



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ÁLEX DE CARVALHO FERREIRA

**ELEMENTOS SEMIÓTICOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA
DINÂMICA DISCURSIVA PARA A APRENDIZAGEM DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Londrina
2025

ÁLEX DE CARVALHO FERREIRA

**ELEMENTOS SEMIÓTICOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA
DINÂMICA DISCURSIVA PARA A APRENDIZAGEM DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Laburú

Londrina
2025

Ferreira, Álex de Carvalho .

Elementos semióticos e suas influências na dinâmica discursiva para a aprendizagem de circuitos elétricos / Álex de Carvalho Ferreira. - Londrina, 2025.

164 f. : il.

Orientador: Carlos Eduardo Laburú .

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Elementos semióticos - Tese. 2. Discurso - Tese. 3. Semiologia - Tese. 4. Circuitos elétricos - Tese. I. Laburú , Carlos Eduardo . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 53

ÁLEX DE CARVALHO FERREIRA

**ELEMENTOS SEMIÓTICOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA DINÂMICA
DISCURSIVA PARA A APRENDIZAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Ricardo Vignoto Fernandes
Instituto Federal do Paraná – IFPR

Prof. Dra. Renata Aparecida de Faria
Secretaria Estadual de Educação do Paraná
– SEED

Prof. Dr. Osmar Henrique Moura da Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dra. Elaine Ramos da Silva
Universidade Federal da Grande Dourados –
UFGD

Londrina, ____ de ____ de ____.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de exprimir minha profunda gratidão a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram e estiveram ao meu lado ao longo da intensa caminhada do doutorado.

A Deus, por sua presença constante, por me conceder saúde, equilíbrio e forças nos momentos difíceis. Por ser meu apoio incondicional e por colocar pessoas incríveis em meu caminho. Obrigado por tudo e por tanto!

Ao Professor Doutor Carlos Eduardo Laburú, meu orientador, pelos ensinamentos, pelo apoio que nunca faltou, pelo incentivo ao longo de toda a jornada. Sua dedicação, prontidão e incentivo foram pilares essenciais para que eu pudesse alcançar esta conquista. Agradeço também pelo exemplo inspirador como pesquisador e profissional, bem como pela relevância de suas contribuições acadêmicas. É realmente um privilégio e uma honra ter sido orientado por você!

Aos Professores Doutores Renata Aparecida de Faria, Ricardo Vignoto Fernandes, Osmar Henrique Moura da Silva e Elaine da Silva Ramos por terem aceitado integrar a banca examinadora da minha tese, por suas sugestões, observações construtivas e pelas contribuições enriquecedoras ao meu trabalho. Certa vez ouvi que o maior presente que alguém pode oferecer a outra é o seu tempo, por isso, obrigado também pelo tempo dedicado por vocês.

À minha família, em especial à minha mãe Maria das Graças e às minhas irmãs Ingrid e Monike pelo apoio constante e amor incondicional. Às minhas tias Eliane, Liliane, Anelita e Lúcia agradeço pelo carinho, pelas palavras de encorajamento e por estarem sempre presentes nos momentos mais desafiadores. Obrigado por todo o incentivo e por todas as orações.

Aos meus amigos Salvador, Ana Luiza, Gisele, Paulo e Thais agradeço por estarem sempre ao meu lado. Obrigado pela amizade e por tornarem tudo mais leve.

Aos colegas do grupo de pesquisa, pela troca de conhecimentos acadêmicos, por todas as contribuições e pela torcida. Obrigado por compartilharem comigo esse momento. Agradeço de forma especial à Adrielly, que acompanhou esta tese do início ao fim. Obrigado pelas contribuições valiosas, por dividir comigo as angústias

e os medos, pelas longas conversas no Meet, pelas colaborações acadêmicas e por tantas vezes ouvir meus desabafos e me apoiar.

Ao pessoal da secretaria da Pós-Graduação pelas excelentes informações e orientações, sempre rápidas e precisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior elo apreciado e bem utilizado apoio financeiro.

FERREIRA, Álex de Carvalho. **Elementos semióticos e suas influências na dinâmica discursiva para a aprendizagem de circuitos elétricos**. 2025. 164p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

RESUMO

A comunicação entre professor e estudantes ocorre por meio de elementos semióticos para expressar e estruturar o conhecimento científico em sala de aula. O discurso, enquanto ferramenta central desse processo, evidencia na dinâmica discursiva os significados construídos e mediados na interação dialógica entre emissor e receptor. Nesse âmbito, esta tese insere-se na linha de pesquisa dedicada à transposição didática da teoria das mensagens e sinais do semiólogo Luis Jorge Prieto para a educação científica. Sob essa perspectiva, o trabalho teve como objetivo identificar e classificar os elementos da semiótica comunicativa relacionados às categorias do ato sêmico, sinais e indicações circunstanciais durante a construção dos conceitos de circuitos elétricos. O estudo corresponde a uma investigação qualitativa de caráter descritivo e interpretativo, desenvolvida com 12 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de um colégio estadual localizado na cidade de Londrina, no norte do estado do Paraná. A metodologia de ensino adotada para a realização da pesquisa baseou-se nos Três Momentos Pedagógicos - problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento -, organizados em episódios de ensino relacionados aos conceitos científicos e aos procedimentos realizados em sala de aula, nos quais a multimodalidade representacional foi integrada. Os dados foram obtidos por meio da transcrição do discurso que ocorreu durante os momentos de ensino. A análise foi realizada de forma descritiva e interpretativa. Os resultados obtidos evidenciam que os sinais e as indicações circunstanciais, associados aos atos sêmicos de informação, interrogação e ordem, atuam como catalisadores do processo dialógico e da construção de significados. Constatamos ainda que os elementos semióticos estruturam a dinâmica discursiva, orientando-a para uma abordagem reflexiva na qual os estudantes se tornam protagonistas na construção do conhecimento. A tese contribuiu com a análise da dinâmica discursiva ao fornecer ao docente informações sobre a influência dos elementos semióticos emitidos durante encaminhamentos dialógicos em situações de ensino e aprendizagem de Física.

Palavras-chave: Elementos semióticos. Discurso. Semiologia. Multimodalidade representacional. Ensino e aprendizagem de Física. Circuitos elétricos.

FERREIRA, Álex de Carvalho. **Semiotic elements and their influences on discursive dynamics for learning electrical circuits**. 2025. 164p. Thesis (Doctorate in Science Teaching and Mathematics Education) – State University of Londrina, Londrina, 2025.

