, o uso de imagens

como ferramentas educativas, com intuito de demonstrar as representações dos componentes constituintes dos motores, bem como suas funções desempenhadas no funcionamento deles.

Os vídeos que ilustram as imagens e as narrativas da evolução dos motores mencionados foram previamente obtidos por meio de pesquisas no Youtube® e curadoria do professor-pesquisador. Inicialmente, a busca focou em fotografias de motores de carros de diferentes montadoras, de diversas configurações, e em manuais de fabricantes de automóveis. No entanto, houve a necessidade de melhorar o recurso visual, quando foi feita a opção pelos vídeos, uma vez que eles melhor retratavam a evolução histórica e tecnológica, um dos principais objetivos do estudo. Outros recursos descartados foram os manuais dos fabricantes de veículos, que, mesmo se constituindo de fontes confiáveis de pesquisa, são profundamente técnicos e não se apresentam adequados para ao propósito de uma aula na Educação Básica. Ainda assim, sugeriu-se aos estudantes uma análise descompromissada desses materiais, com vistas a despertar interesses e complementar compreensões.

O procedimento de seleção dos vídeos baseou-se no valor (isto é, na qualidade) visual e documental, na possibilidade de o recurso permitir uma transposição didática satisfatória e em sua capacidade de proporcionar problematização a ser aplicada na aprendizagem mediada pela técnica SCAMPER. Isso foi possível uma vez que a fundamentação se pautou no exame das imagens observadas nos vídeos, de maneira que os estudantes pudessem identificar nesses documentos os avanços tecnológicos relacionados aos desenhos dos motores e suas eficiências energéticas.

A valoração dos vídeos está relacionada aos princípios norteadores da execução metodológica, como já mencionado, de modo que suas a

utilizações devam subsidiar os estudantes para a resolução dos problemas sugeridos na SCAMPER. Nessa resolução, os estudantes devem identificar os fatores químicos da combustão e seus efeitos físicos, associando-os aos usos tecnológicos e científicos. Outros aspectos são os impactos ambientais e a eficiência dos motores com a diversificação dos combustíveis e dos materiais relacionados à sua construção. O Quadro 2 ilustra a SD investigativa aplicada na presente investigação.

A Figura 4 apresenta uma visualização esquemática do processo de avaliação final, bem como da lógica de repercurso (recuperação).

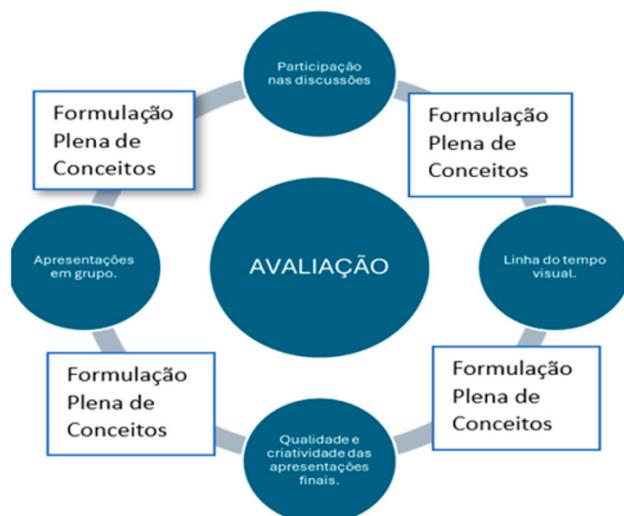


Figura 4. Processo avaliativo da sequência didática.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Essa proposição avaliativa será doravante desenvolvida.

4. Resultados e discussões

O presente estudo teve início com o levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes acerca da importância da combustão, da sua aplicação e da relação com as máquinas térmicas. Isso foi realizado utilizando um formulário Google Forms. Essa ação se mostrou importante, pois permitiu avaliar a eficácia da SD proposta.

Quadro 2. Ilustração da Sequência Didática Investigativa aplicada no presente estudo.