ABSTRACT

Communication between teacher and students occurs through semiotic elements to express and structure scientific knowledge in the classroom. Discourse, as a central tool of this process, evidences in the discursive dynamics the meanings constructed and mediated in the dialogical interaction between sender and receiver. In this context, this thesis is part of the line of research dedicated to the didactic transposition of the theory of messages and signs of the semiologist Luis Jorge Prieto for scientific education. From this perspective, the work aimed to identify and classify the elements of communicative semiotics related to the categories of the semic act, signals and circumstantial indications during the construction of the concepts of electrical circuits. The study corresponds to a qualitative investigation of a descriptive and interpretative nature, developed with 12 third-year high school students from a state school located in the city of Londrina, in the north of the state of Paraná. The teaching methodology adopted for the research was based on the Three Pedagogical Moments - initial problematization, organization of knowledge and application of knowledge -, organized into teaching episodes related to scientific concepts and procedures performed in the classroom, in which representational multimodality was integrated. Data were obtained through the transcription of the speech that occurred during the teaching moments. The analysis was performed in a descriptive and interpretative manner. The results obtained show that the signs and circumstantial indications, associated with the semic acts of information, interrogation and order, act as catalysts of the dialogic process and the construction of meanings. We also found that the semiotic elements structure the discursive dynamics, guiding it towards a reflective approach in which students become protagonists in the construction of knowledge. The thesis contributed to the analysis of the discursive dynamics by providing the teacher with information on the influence of the semiotic elements emitted during dialogical referrals in situations of teaching and learning Physics.

Key words: Semiotic elements. Discourse. Semiotics. Representational multimodality. Teaching and learning Physics. Electric circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Elementos semióticos.....	37
Figura 2 –Representação visual da simulação – kit para montar um circuito	65
Figura 3 –Conexão entre os eixos teóricos	72
Figura 4 –Representação 3D – Circuitos em série e paralelo	85
Figura 5 –Representação esquemática de circuitos em série e paralelo	88
Figura 6 –Esquema de análise dos elementos semióticos.....	93
Figura 7 –Movimento de elétrons em um fio condutor: a) sem corrente elétrica; b) com corrente elétrica.....	102
Figura 8 – Tela do simulador da Primeira Lei de Ohm.....	107
Figura 9 – Circuito em série montado pelo estudante E07.....	118
Figura 10 –Circuitos montados pelos estudantes: a) E03; b) E09.....	123
Figura 11 –Circuitos configurados corretamente pelos estudantes: a) E03; b) E09.....	128
Figura 12 –Representação das ligações internas no Protoboard.....	163

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição dos conteúdos	78
Quadro 2 – Síntese da estratégia de ensino utilizada	90
Quadro 3 – Síntese dos elementos semióticos na dinâmica discursiva.....	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos
CCI	Concordância de Coparticipação Institucional
DDP	Diferença de Potencial
LED	Light Emitir Diode
PhET	Physics Education Technology
PP	Prova Paraná
PSS	Processo Seletivo Simplificado
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UEL	Universidade Estadual de Londrina
3D	Três Dimensões
3 MPs	Três Momentos Pedagógicos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 SEMIOLOGIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	19
1.1 UMA INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DOS SIGNOS	19
1.2 SIGNO, SIGNIFICANTE E SIGNIFICADO: PERSPECTIVAS DE SAUSSURE E PEIRCE....	22
1.3 MENSAGENS E SINAIS.....	27
1.4 INDICAÇÃO CIRCUNSTANCIAL	32
2 DISCURSO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	38
2.1 LINGUAGEM E DISCURSO NO PENSAMENTO BAKHTINIANO	38
2.2 DISCURSO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	43
2.3 DISCURSO DIALÓGICO E DE AUTORIDADE NA ABORDAGEM COMUNICATIVA.....	47
3 MULTIMODALIDADE REPRESENTACIONAL	52
3.1 MULTIMODALIDADE E PENSAMENTO CIENTÍFICO	53
3.2 MODO REPRESENTACIONAL ORAL E GESTUAL EM DINÂMICAS DISCURSIVAS	56
3.3 REPRESENTAÇÃO IMAGÉTICA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	62
4 DINÂMICA ENTRE OS EIXOS TEÓRICOS E A PROBLEMÁTICA DA PESQUISA.....	68
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	74
5.1 NATUREZA DA PESQUISA	74
5.2 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA.....	75
5.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA METODOLOGIA DE ENSINO.....	77
5.3.1 Conteúdos conceituais	77
5.3.2 Conteúdos procedimentais	81
5.3.3 Abordagem dos Três Momentos Pedagógicos.....	83
5.4 ESTRATÉGIA DE ENSINO	85
5.5 PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	91

5.5.1	Transcrição das Dinâmicas Discursivas e Instrumento de análise	91
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	94
6.1	EPISÓDIO DE ENSINO: DIFERENÇA DE POTENCIAL	94
6.2	EPISÓDIO DE ENSINO: CORRENTE ELÉTRICA	100
6.3	EPISÓDIO DE ENSINO: RESISTÊNCIA ELÉTRICA	106
6.4	EPISÓDIO DE ENSINO: POTÊNCIA ELÉTRICA.....	111
6.5	EPISÓDIO DE ENSINO: CIRCUITO EM SÉRIE	117
6.6	EPISÓDIO DE ENSINO: CIRCUITO PARALELO	122
6.7	EPISÓDIO DE ENSINO: IMPORTÂNCIA DA POLARIZAÇÃO DE DIODOS	128
6.8	SÍNTESE DOS RESULTADOS	131
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
	REFERÊNCIAS.....	141
	APÊNDICES	152
	APÊNDICE A - Declaração de Concordância de Coparticipação Institucional	153
	APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	154
	APÊNDICE C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	157
	APÊNDICE D - Atividade avaliativa individual.....	160
	APÊNDICE E - Roteiro experimental	163

INTRODUÇÃO

As ocorrências educativas em sala de aula são mediadas por formas discursivas. Quando essas formas se manifestam por meio de interações dialógicas, pesquisas em educação científica indicam que elas se tornam mecanismos pedagógicos valiosos para construir, aperfeiçoar e aprofundar os significados dos conceitos científicos para os estudantes (Mortimer; Scott, 2002; Scott; Mortimer; Aguiar, 2006; Quadros; Mortimer, 2018). Além disso, é oportuno destacar que o ensino do conhecimento científico está intrinsecamente ligado a uma linguagem específica, que utiliza diversas representações semióticas¹ e modalidades discursivas para comunicá-las. Nesse sentido, compreender como o conhecimento dos aprendizes é construído em sala de aula envolve, sobretudo, atribuir significados às suas representações em relação ao que estão aprendendo.

No contexto do Ensino Médio, a abordagem dos conceitos científicos relacionados ao ensino de Física, é caracterizado, frequentemente, por um modelo de transmissão-recepção, em que os professores expõem o conteúdo, por intermédio da escrita na lousa, enquanto os aprendizes ouvem e copiam, de forma passiva (Rodrigues; Bazzo, 2011; Teixeira, 2019; Bianchessi, 2023; Andrade; Paz, 2024). Essa prática de ensino, predominantemente unidirecional, segundo Ferreira e Almeida (2018), priva os aprendizes da oportunidade de participar do processo de aprendizagem e construir significados a partir de suas próprias experiências e conhecimentos. Em outras palavras, restringe a interação dialógica que, conforme Mortimer e Scott (2002), é essencial para o desenvolvimento do entendimento científico.

Uma vez que as diferentes formas de interação entre educador e aprendiz influenciam no ensino de conteúdos científicos, a clareza e interpretação da mensagem emitida pelo professor tornam-se centrais. Como aponta Eco (1976), os estudos da semiótica enquanto estudo dos signos e dos processos de significação contribuem significativamente para entender os processos de significação e comunicação. De igual modo, proporcionam maior sucesso na correspondência

¹ Representações semióticas referem-se aos diferentes sistemas de signos e símbolos usados para expressar e comunicar significados, como palavras faladas, imagens, equações, gráficos, gestos, entre outros.

entre a mensagem que se deseja transmitir pelo professor e aquilo que é efetivamente recebido pelo receptor-aluno. Peirce (2017), do mesmo modo, ressalta que os signos e os símbolos usados na comunicação transmitem um papel determinante na interpretação pelo receptor. Além das formas de interação, a semiótica oferece ferramentas conceituais para analisar os processos de construção de significados no discurso educativo. Essa dinâmica se manifesta, como veremos à frente, de forma clara, nos atos sêmicos, que estruturam a troca de significados no processo educativo.

Sob essa ótica, alguns professores possuem o hábito e a determinação de instigar os estudantes a refletir e articular suas ideias por meio de questionamentos provocativos que fomentam a participação ativa e o diálogo entre educador e estudantes e entre estes. Em outras ocasiões, o docente lidera as discussões com toda a classe, mediante informação direta, oferecendo definições conceituais e comentários diretos, ou solicitando atividades e ações a serem cumpridas, que facilitariam a compreensão dos conceitos. Em outros contextos, ele também dá indícios contextuais que complementam a mensagem transmitida e orienta o pensamento dos estudantes para o entendimento do tema.

Essa diversidade de ações e interações dialógicas demonstra, entre outros, um ensino que procura transcender a mera transmissão de informações, e, em contrapartida, estimula a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento ensinado de modo a cultivar uma aprendizagem com significado.

Entender a dinâmica do discurso entre professores e estudantes no ensino de ciências tem uma relevância significativa para a educação científica. Como afirmam Mortimer e Scott (2002), as interações dialógicas não se limitam a simples transmissão ou troca de informações, mas funcionam como uma ferramenta essencial para a construção dos conhecimentos. Apesar dos esforços dos pesquisadores para estudar essas interações em sala de aula, ainda se sabe pouco sobre como determinados elementos semióticos da comunicação estruturam e apoiam o processo pelo qual os estudantes constroem significados nas aulas de ciências.

Tendo isso em mente, este estudo, na medida em que considera a relevância dos elementos da semiótica para a aprendizagem do conhecimento científico pelos

aprendizes, utiliza como referencial a teoria da comunicação de Luís Jorge Prieto (1973). Sob essa perspectiva teórica, elementos semióticos foram selecionados e transladados para o campo da didática (Godoy, 2016), com a intenção de promover uma mediação eficaz, buscando a compreensão de como os conteúdos científicos são apropriados pelos estudantes.

Entre os principais elementos que esta pesquisa apresenta, destacam-se o signo do tipo sinal - que transmite a mensagem de forma explícita, declarada e que compõe o eixo central do discurso - e as categorias sociais dos atos sêmicos, que se referem a ações comunicativas intencionais: informação, ordem e interrogação de Prieto (1973). Adotar-se-á, também, o elemento semiótico de indicação circunstancial, inspirado nesse mesmo autor de “indicação circunstancial” (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021), que é um tipo de signo colateral que nem sempre está explícito no discurso do professor, mas que pode subsidiar as mensagens que são transmitidas por meio de sinais. De modo geral, o trabalho se insere na linha de pesquisa voltada para a transposição desses elementos da semiótica comunicativa para a educação científica.

A fim de contribuir para um ensino que estimule a interação dialógica, a mediação semiótica e a participação dos estudantes na construção de significados dos conceitos científicos, adotamos os Três Momentos Pedagógicos (3MPs) como abordagem de ensino, conforme proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Essa escolha se justifica por sua estrutura metodológica e flexibilidade, que conduzem o processo de ensino em três momentos interdependentes: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Utilizar os 3MPs sob a luz dos elementos semióticos oferece um percurso didático dinâmico, favorece a mediação discursiva e a integração de conteúdos conceituais e procedimentais (Pozo; Gómez Crespo, 2009) e possibilita o uso diversificado de recursos didáticos, ampliando as possibilidades de representação dos conceitos, sua ressignificação e a multimodalidade representacional no ensino de Física.

Dentro desse cenário, o campo de estudos da multimodalidade representacional se alinha com as necessidades desta investigação, pois a utilização de diversos modos discursivos e representações variadas podem promover a compreensão dos conceitos científicos (Waldrip; Prain; Carolan, 2006;

Tytler; Prain; Peterson, 2007; Laburú; Silva, 2011). Ressalta-se a importância de entender como os significados são gerados a partir das diversas representações científicas, assim como, definir estratégias para interpretá-las.

Embora a multimodalidade representacional tenha sido explorada na educação científica para entender como diferentes modos e representações contribuem para a aprendizagem, e apesar de existirem poucos estudos que exploram os signos do tipo sinais e indicações circunstanciais no ensino de ciências, como, por exemplo, Godoy, (2016), Laburú; Silva; Camargo Filho (2021) ou de Gregório, (2021), não se encontram estudos que analisam como a dinâmica discursiva em sala de aula é estruturada por esses elementos e a função que eles desempenham para a aprendizagem.