Sequência Didática Investigativa		
1ª aula (dupla)		
Introdução e Contextualização. Introduzir o tema e a importância da evolução dos motores a combustão	Objetivo	Levantamento de conhecimentos prévios. Identificar a constante busca por eficiência na evolução dos motores a combustão ao longo do tempo. Essa etapa sugere a exploração da Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI) na TMV.
	Atividade	Analizar os vídeos e as imagens de motores a combustão antigos, analisando seus componentes internos. Analizar motores modernos, como os dos carros atuais, analisando seus componentes internos. https://youtu.be/fzUUQb0fwc (Quem Inveniou o Carro a Gasolina?). https://youtu.be/-W9BSXl1ARU (A origem e evolução dos motores a pistão).
Avaliação 01: Averigar se os estudantes, ao comparar as diferentes gerações de motores, conseguem analisar/perceber na evolução a aplicação da técnica SCAMPER (Substituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Pôr em outros usos; Eliminar e Reorganizar). Questionário: https://forms.gle/gNg9hfgYPFKSGFew9		
2ª aula (dupla)		
Análise do funcionamento dos primeiros motores a combustão	Objetivo	Identificar os princípios fundamentais que regiam o funcionamento dos primeiros motores a combustão e refletir como esses princípios influenciaram sua evolução ao longo do tempo. Essa etapa sugere, segundo a TMV, a mediação do professor e de colegas mais experientes, uma vez que se identifica intervenções diretas para ajudar os estudantes a avançarem daquilo que sabem para níveis mais complexos.
	Atividade	Assistir ao vídeo acerca dos primeiros motores a combustão, para identificar: <ul style="list-style-type: none">• Os pioneiros da indústria automobilística e quais foram as suas contribuições.• Os primeiros combustíveis utilizados• As funções dos componentes de um motor (cilindros, pistões, válvulas). Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=KLzjQyq1t0c&t=19s . MOTOR CICLO OTTO – Aprendendo 4 tempos funcionamento básico. Essa etapa sugere na TMV a exploração do uso de ferramentas culturais, tal como os recursos da linguagem, identificados na abordagem da tecnologia e nos textos.
Avaliação 02: Analisar se os estudantes manteriam ou mudariam as sugestões dadas na avaliação 01.		
3ª aula (dupla)		
Avanços Tecnológicos que impactaram a indústria automotiva nos Séculos XX e XXI	Objetivo	Identificar os principais avanços tecnológicos nos motores a combustão durante o século XX e XXI que foram necessários para a redução dos impactos ambientais relacionados à emissão de gases poluentes. Na TMV, essa etapa sugere o uso de atividades em colaboração, focando no planejamento de tarefas em grupos e estimulando os estudantes a interagirem aprendendo uns com os outros na construção coletiva do conhecimento.
	Atividade Pesquisa de campo	Pesquisar fotografias de motores de carros de diferentes montadoras, bem como a buscar por imagens na internet que retratam a evolução histórica e tecnológica. Consultar manuais dos fabricantes de veículos informações provenientes de oficinas mecânicas e catálogos de fabricantes de peças automotiva. Em grupos, os estudantes farão suas análises para apresentação, com intuito de verificar a capacidade de comparar a evolução histórica com os aspectos técnicos.
Avaliação 03: Os estudantes apresentarão a pesquisa realizada e com argumento. Será verificado a capacidade de relacionar os avanços com a redução dos impactos ambientais.		
4ª aula (dupla)		
Motores Modernos e Tecnologias Emergentes	Objetivo	Identificar se os motores modernos estão sendo projetados para melhorar a eficiência de combustão, reduzindo o desperdício de energia e minimizando as emissões de poluentes. Identificar se há motores que funcionam sem combustível. Essa etapa sugere a exploração da Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI) na TMV.
	Atividade	Pesquisar na internet vídeos acerca de motores híbridos e de alta eficiência.
Avaliação 04: Os alunos devem examinar os resultados das avaliações 01 e 02, relacionando-os à discussão atual. Utilizando a técnica SCAMPER, devem argumentar se os motores modernos estão sendo projetados para aumentar a eficiência da combustão, reduzir o desperdício de energia e minimizar as emissões de poluentes. Além disso, devem investigar a existência de motores que funcionem sem combustível.		
5ª aula (dupla)		
Síntese e Aplicação Prática de conhecimento/conteúdos	Objetivo	Estudar o processo químico que envolve a reação entre um combustível e um oxidante, resultando na liberação de energia sob a forma de calor e como ele é aproveitado fisicamente. Vídeo: https://youtu.be/Vjo9PFXGI8k (Motor a Diesel, Como Funciona?) Estudar a maneira como os motores a combustão convertem energia química em trabalho mecânico. Essa etapa sugere a exploração da Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI) na TMV.
	Atividade	Consolidar o aprendizado e aplicar os conhecimentos em um projeto final. Os estudantes, em grupo, poderão apresentar um seminário ou propor um protótipo de um motor. Em ambos, os conceitos científicos devem ser transmitidos à luz da temática da combustão e dos motores.
Indicadores da Avaliação Final		
1. Formulação Plena de Conceitos/Princípios: o estudante é capaz de explicar, aplicar e transferir o conhecimento. 2. Formulação Mediana de Conceitos/Princípios: o estudante é capaz de aplicar o conhecimento de maneira básica e resolver problemas conhecidos, ainda que possa ter dificuldade em transferir o conhecimento para novas situações ou para contextos mais complexos. 3. Formulação Insatisfatória de Conceitos/Princípios: o estudante tem uma compreensão limitada ou incorreta dos assuntos abordados. Ele apresenta dificuldade em explicar, aplicar ou transferir o conhecimento, mesmo em situações familiares.		

Fonte: Elaboração própria (2025).

O foco inicial do diagnóstico foi perceber como os conhecimentos prévios dos estudantes impactariam na aplicação da técnica SCAMPER. Essa análise se baseou nas respostas coletadas por meio de questionários e nas observações feitas durante as primeiras etapas da aplicação didática. A aula subsequente à aplicação foi modificada, ocorrendo de maneira expositiva. Portanto, os dados apresentados são referentes aos questionários aplicados.

Dentre as prioridades, destaca-se a verificação da percepção e da aplicabilidade do conhecimento pelos estudantes em detrimento da memorização, pois a proposta deste trabalho é avaliar a compreensão dos estudantes acerca do fenômeno da combustão nos veículos automotores.

4.1. Conhecimentos prévios

O grupo inicial de participantes que responderam ao questionário foi composto por 38 estudantes. O Quadro 3 apresenta as 9 questões que o compõem, as respostas esperadas e, de maneira sintética, os resultados da aplicação.

Os dados obtidos sugerem que os estudantes possuíam, em média, conhecimentos prévios necessários ao estudo da combustão, com

apenas uma das questões tendo sido respondida corretamente por menos da metade dos estudantes.

Os resultados da questão 1 indicam claramente que a maioria dos estudantes (86,8%) têm um bom domínio do conceito de combustão.

As respostas dadas à questão 2 indicam que pouco menos da metade dos estudantes (47,4%) entendem a diferença entre a combustão completa e a incompleta. Já com relação à questão 3, 57,9% dos estudantes entendem que a combustão completa de um hidrocarboneto gera água e CO₂. Em conjunto, essas respostas indicam que os estudantes apresentam algumas dificuldades e confusões acerca desse tema, que é mais específico e técnico que o conceito de combustão.

Para as questões 4 e 5, percebe-se que os estudantes, majoritariamente, entendem o papel da combustão para o correto funcionamento de um motor automotivo.

A questão 6 indica que a maior parte dos estudantes (63,2%) associam a queima de combustíveis fósseis aos fenômenos do aquecimento global e da poluição do ar. Porém, parte considerável deles (15,8%) a associam à diminuição da emissão de gases poluentes na atmosfera, indicando uma possível confusão com

Quadro 3. Dados obtidos nas perguntas referentes aos conhecimentos prévios dos estudantes.

Perguntas	Respostas esperadas	%
1. O que é combustão?	Uma reação química que libera energia na forma de luz e calor.	86,8
2. Qual a principal diferença entre combustão completa e incompleta?	A combustão completa produz CO ₂ e H ₂ O, enquanto a incompleta produz CO e/ou fuligem.	47,4
3. Quais os principais produtos da combustão completa de um hidrocarboneto?	Água (H ₂ O) e dióxido de carbono (CO ₂).	57,9
4. Qual a importância da combustão nos motores automotivos?	Gerar energia térmica, que é convertida em trabalho mecânico.	76,3
5. Como a combustão contribui para a produção de energia em motores de automóveis?	Convertendo energia térmica em energia mecânica.	71,1
6. Qual o impacto ambiental da combustão de combustíveis fósseis?	Contribui para o aquecimento global e a poluição do ar.	63,2
7. O que são máquinas térmicas?	Dispositivos que convertem energia térmica em trabalho mecânico.	60,5
8. Como as máquinas térmicas utilizam a combustão para gerar trabalho?	Utilizando a energia da combustão para aquecer fluidos que movimentam pistões ou turbinas.	57,9
9. Qual é a principal função de um motor a combustão em um veículo?	Converter a energia química do combustível em energia mecânica para mover o veículo.	73,7

Fonte: Elaboração própria (2025).

outros processos químicos que devem ser levados em consideração no decorrer da SD.

Os resultados expressos nas questões 7 e 8 indicam um adequado entendimento dos estudantes acerca do que são as máquinas térmicas e de como elas geram trabalho.

Por fim, a questão 9 indica que os estudantes entendem qual é o papel de um motor a combustão no funcionamento de um veículo automotivo.

Dessa forma, percebe-se que os estudantes têm entendimentos adequados acerca da combustão, dos seus resíduos, dos seus impactos e da sua utilização de maneira geral e, em específico, em um motor veicular.