Com essa última preocupação e ante a sua relevância para a educação científica, bem como da necessidade constante de aperfeiçoar e buscar novas implicações pedagógicas, em relação aos aspectos levantados, esta pesquisa buscou entender como os elementos semióticos comunicativos influenciam o desempenho e a experiência de aprendizagem em sala de aula.

Mais especificamente, o problema que anima esta investigação se resume a: “De que maneira os elementos da semiótica comunicativa de Prieto estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem em sala de aula?”. Tendo tal problemática em foco, o objetivo do estudo se concentra em identificar e classificar os elementos da semiótica comunicativa relacionados às categorias do ato sêmico, sinais e indicações circunstanciais durante a construção dos conceitos associados à temática de circuitos elétricos. Mediante essa classificação, a pesquisa tem como objetivos específicos, explicitar o papel dos elementos semióticos na interação dialógica; examinar como esses elementos influenciam a aprendizagem, classificando-a em compreensão, não compreensão e má compreensão e identificar, nas análises do discurso, os modos e formas representacionais desses elementos.

Com vistas a responder à questão de pesquisa, a tese está estruturada em seis capítulos. Nos primeiros quatro capítulos são apresentadas as teorias que delineiam o trabalho: no capítulo 1, discutimos os fundamentos da semiologia para o ensino de ciências, introduzindo conceitos teóricos relevantes, baseando-nos nas Diretrizes de Saussure e nos elementos semióticos da teoria da comunicação de

Prieto (1973). Descrevemos a natureza das indicações circunstanciais, diferenciando-as dos sinais explícitos e exploramos sua pertinência na interpretação e no contexto comunicativo; no capítulo 2, exploramos a Análise do Discurso na educação científica, destacamos o potencial da linguagem no pensamento Bakhtiniano e enfatizamos a interação entre linguagem e pensamento no discurso científico e a influência dos gêneros discursivos propostos por Mortimer e Scott (2002) na construção do conhecimento; no capítulo 3, abordamos a multimodalidade representacional, parte integrante da semiologia. Discutimos diferentes modos e representações na educação científica e enfatizamos o modo oral e gestual em dinâmicas discursivas e as potencialidades da representação imagética e visual interativa; no capítulo 4, realizamos a articulação dos eixos teóricos apresentados nos três primeiros capítulos.

O percurso metodológico empregado para atingir o objetivo do estudo encontra-se pormenorizado no capítulo 5. Nele, inicialmente, apresentamos a natureza da pesquisa e os instrumentos de coleta de dados. Em seguida, contextualizamos o ambiente da pesquisa e caracterizamos os participantes. Depois, discutimos os fundamentos teóricos da metodologia de ensino, incluindo os conteúdos conceituais, procedimentais e a abordagem dos 3MPs. Após isso, detalhamos a estratégia de ensino aplicada e explicamos os procedimentos de produção e análise dos dados. Por fim, abordamos a transcrição das dinâmicas discursivas e o instrumento de análise utilizado.

No capítulo 6, discutimos e analisamos os dados, identificando e classificando os elementos semióticos presentes na dinâmica discursiva. Destacamos a diversidade e o papel desses elementos no processo de aprendizagem dos conceitos de modo a responder à problemática.

Nas considerações finais, realizamos ponderações gerais a respeito dos resultados obtidos e apresentamos nossas conclusões. Por fim, de modo suplementar, indicamos as contribuições da pesquisa para o ensino e aprendizagem de ciências, as limitações e sugestões para futuras pesquisas.

1 SEMIOLOGIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Como antecipamos na seção introdutória, ao fundamentarmos este trabalho na semiologia, integramos conceitos oriundos de diferentes vertentes teóricas, interpretados e reformulados por diversos semiólogos. Em vista disso, o enfoque pedagógico desta pesquisa nos permite uma abordagem interpretativa mais flexível em relação ao rigor teórico tradicional dos conceitos semiológicos. Essa flexibilização se justifica pela necessidade de adaptar a pesquisa a determinados elementos teóricos dos estudos semiológicos, notadamente, aqueles que se encontram fundamentados nos trabalhos de Prieto (1973) e Laburú, Silva e Camargo Filho (2021), viabilizando sua transposição e aplicação para a educação científica.

1.1 UMA INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DOS SIGNOS

A semiologia e a semiótica são ciências que estudam os signos e os sistemas de significação que emergiu como disciplina científica no final do século XIX e início do século XX (Volli, 2012). Seus primeiros fundamentos foram estabelecidos pelos trabalhos de Ferdinand de Saussure, um linguista suíço, cujo curso *Linguística Geral*², publicado postumamente, estabeleceu os fundamentos da teoria dos signos na linguagem. Simultaneamente, o filósofo americano Charles Sanders Peirce desenvolveu uma abordagem semiótica independente, centrada na lógica dos signos e na interpretação.

Ambos os termos semiótica e semiologia têm sua origem no grego *semeion*, que significa signo (Fidalgo; Gradim, 2005; Santaella, 2018). Na visão de Fidalgo (1998), a diferença fundamental entre essas terminologias reside nas abordagens teóricas de Saussure e Peirce. O termo semiologia é, geralmente, associado aos estudos baseados na teoria de Saussure, enquanto semiótica é usada para se referir aos conceitos desenvolvidos por Peirce. Como observa Martinet (1983, *apud* Fidalgo, 1998), essa distinção baseia-se nas diferentes concepções de signo

² Esta obra foi organizada por Charles Bally e Albert Sechehaye, baseando-se em notas de estudantes que assistiram a três cursos ministrados por Ferdinand de Saussure na Universidade de Genebra entre 1906 e 1911 (Fidalgo; Gradim, 2005).

propostas por cada um desses teóricos.

Convém sublinhar que Peirce e Saussure são considerados os principais fundadores de correntes distintas no estudo dos signos: a estrutural ou gerativa e a interpretativa. A primeira, denominada abordagem estrutural ou gerativa, está associada as ideias de Saussure, concentrando-se nos signos linguísticos e sua relação com o mundo, enquanto a outra, conhecida como abordagem interpretativa, fundamenta-se nos escritos de Peirce (Volli, 2012), de modo a ampliar o escopo para incluir signos não linguísticos.

Além desses dois pioneiros, diversos teóricos foram fundamentais para o avanço da semiologia. Hjelmslev (1961), por exemplo, aprofundou a teoria estruturalista de Saussure, ao distinguir forma e substância na linguagem. Já Bakhtin (2003) introduziu a dimensão dialogal e social na análise dos signos, destacando o papel do contexto social na criação de significado. Do mesmo modo, Barthes (2012) aplicou os conceitos semiológicos à cultura popular, demonstrando como os signos operam em mitologias e textos cotidianos. Morris (1994), por sua vez, contribuiu com a semiótica pragmática, enfocando a relação entre signos, intérpretes e comportamento. Esses estudiosos se empenharam em explorar e comparar o legado teórico da semiologia de Saussure e Peirce, aplicando seus conceitos a uma ampla variedade de fenômenos sógnicos.