Os resultados também indicam que há estudantes que podem auxiliar seus pares no decorrer das aulas, uma vez que possuem conhecimentos que outros ainda não detêm. Dessa forma, a ZDI dos estudantes pode ser acionada, por meio da mediação dos colegas com mais conhecimentos prévios, de modo a se alcançar melhor desenvolvimento na temática em estudo.

4.2. Técnica SCAMPER

Nessa etapa da SD, a técnica SCAMPER, sob o formato de Atividade Investigativa, foi modelada em um questionário fechado com quatro opções de respostas possíveis para que os estudantes o realizassem em grupos. Isso se deve ao baixo nível de autonomia dos estudantes para a realização de uma investigação aberta. Dessa maneira, optou-se pela mediação do professor na atividade, que propôs as possíveis alternativas para cada situação, e dos próprios estudantes, que puderam debater suas hipóteses com os pares.

A tarefa consistia em sugerir substituições, combinações, adaptações, modificações, eliminações e reorganizações, relacionadas ao funcionamento dos motores a combustão, com base nos conhecimentos que haviam desenvolvido. O Quadro 4 sintetiza os principais resultados obtidos a partir da participação de 55 estudantes. Em seguida, faz-se a análise individualizada para as respostas dadas em cada questão formulada.

Quadro 4: Principais resultados da aplicação da técnica SCAMPER

Pergunta	Resposta mais frequente	%
Se houvesse a <i>substituição</i> da mistura de combustível e oxigênio por outra fonte de energia, como isso afetaria as etapas do motor de quatro tempos?	O ciclo de quatro tempos poderia ser simplificado ou completamente alterado, adaptando-se a um novo tipo de energia, como a elétrica, eliminando a necessidade de ignição.	61,8
Seria possível (viável) e eficiente <i>combinar</i> as etapas de compressão e explosão em um único processo?	Combinar essas etapas não seria viável, pois a compressão e a explosão requerem condições distintas e independentes para ocorrerem adequadamente.	40,0
Seria possível <i>adaptar</i> o motor de quatro tempos para funcionar em condições extremas, como temperaturas muito baixas ou altas?	Poderíamos adicionar um sistema de aquecimento ou resfriamento para regular a temperatura, mantendo o motor funcionando de maneira eficiente.	47,3
E se fosse <i>modificada</i> a ordem das etapas? Por exemplo, o que aconteceria se a explosão ocorresse antes da compressão?	Modificar a ordem causaria falha no motor, já que a compressão é essencial para preparar o combustível para a explosão.	69,1
Seria possível <i>propor o uso</i> do conceito de quatro tempos fora do contexto dos motores? Talvez, em um processo industrial ou em um sistema biológico?	O conceito pode ser adaptado para sistemas biológicos, como a digestão, na qual cada ‘tempo’ corresponde a uma fase do processo digestivo.	30,9
O que aconteceria se fosse <i>eliminada</i> uma das etapas, como a exaustão dos gases? Como isso afetaria o desempenho do motor?	Eliminar a exaustão causaria acúmulo de gases residuais, resultando em menor potência e eventual falha do motor.	63,6
Seria possível <i>rearranjar</i> o ciclo dos quatro tempos? Existiria uma maneira de melhorar a eficiência com diferente ordem?	Rearranjar o ciclo não seria possível sem comprometer a eficiência, pois a ordem atual é otimizada para a operação do motor.	56,4

Fonte: Elaboração própria (2025).

Questão 1 (substituir): percebe-se que a maior parte dos estudantes (61,8%) entenderam que a substituição da mistura combustível e oxigênio exigiria também uma alteração no próprio motor a combustão, que poderia ser realizada com simplificações na quantidade de ciclos ou mesmo com adaptações que permitissem a retirada da ignição. Essa resposta também demonstra que os estudantes entenderam que uma mera substituição da mistura de combustível exigiria, também, alterações substanciais na estrutura do próprio motor.

Questão 2 (combinar): embora a resposta mais frequente (40,0%) indique que os estudantes compreenderam que não há possibilidade de se combinar as fases de compressão e explosão no motor, as demais escolhas indicam que a maior parte dos estudantes (60,0%) não perceberam que os fenômenos em análise são diretamente opostos e que, por isso, não poderiam ser combinados em uma única fase.

Questão 3 (adaptar): os estudantes entenderam que a utilização do motor em condições extremas de temperatura exigiria a adaptação do próprio motor como um todo, seja a partir da adição de um sistema de aquecimento/arrefecimento robusto (47,3%), seja a partir da mudança de combustível (20,0%) ou mesmo a partir da alteração dos materiais dos quais o motor é produzido (9,1%). Dessa maneira, os estudantes notaram que o motor a combustão já foi pensado para operar em determinadas condições de temperatura e que uma mudança nessas condições exigiria mudanças no motor.

Questão 4 (modificar): a resposta mais frequente (69,1%) indica que os estudantes compreenderam que a ordem das etapas de compressão e explosão são essenciais para o funcionamento adequado do motor e que sua modificação poderia ocasionar falhas, perda de desempenho ou maior desgaste das peças.

Questão 5 (propor uso): apenas 18,2% dos estudantes responderam que o conceito de quatro tempos é específico dos motores e que não poderia ser utilizado em outro contexto. Porém, as demais respostas, i) utilização em sistemas biológicos (30,9%); ii) utilização na filtragem (29,1%) e; iii) utilização na agricultura (21,8%), sugerem que os estudantes entenderam a pergunta sob a forma de modelo conceitual de quatro tempos e que, por isso, seu uso poderia ser realizado em outros contextos, com as devidas adaptações, diferente dos motores.

Questão 6 (eliminar): a maior parte dos estudantes (63,6%) entendeu que todas as etapas do ciclo do motor são essenciais e que a eliminação de um ou mais deles resultaria em problemas de funcionamento.

Questão 7 (rearranjar): em sua maioria (56,4%), percebe-se que os estudantes compreenderam que a ordem das etapas do funcionamento do motor já foi pensada de maneira a maximizar seu desempenho e que um rearranjo poderia afetar negativamente seu funcionamento.

Como um todo, conceitualmente, identificou-se que os estudantes compreenderam o funcionamento básico do motor a combustão de quatro ciclos. Porém, tendo como base as respostas dadas às questões 4, 6, 7 e, em especial, à questão 2, infere-se que eles ainda possuem dificuldades em entender completamente o funcionamento de cada ciclo individualmente.

Sob outra óptica, e tendo como base a questão 5, percebe-se que os estudantes desenvolveram habilidades investigativas ligadas à criatividade, uma vez que conseguiram pensar o modelo de motor de quatro tempos em contextos completamente diversos do que lhes foi originalmente apresentado.

4.3. Análise crítica das interações dos estudantes segundo a Teoria da Mediação de Vygotsky

Durante as atividades, os estudantes interagiram em diferentes níveis, tanto entre si quanto com o professor e o material de ensino. No entanto, observou-se uma postura predominantemente passiva, com poucos alunos se envolvendo de maneira mais ativa no processo de construção do conhecimento. A Teoria da Mediação de Vygotsky nos ajuda a entender como essas interações poderiam ter sido mais significativas para o aprendizado.

Houve momentos de diálogo e trocas argumentativas entre os estudantes, mas, em grande parte, essa interação aconteceu de maneira superficial. Muitos deles esperavam respostas prontas em vez de construir coletivamente o conhecimento. Alguns poucos se engajaram mais, assumindo o papel de mediadores informais, explicando conceitos aos colegas e incentivando reflexões mais profundas. Esses estudantes atuaram dentro da Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI), por trazerem conhecimentos vivenciais de familiares próximos, o que auxiliou os demais a avançarem na compreensão dos conhecimentos. No entanto, a falta de maior participação coletiva limitou a riqueza dessa troca.

Houve tentativas de estimular o aprendizado por meio de perguntas e desafios, evitando oferecer respostas diretas. No entanto, a resposta dos estudantes, em sua maioria, foi tímida. Muitos se limitaram a ouvir e anotar, sem se arriscar a construir hipóteses ou questionar ativamente o conteúdo apresentado. Isso sugere que, para parte da turma, a figura do professor ainda é vista mais como um transmissor de conhecimento do que como um mediador que favorece a aprendizagem.

Os materiais utilizados, como vídeos, experimentos e a técnica SCAMPER, foram pensados para despertar a curiosidade e estimular a participação ativa. Ainda assim, a maioria dos estudantes

apenas observou e seguiu as orientações sem explorar as ferramentas de maneira mais incisiva, salvo a técnica SCAMPER. Apesar do potencial dos recursos, ficou evidente a necessidade de estratégias complementares para incentivar maior protagonismo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, como, por exemplo, experimentos simples realizados com materiais de fácil acesso.

Embora as interações tenham seguido os princípios da TMV, o envolvimento restrito da maioria limitou a aprendizagem colaborativa e investigativa. O cenário observado indica que, para fortalecer esse processo, seria necessário estimular a autonomia e a confiança dos estudantes, criando um ambiente mais propício ao questionamento e à construção ativa do conhecimento.