A semiótica sistematizada por Peirce explora uma vasta gama de signos, abrangendo todos os tipos de representação simbólica. Peirce (2017), a propósito, sustenta que todos os pensamentos são signos e que o processo de semiose — ou produção de significados infinitos — é fundamental para a compreensão do pensamento e da comunicação. Ademais, como disciplina teórica e filosófica, a semiótica oferece uma variedade de conceitos e métodos que permitem descrever, analisar e interpretar a função dos signos em diferentes contextos (Peirce, 2017).

Dentro dessa estrutura teórica, a abordagem interpretativa de Peirce baseia-se em um processo dinâmico e contínuo de interpretação de signos. Por essa razão, Peirce (2017) propôs que um signo é algo que representa alguma coisa para alguém em determinado aspecto ou capacidade, e que esse processo interpretativo é essencialmente infinito. Como afirma o autor, “nós pensamos apenas em signos” (Peirce, 2017, p. 58), destacando que a compreensão humana ocorre por meio de

uma cadeia interminável de interpretações, na qual cada interpretação gera um novo signo a ser interpretado. Essa corrente de semiose resulta em uma “cadeia infinita de signos” (Peirce, 2017, p. 59). Efetivamente, qualquer objeto ou fenômeno pode ser entendido como um signo, desde que tenha a função de representar algo para alguém (Santaella, 2018).

A premissa central da teoria peirceana é que todo pensamento está contido nos signos, o que confere à semiótica uma aplicação universal, abrangendo todos os processos sígnicos presentes tanto na natureza quanto na cultura (Santaella; Nöth, 2004; Fidalgo; Gradim, 2005; Santaella, 2018). Peirce tinha como objetivo estabelecer uma base filosófica que fundamentasse uma teoria dos signos aplicada ao conhecimento, capaz de explicar o mundo da experiência humana e assegurar sua comunicabilidade (Fidalgo; Gradim, 2005). Como observam Santaella e Nöth (2004), o enfoque peirceano na semiótica está profundamente enraizado no processo de comunicação, evidenciando a importância de uma interpretação contínua e ininterrupta na construção do significado.

Em contraste, a abordagem de Saussure enfoca a estrutura interna da língua, concebendo a semiótica como um ramo da psicologia social e uma base para a linguística, à medida que se enfatiza a proeminência dos signos linguísticos como ferramentas essenciais para a comunicação humana (Fidalgo, 1998; Volli, 2012). Saussure (2006) introduziu conceitos fundamentais, como a arbitrariedade do signo e a estrutura do sistema linguístico, que foram cruciais para definir a semiologia como a ciência dedicada a investigar como os signos são organizados e utilizados na comunicação. Para o autor, a noção de signo surge de um processo comunicativo em que uma mensagem é transmitida de uma pessoa para outra.

É essencial reconhecer que, apesar da teoria semiológica de Saussure ter surgido dentro da disciplina de Linguística, o estudo dos signos transcende as formas de comunicação oral e escrita. Além do mais, “há um vastíssimo campo de comunicações não verbais que estruturam a organização social e conferem coerência aos grupos de indivíduos” (Fidalgo; Gradim, 2005, p. 131). Dessa forma, os componentes que enriqueceram essa área de investigação incluem imagens, filmes, gestos, emoções, bem como expressões faciais e corporais, e servem para ampliar esse campo de estudo (Godoy, 2016). Nesse contexto, a estrutura teórica de

Saussure recebeu destaque pelas contribuições de Buyssens (1974) e Prieto (1973).

É oportuno observar que Saussure concebe o signo como uma entidade psíquica composta por duas partes inseparáveis: o significante, que é a imagem acústica, e o significado, que são os conceitos associados a essa imagem. Esses aspectos serão explorados em detalhes, posteriormente. Em contraste, Peirce (2017) apresenta uma visão triádica do signo, estruturada por três elementos: o *representamen* (o próprio signo), o objeto ao qual ele se refere, e o interpretante, que é o efeito produzido na mente do intérprete. Segundo Peirce, o signo funciona como um mediador que conecta o objeto a uma interpretação mental, criando um vínculo interpretativo entre eles.

Ainda hoje, vale mencionar, as informações sobre a definição do termo apropriado para designar essa ciência que permanecem incipientes e divergentes. Como destaca Santaella (2018), embora os estudos possam ser agrupados sob os nomes de semiótica ou semiologia, as abordagens associadas à tradição de Saussure e à de Peirce são fundamentalmente distintas, de modo que a semiótica de Peirce, com sua abordagem triádica, difere, significativamente, da semiologia saussuriana, que é centrada na relação binária entre significante e significado.

Embora este trabalho se baseie na obra de Luis Jorge Prieto (1973), autor vinculado à tradição estruturalista de Saussure e, portanto, à semiologia, optamos pelo uso do termo "elementos semióticos". Tal escolha se justifica pelo fato de que, após Saussure, a semiótica ampliou seu escopo para abarcar todos os processos significantes, não apenas os linguísticos, mas também os visuais, corporais, indiciais e outros modos de produção de sentido.

Na próxima subseção, aprofundaremos a explicação sobre os signos, com foco especial nos elementos teóricos da semiologia desenvolvida por Saussure, que se alinha aos estudos desenvolvidos por Prieto (1973), porém não deixamos de abordar as contribuições da outra fonte de origem, a de Peirce.

1.2 SIGNO, SIGNIFICANTE E SIGNIFICADO: PERSPECTIVAS DE SAUSSURE E PEIRCE

A teoria do desenvolvimento cognitivo de Vygotsky (2003) coloca a mediação social e cultural como elementos fundamentais para a construção do pensamento.

Em sua perspectiva, o ser humano não se desenvolve de maneira isolada, mas sim por meio da interação com o meio social, especialmente por meio da linguagem e dos signos. Para o autor, a linguagem não é apenas um meio de comunicação, mas também um instrumento que molda o modo como pensamos e nos relacionamos com o mundo.