4.4. Avaliação final (global) da Sequência Didática (SD)

A proposta avaliativa prevista na SD foi concentrada na formulação plena dos conceitos, que seria obtida por meio da participação dos estudantes nas discussões, na apresentação em grupo e na organização de uma linha do tempo em que eles pudessem situar a evolução tecnológica dos motores e a qualidade associada a criatividade das apresentações. Embora essa tenha sido a ideia final, os estudantes não demonstraram engajamento na conclusão dos trabalhos.

No entanto, ao se verificar a adaptação feita na aplicação da técnica SCAMPER com perguntas previamente elaboradas e disponibilizadas via formulário, foi possível perceber que o objetivo da formulação adequada dos conceitos/princípios foi atingido. A análise das respostas indica que a abordagem teve importância significativa na avaliação da compreensão dos conhecimentos. Os estudantes, mesmo não demonstrando habilidades para elaborar explicações e definições científicas, conseguiram, por outros meios, aplicar os conhecimentos dedutivos.

A participação nas discussões foi observada durante as respostas dadas no formulário, pois eles poderiam consultar uns aos outros e sugerirem as alternativas mais prováveis, portanto, isso demonstra que houve a valorização da interação e da capacidade de argumentar. A participação nessa etapa foi, em certa medida, satisfatória e realizada em pequenos grupos de debates que permitiram o desenvolvimento do pensamento crítico acerca do uso da combustão nos motores automotivos.

Houve prejuízo no que se refere à não apresentação pelos grupos, inicialmente prevista como uma das atividades da SD. Isso sugere que o perfil dos estudantes que dela participaram considera esse tipo de avaliação demasiadamente exigente, supondo não se sentindo confortável ou hábil para comunicar ideias oralmente. Nesse caso, a habilidade de apresentação oral, que permite aos estudantes demonstrarem suas compreensões por meio da relação entre pensamento e linguagem, como previsto na TMV, foi prejudicada.

Posto isso, as propostas avaliativas da SD não foram plenamente implementadas com êxito. No entanto, de maneira subjetiva, evidenciou-se que a organização dos conhecimentos pelos estudantes revelou-se promissora. Isso, devido a observância das sequências lógicas relacionadas aos eventos, aos conceitos e aos processos, demonstradas por eles nas respostas às questões sugeridas.

Da mesma maneira, a avaliação complementar da aprendizagem, que deveria ter sido medida por meio do projeto final – no qual os estudantes, em grupo, apresentariam seminários ou proporia姆 a construção de protótipos de motores – também não foi abraçada por eles. No entanto, apesar da negativa, os objetos de conhecimento científicos tratados à luz da temática da combustão nos motores foram objetivamente apropriados, tendo em vista os resultados obtidos a partir da aplicação da técnica SCAMPER sob a forma de atividade investigativa.

A técnica SCAMPER, como metodologia investigativa, permitiu atingir os mesmos objetivos das avaliações não realizadas, tais como a verificação da organização lógica do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades analíticas pelos estudantes. Adicionalmente, ressalta-se que a técnica atua como mediadora no processo de construção do conhecimento, pois a abordagem promove a reestruturação e o aprimoramento dos saberes, além de integrar a teoria com a prática, e resgata a interação dos estudantes.

5. Considerações finais

A aplicação da SD com uso da técnica SCAMPER teve o objetivo de avaliar as concepções dos estudantes acerca da combustão e do seu uso no funcionamento dos motores, considerando a possibilidade de verificação da construção do conhecimento por meio não convencional, valorizando, sobretudo, a contextualização em substituição aos processos avaliativos tradicionais de assimilação mecânica de informações.

No que se refere aos assuntos abordados na SD, é importante mencionar que foram trabalhados indiretamente, isto é, não se exigiu dos estudantes a memorização de expressões matemáticas ou mesmo de equações químicas. Essa proposta foi baseada no ensino por investigação, cujo objetivo foi analisar os conhecimentos contextualizados acerca das aplicações do conhecimento científico, tendo por objeto os fenômenos físicos e químicos que ocorrem nos motores a combustão. A proposta, em certa medida, demonstrou ser promissora para aulas de caráter investigativo e interdisciplinar em ciências naturais que fazem parte do Ensino Médio.

As aulas nas quais a SD foi aplicada permitiram aos estudantes a construção do conhecimento de maneira diferenciada, pois puderam identificar seus saberes prévios em ciências e aqueles produzidos a partir da interrelação pensamento e linguagem.

Os estudantes desenvolveram habilidades de relacionar o que eles já sabiam com um novo conhecimento que pode ser entendido como mais elaborado. Essa estratégia permitiu com que os estudantes se tornassem, de fato, o centro do processo de ensino-aprendizagem na busca de associar os conceitos abordados.

A análise dos dados quantificados nas respostas dos estudantes demonstrou que, ao final do processo, houve desenvolvimento significativo, uma vez que é perceptível que a maior parte dos investigados conseguiu relacionar conceitos com fenômenos observados. Isso ficou evidenciando não necessariamente pelos conhecimentos prévios, que foram também significativos, mas pelos vídeos utilizados, que foram bons auxílios para que eles aplicassem a técnica SCAMPER.

Embora nem sempre essa metodologia seja trabalhada em sala de aula, é importante destacar que os aspectos que conectam o aprendizado com o uso desses fenômenos permeiam a sociedade. Assim, utilizá-los em contextos de ensino-aprendizagem que valorizam e privilegiam a inovação de métodos ativos confere processos de mediação pedagógica maior e significado mais qualificado.

Nesse contexto, destaca-se a importância de propostas investigativas e com componentes interdisciplinares, que se tornam ainda mais ricas quando aliadas a metodologias criativas como se evidenciou a técnica SCAMPER. Essa abordagem incentiva professores e estudantes a repensarem, substituírem, combinarem e adaptarem ideias, promovendo inovações no ensino de ciências e no desenvolvimento de habilidades, que geram compreensões mais amplas e práticas da ciência. Assim, o uso de estratégias investigativas frequentes e criativas colabora com o processo de aprendizagem.

Dessa maneira, o fortalecimento do vínculo que deve existir entre a teoria e a prática é essencial

para avaliar os novos trabalhos que venham a fomentar a reflexão mais profunda acerca do tema. A proposta, em suma, ajuda a avaliar a inserção de atividades no ensino investigativo, com adoção de ferramentas inovadoras como a SCAMPER, para a compreensão do fenômeno da combustão e que, se bem utilizada, pode ser de grande utilidade em processos de ensino-aprendizagem. Por fim, investigações complementares que ampliem o escopo, a temática e as abordagens aqui prescritas poderão ser de grande utilidade para a validação ou mesmo para a qualificação do empreendimento.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referencias

- ALMEIDA, A. S. & SANTOS, A. F. (2018). Novas perspectivas metodológicas para o ensino de Química: prática e teoria contextualizada com o cotidiano. *Diversitas Journal*, 3(1), 144-156. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v3i1.591>
- BRUNETTI, F. (2018). *Motores de combustão interna*. Editora Blucher.
- CARVALHO, D. N., FIGUEIRA, F. L., LEZANA, A. G. R. & SOUZA, J. A. (2018). Revisão estruturada de literatura: Scamper método de geração de ideias. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 21(3), 6-29. https://doi.org/10.25061/2527-2675_ReBraM/2018.v21i3.561
- CHANG, R; GOLDSBY, K. A. (2013). *Química*. AMGH.
- COSTA, R. S., QUADRA, G. R. & SOUZA, H. O. (2022). Química, Ecotoxicologia e escola: propostas interdisciplinares. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 17(1), 22-32. <https://doi.org/10.5132/eec.2022.01.02>