A partir dessa concepção, Vygotsky (2003) defende que há uma relação intrínseca entre signos e pensamento. Ele argumenta que a interação humana com o mundo não é direta, mas mediada por signos. Assim como as ferramentas físicas, esses signos permitem que as ações humanas destinadas a satisfazer necessidades materiais, intelectuais, sociais e outras imagináveis se tornem mais eficazes e poderosas. Eles proporcionam ao homem a capacidade de refletir e interagir com a realidade ao seu redor, além de possibilitar a expressão e a comunicação (Santaella, 2018).

Seguindo a perspectiva vygotskiana, a aprendizagem promove o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, como a abstração, a memória, a lógica e a atenção voluntária. Conforme as premissas de Vygotsky (2003), essas funções não se desenvolvem de forma isolada ou espontânea, mas são estimuladas e potencializadas por meio das interações sociais e do processo educativo.

É por meio da mediação de ferramentas culturais e da linguagem que o indivíduo constrói seu pensamento, internalizando estruturas de pensamento mediadas por signos linguísticos e culturais, essenciais ao desenvolvimento do raciocínio abstrato e científico. Por intermédio dessas funções, os sistemas de signos são internalizados, à medida que o indivíduo passa por um processo de enculturação (Driver *et al.*, 1994; Freitas, 1995). Logo, a presença de signos culturais ajuda a estruturar nosso pensamento e a nossa capacidade de entender e interagir com o mundo, o que é essencial para o progresso intelectual e espiritual (Husserl *apud* Fidalgo, 1998, p. 45). Consequentemente, já que o ser humano só pode pensar e viver em sociedade por meio de signos, e considerando que cada pensamento é, por si só, um signo, a presença de entidades semióticas é fundamental para a existência da figura humana (Santaella, 2018). Essa interdependência revela a profundidade de nossa condição como seres simbólicos, inextricavelmente ligados aos signos (Santaella, 2018).

Tudo o que é produzido na consciência tem um caráter de signo. Peirce amplia essa ideia a ponto de dizer que um signo não precisa ser apenas uma representação mental: ele pode manifestar-se como uma ação, uma reação, uma emoção ou qualquer tipo de sentimento (Santaella, 2018). Para Peirce (2017), o mundo não se divide em coisas materiais e signos imateriais. Na verdade, um olhar, uma risada, uma música, um filme, um aroma de flores, uma cor, um gesto, um sabor e, até mesmo, a própria imaginação que temos deles atuam como entidades sógnicas (Santaella, 2018).

De acordo com a visão de Peirce (2017), um signo sempre se manifesta mediante alguma forma concreta que aparece em nossa mente. Saussure endossa essa ideia, ao afirmar que qualquer objeto material serve como um signo, ou seja, uma impressão associada a algo distinto (Saussure, 2006). Os signos possuem uma materialidade que pode ser percebida por nossos sentidos, como visão, audição, tato, olfato ou paladar (Joly, 2004). Esses elementos perceptíveis transmitem significados adicionais, o que os define como signos: “estar lá, presente, para designar ou significar outra coisa ausente” (Joly, 2004, p. 35).

Um signo, independentemente de sua forma, é, na essência, um pensamento manifestado, seja por um meio material, seja pela mente interna (Santaella, 2018). Em consonância com Peirce (2017, p. 269), “toda vez que pensamos, temos presente na consciência algum sentimento, imagem, concepção ou outra representação que serve como signo”. Ou seja, o signo materializa o pensamento e se expressa por meio de emoções, ações automáticas e comportamentos, produzindo e transmitindo significados a outros (Santaella, 2018). De maneira alternativa, um signo é definido como uma entidade que tem a capacidade de transmitir ideias e despertar uma resposta interpretativa na mente de quem o percebe (Joly, 2004). Ele atua como mediador entre a realidade externa e a cognição, permitindo que os indivíduos atribuam significado às suas experiências e compreendam o mundo ao seu redor. Dessa forma, tudo pode funcionar como signo, visto que, como seres socializados, aprendemos a interpretar o mundo ao nosso redor (Joly, 2004), por meio de códigos simbólicos que são compartilhados culturalmente.

Seja como for, a definição de signos é complexa e variada, refletindo a

pluralidade do campo da semiologia, que abrange diversas abordagens (Santaella; Nöth, 2004). Cada perspectiva teórica oferece uma interpretação própria do termo “signo”, levando a uma multiplicidade de definições. Como resultado, uma das tarefas fundamentais para o semiólogo, conforme Joly (2004), é identificar e categorizar os diferentes tipos de signos, analisando suas especificidades e leis organizacionais distintas.

Um aspecto importante da classificação dos signos é a distinção proposta por Eco (1985) entre signos comunicativos e expressivos. Os signos comunicativos são criados intencionalmente para transmitir uma mensagem específica. Por exemplo, uma placa de trânsito com o símbolo de uma parada serve para informar motoristas sobre a necessidade de parar. Em contraposição, os signos expressivos surgem espontaneamente e refletem estados emocionais ou disposições pessoais. Um exemplo seria um suspiro ou um sorriso, que expressa emoções como alívio ou felicidade sem a intenção explícita de comunicar algo.

Essa diferenciação também se relaciona com a divisão tradicional entre signos artificiais e naturais. Os signos artificiais seguem normas estabelecidas e são emitidos de maneira deliberada, com o propósito de comunicar (Eco, 1985). Uma exemplificação disso se dá quando uma pessoa adota um tom de voz mais autoritário para impor sua posição em uma discussão, ou quando uma criança imita um choro exagerado para evitar uma tarefa indesejada. Esses signos são codificados e podem ser empregados de forma deliberada como instrumentos simbólicos artificiais com a finalidade de comunicar uma informação (Gregório, 2022). São situações de signos comunicativos, mesmo que, à primeira vista, possam parecer naturais (Eco, 1985).

Por outro lado, os signos naturais surgem espontaneamente de fontes naturais e não são criados com a intenção de comunicar algo específico (Eco, 1985). Citamos, para ilustrar, o som do trovão, que indica a proximidade de uma tempestade, o tremor causado pelo medo, o rubor decorrente de vergonha, a palidez associada a um susto, entre outros. No entanto, nem todo signo expressivo é natural. Explicando melhor: uma pintura abstrata pode transmitir emoções e estados internos, mas é um signo criado de forma deliberada. Da mesma forma, todo signo artificial, como um logotipo de uma empresa ou um ícone em um aplicativo, é

projetado para comunicar uma mensagem específica, ainda que possa não ser expressivo no sentido emocional. De forma sucinta: todo signo natural é expressivo, porém, a recíproca não é verdadeira, e todo signo artificial é comunicativo e vice-versa (Eco, 1985).