- DEVA, D. (2022). Combustion and Emission Study of Ethanol Blended Fuels in IC Engines. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 10(4), 1050. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.41441>
- FERREIRA, M., SILVA FILHO, O. L., BATISTA, M. C. & COUTO, R. V. L. (2023b). Dossiê Pesquisa Translacional e Produtos Educacionais no Ensino de Física. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino (REPPE)*, 7, 1-26.
- FERREIRA, M., SILVA FILHO, O. L., NASCIMENTO, A. B. S. & STRAPASSON, A. B. (2023a). Time and cognitive development: from Vygotsky's thinking to different notions of disability in the school environment. *Humanities & Social Sciences Communications*, 10, 768-1-9. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02284-8>
- FERREIRA, M., SILVA FILHO, O. L., PORTUGAL, K. O., BOTTECHIA, J. A. A., LIMA, M. B., COSTA, M. R. M., FERREIRA, D. M. G. & OLIVER, N. A. D. (2022b). Formação continuada de professores de Ciências em caráter investigativo, interdisciplinar e com mediação por tecnologias digitais. *Revista Brasileira da Pós-Graduação*, 18, 1-39. <https://doi.org/10.21713/rbpg.v18i39.1971>
- FERREIRA, M., SILVA FILHO, O. L., STRAPASSON, A., PORTUGAL, K. O. & MACIEL, A. C. (2021). Simuladores digitais no contexto epistemológico de Gagné e Vygotsky: uma proposta de intervenção didática sobre eletricidade e circuitos elétricos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33, 75-88. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n3.35993>
- FERREIRA, M., SILVA, A. L. S., SILVA FILHO, O. L. & PORTUGAL, K. O. (2022a). Atividade Experimental Problematizada (AEP): asserções praxiológicas e pedagógicas ao ensino experimental das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27, 308-322. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p308>
- FERREIRA, M., SILVA, A. L. S., PORTUGAL, K. O., POLITO, A. M. M., SILVA FILHO, O. L., BATISTA, M. C., MACIEL, F. G., COUTO, R. V. L. & SANTOS, O. C. (2023c). Da concepção de investigação à adoção de um problema na Educação em Ciências: aspectos metodológicos. *Vitruvian Cogitationes*, 4, 10-22. <https://doi.org/10.4025/rvc.v4i3.70784>
- FONSECA, C. V. (2015). Representações sociais dos combustíveis: reflexões para o ensino de química e ciências na abordagem CTS. *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 4(2). <https://doi.org/10.35819/tear.v4.n2.a1918>
- KOHSE-HÖINGHAUS, K. (2021). Combustion in the future: The importance of chemistry. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38(1), 1-56. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.06.375>
- LIMA, J. O. G. (2012). Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. *Revista Espaço Acadêmico*, 12(136), 95-101.
- MAHLE. (2019-2020). *Curso Mahle Metal Leve: Motores de Combustão Interna*. Mogi Guaçu: Aftermarket. Disponível em: <https://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/catalogs/brasil/pdf-catalogos/2019-manual-tecnico-curso-de-motores-web.pdf>.
- MALAQUIAS, A. C. T., NETTO, N. A. D., FILHO, F. A. R., COSTAS, R. B. R., LANGEANI, M. & BAÊTA, J. G. C. (2019). The misleading total replacement of internal combustion engines by electric motors and a study of the Brazilian ethanol importance for the sustainable future of mobility: a review. *Journal of The Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41, 567. <https://doi.org/10.1007/s40430-019-2076-1>
- MANOEL, S. C. (2015). Atividades investigativas em ciências e suas contribuições para uma aprendizagem significativa. [Monografia de Especialização]. Universidade Federal de Minas Gerais.
- MARTINS, O. B. & MOSER, A. (2012). Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. *Revista Intersaberés*, 7(13), 8-28. <https://doi.org/10.22169/revint.v7i13.245>
- MOREIRA, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. EPU.
- NAIKOO, A. A., THAKUR, S. S., GUROO, T. A. & LONE, A. A. (2018). Development of society under the modern technology-a review. *Scholedge International Journal of Business Policy &*

- Governance, 5(1), 1-8. <https://dx.doi.org/10.19085/journal.sijbpg050101>
- PERSICH, G. D. O., DREHMER-MARQUES, K. C. & TOLENTINO-NETO, L. C. B. (2022). A voz de estudantes do ensino médio sobre ensino por investigação, contextualização e interdisciplinaridade. *Cadernos de Pesquisa*, 29(3), 319-340. <https://doi.org/10.18764/2178-2229v29n3.2022.52>
- COSTA, J. M., PINHEIRO, N. A. M. (2013). O ensino por meio de temas-geradores: a educação pensada de forma contextualizada, problematizada e interdisciplinar. *Imagens da Educação*, 3(2), 37-44. <https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v3i2.20265>
- RAMOS, A. (2009). *Metodologia da pesquisa científica: como uma monografia pode abrir o horizonte do conhecimento*. Atlas.
- SANTOS, N. P., BROIETTI, F. C. D. & CORRÊA, N. N. G. (2021). A Autoavaliação como processo de metacognição na aprendizagem de Química. *Debates em Ensino de Química*, 7(3), 196-213. <https://doi.org/10.53003/redequim.v7i3.3347>
- SILVA, C. S. & BEDIN, E. (2023). A contextualização no Ensino de Química por Meio de Séries Televisivas. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 24(1), 2-13. <https://doi.org/10.17921/2447-8733.2023v24n1p02-13>
- SILVA, M. A. E. & PITOMBO, L. R. M. (2006). Como os alunos entendem queima e combustão: contribuições a partir das representações sociais. *Química Nova na Escola*, (23), 23-26.
- UMURZAKOVA, A. (2023). Effectiveness of Scamper Technique in Education. *American Journal of Social and Humanitarian Research*, 4(3), 14-17. <https://doi.org/10.31150/ajshr.v4i3.2024>
- VYGOTSKY, L. S. (1998). *A formação social da mente*. Martins Fontes.
- VYGOTSKY, L. S. (1993). *Pensamento e linguagem*. Martins Fontes.