Na visão de Saussure, o termo “signo” não se aplica a manifestações naturais ou não intencionais, mas, sim, a elementos intencionais que transmitem mensagens (Godoy, 2016). A semiologia da comunicação, baseada em suas ideias, investiga como os signos são conscientemente criados para representar algo e comunicar a outros. Nesse modelo, os signos são elaborados com o propósito de representar e comunicar algo a outra pessoa, funcionando como instrumentos para fins comunicativos. Sem eles, não conseguimos expressar o que pensamos ou sentimos, e, conseqüentemente, a comunicação não acontece. Tudo o que compartilhamos e trocamos em qualquer interação é, em essência, formado por esses signos (Fidalgo; Gradim, 2005; Santaella, 2018).

O foco principal da semiologia da comunicação em Saussure está na compreensão da natureza do signo, que se caracteriza pela relação inseparável entre dois componentes: o campo noético, correspondente ao significado, e o campo semântico, que representa o significante. Saussure explora como essa dualidade opera no processo de comunicação, enfatizando que os sinais se tornam signos quando há uma intenção clara de transmitir uma mensagem. Deveras, a intencionalidade é o que transforma um simples sinal em um elemento significativo dentro de um sistema comunicativo.

No contexto educacional, o gesto de um professor ao levantar a mão durante uma explicação pode, à primeira vista, parecer casual. No entanto, se for intencionalmente utilizado para indicar que os estudantes devem silenciar e prestar atenção, ele se torna um sinal, pois adquire um significado dentro do contexto comunicativo da sala de aula. A intencionalidade do professor confere sentido ao gesto, ou seja, o sinal adquire um significado dentro do contexto comunicativo e se transforma em um signo.

Apoiando-se nessa linha de pensamento, Prieto (1973), um dos sucessores de Saussure, define o significado como um conjunto de possíveis conteúdos mentais ou sentidos que um signo pode expressar. Em resumo, o significado é uma categoria

formada pelas operações que um determinado sinal realiza, ou seja, as diversas mensagens que podem ser transmitidas por meio dele, constituindo sua funcionalidade. Por exemplo, as diferentes mensagens associadas ao sinal “sentido”, seja no campo militar, psicológico, sensorial ou no estudo da física, fazem parte do seu significado (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

O conceito de significante refere-se a uma categoria abstrata que engloba todos os sinais possíveis que compartilham o mesmo valor semântico (Volli, 2012). De maneira equivalente, trata-se de uma classe de representações que, embora possam variar na forma, transmitem o mesmo significado (Prieto, 1973). Um exemplo disso está o uso da letra grega delta, “ Δ ”, na física para indicar variação ou diferença em várias situações, como variação de temperatura (ΔT) ou de energia (ΔE), independentemente de como ou onde o símbolo apareça.

No modelo bifacial do signo apresentado por Prieto, os seus componentes, o “significante e o significado, são entidades abstratas, enquanto, ao contrário, os sinais e mensagens são, respectivamente, os significantes e os significados tornados concretos e perceptíveis” (Prieto, 1973 *apud* Gregório, 2021, p. 25). Os sinais transmitem aos significados que podemos ver ou ouvir, e as mensagens representam os significados que podemos compreender. Por essa razão, na comunicação, “o emissor precisa consubstanciar um ideal de signo na forma representacional de sinal, para que o receptor o perceba e o identifique com um dos seus sentidos para processar o entendimento da mensagem” (Laburú; Godoy; Zômpero, 2016 *apud* Gregório, 2021, p. 26). Sendo assim, em um diálogo, as pessoas devem ser capazes de selecionar e delimitar o significado e o significante do signo, por meio da mensagem e do sinal, de modo a atingirem o mútuo entendimento (Prieto, 1973). Desse modo, durante uma conversa, é essencial que os interlocutores sejam capazes de identificar e interpretar corretamente tanto o significado quanto o significante por meio dos sinais e mensagens trocadas, para alcançar um entendimento mútuo e eficaz (Prieto, 1973). Esses conceitos de sinais e mensagens, fundamentais para a comunicação, serão discutidos na próxima seção.

1.3 MENSAGENS E SINAIS

Nos estudos da comunicação, considera-se que um ato comunicativo ocorre quando há uma intenção clara de transmitir significados, como já falado anteriormente. Esse entendimento de Buyssens (1974) originou-se, fundamentalmente, do propósito de um indivíduo influenciar outros, seja para conseguir cooperação, satisfazer uma necessidade ou compartilhar informações. Comunicar-se implica compartilhar informações de si mesmo, revelar-se ao mundo de modo que outro possa nos interpretar (Volli, 2012). Trata-se de transmitir pensamentos internos de maneira que possam ser compreendidos por outra pessoa.

Na interação social, a transmissão de mensagens se dá por meio de sinais enviados do emissor ao receptor (Prieto, 1973). O ato sêmico ocorre quando o emissor, responsável por iniciar o processo, utiliza um sinal com o objetivo de transmitir uma mensagem e obter a colaboração ou entendimento do receptor. Nesse sentido, Prieto (1973) descreve o ato sêmico como um índice intencional que visa à transferência de mensagens do emissor para o receptor. Entretanto, os índices naturais, como o odor de queimado, que sugere um incêndio, a congestão nasal, que pode indicar uma gripe, ou as nuvens pesadas, que costumam prenunciar uma tempestade, ou ainda o desvio de uma bússola quando próxima de um fio que passa uma corrente elétrica, observado em laboratório didático, entre outras situações, sem alguém para interpretá-los, são simples fatos, privados de efeitos comunicativos, quando não se tem como objetivo a comunicação.

Em relação a essa questão, é crucial destacar um ponto mencionado anteriormente, dado seu potencial no ensino. Conforme observado por Volli (2012, p.18), “a significação nem sempre configura uma comunicação autêntica”. Os exemplos de índices naturais mencionados podem existir independentemente de um emissor, embora possam ser interpretados por um receptor. Nesses casos, a responsabilidade pela interpretação recai, exclusivamente, sobre o destinatário. Embora significados estejam presentes, não se trata de comunicação em seu sentido mais estrito, conforme discutido anteriormente. O receptor é quem determina quais aspectos são relevantes e realiza inferências baseadas em seu próprio conhecimento ou desenvolve novas interpretações (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

Em situações como um incêndio ou um desvio na bússola próximo a uma

corrente elétrica, pode-se estabelecer correlações com a fumaça ou a eletricidade, respectivamente. No entanto, por detrás de alguns casos citados, pode haver uma intenção subjacente. Assim, é fato a premissa de estar diante de atos comunicativos. Por exemplo, em uma aula de física, quando um professor demonstra como o brilho de uma lâmpada diminui ao adicionar mais lâmpadas em série, ele está ilustrando como a resistência total afeta a corrente elétrica, com o objetivo de provocar a reflexão dos estudantes e fomentar uma abordagem crítica, em vez de um ensino passivo e objetivista (Davis, 1993).

Consonante a isso, a eficácia da comunicação depende da habilidade do emissor de formatar a mensagem de maneira acessível ao receptor, que, por sua vez, deve interpretá-la, reagir a ela ou rejeitá-la (Volli, 2012). Por isso, na comunicação, os indivíduos devem utilizar sinais apropriados para que o receptor compreenda a intenção do emissor ao transmitir uma mensagem (Prieto, 1973). A escolha dos sinais, com base na intencionalidade do emissor, é essencial para que a mensagem seja compreensível (Godoy, 2016). Dessa forma, a comunicação bem-sucedida depende não apenas da clareza na transmissão, mas também da capacidade do receptor de decodificar e responder de maneira apropriada aos sinais recebidos.

É relevante destacar que, em um processo comunicativo, não há um significado totalmente definido e fechado para um sinal (Buyssens, 1974), já que certos sinais podem admitir algumas mensagens, enquanto outras são completamente incompatíveis com eles (Prieto, 1973). Um exemplo disso é o ícone de uma lixeira em um software de computador, que indica que algo será excluído ou removido, mas nunca poderia ser interpretado como uma ação de salvar ou arquivar. Nesse caso, o sinal da lixeira exclui interpretações relacionadas à preservação ou armazenamento de informações, reforçando o limite das possíveis mensagens associadas a ele.

Os sinais são entendidos como representações semióticas que se manifestam via elementos perceptíveis, como palavras, gestos ou imagens (Prieto, 1973). Nesse contexto, os sinais passam a ser caracterizados como “signos formadores do plano primário do discurso do professor, sem que existam subterfúgios comunicativos durante essa prática” (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021, p. 41). Isso significa que

a atribuição de sinais é direcionada aos constituintes signos que compõem a base de um processo de interlocução entre o professor e seus alunos, formando a estrutura central da interação. Esses sinais aparecem de maneira primeira e evidente no processo de discussão. Vale ressaltar que um único sinal pode representar um número quase infinito de mensagens possíveis. Apenas captar o sinal não é suficiente para que o receptor consiga atribuí-lo a uma mensagem específica (Prieto, 1973).

Na comunicação oral entre o professor e seus estudantes, serão considerados sinais aqueles momentos em que os signos utilizados possuem o objetivo claro de transmitir mensagens diretas e objetivas, sem rodeios, que imediatamente indicam e querem significar o objeto envolvido no discurso. Na fala do professor, a mensagem transmitida aos estudantes é direta e clara, de modo que eles não precisam fazer inferências ou buscar nos significados implícitos o que precisam para compreender o que está sendo dito. Dessa forma, os significados não são construídos com base em rodeios, nem ficam subentendidos na interlocução para que os estudantes desvendem (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

A mensagem, por sua vez, é um objeto material que age como um substituto dos conteúdos mentais do emissor, carregando e transmitindo significados ao receptor (Volli, 2012). A comunicação é, portanto, um processo complexo onde os sinais funcionam como veículos que exteriorizam a intenção comunicativa, enquanto a mensagem serve como o meio concreto por meio do qual os significados são veiculados (Santaella; Nöth, 2004). Ambos, mensagem e sinal, são elementos indissociáveis aos seus significados, podendo ser imaginados como entidades, respectivamente, interna e externa ao sujeito (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021). Dessa forma, os elementos comunicativos identificados como sinais na fala do professor consistem em declarações diretas e literais, com o propósito de indicar e expor de maneira objetiva e clara as mensagens transmitidas sobre o conteúdo ensinado.

Em alinhamento com as ideias de Prieto (1973), transmitir um sinal para comunicar uma mensagem envolve estabelecer uma das categorias sociais do ato sêmico: informação, interrogação ou ordem. O emissor, ao provocar um desses atos, tem a intenção de informar, fazer uma pergunta ou dar uma ordem ao receptor.

Como destaca Godoy (2016, p. 33), “é na forma de ato sêmico que os indivíduos são capazes de concretizar seus estados de consciência”. A maneira como o emissor expressa sua intenção é fundamental para a compreensão da mensagem. A título ilustrativo, se uma pessoa quer saber se um amigo está disponível para sair, ela pode perguntar: “Você está livre hoje?”, afirmar: “Quero saber se você pode sair” ou até ordenar: “Me avise se você estiver livre”. Como se vê, cada uma dessas formas reflete o tipo de relação social que o emissor estabelece com o receptor.

Com base nisso, o sucesso do ato sêmico também depende de como o receptor interpreta o sinal. Conforme Prieto (1973), existem duas abordagens para entender como o receptor identifica a mensagem específica atribuída a um sinal. Primeiro, o próprio sinal, ao ser emitido, sugere ao receptor a intenção do emissor de transmitir uma mensagem. Segundo, durante a comunicação, somos capazes de compartilhar interpretações semelhantes, isso ocorre porque há um conjunto de sinais culturalmente predefinidos, que permitem aos indivíduos interpretar o que o interlocutor deseja expressar (Laburú; Godoy; Zômpero, 2016).

No cerne da transmissão comunicacional há um código comum, previamente estabelecido, que permite associar as mesmas representações tanto para o emissor quanto para o receptor (Buyssens, 1974; Fidalgo; Gradim, 2005). Os sinais cujo significado é definido por um código exigem uma aprendizagem do indivíduo para entender a mensagem corretamente. Esses sinais só fazem sentido porque ambos aprenderam o mesmo código como uma linguagem. Se o sujeito usar um sinal que o outro não conheça ou não foi convencionado (ou seja, não faz parte desse código comum), a mensagem não será entendida, de maneira que a comunicação será prejudicada (Godoy, 2016). Logo, um sinal não convencionado é um sinal sem significado que compromete a comunicação.

Reforçando o que foi dito, a transmissão de uma mensagem apenas por meio de sinais pode criar uma oportunidade para que o emissor escolha um significado entre diversas opções possíveis. Isto é, quando um sinal é transmitido diretamente, o receptor pode interpretar várias mensagens a partir dele. Nesse sentido, Eco (1985) argumenta que a interpretação dos sinais depende do contexto e da capacidade do receptor de decodificar a mensagem com base em seu repertório cultural e em suas experiências prévias. No entanto, isso não garante que a mensagem seja entendida

exatamente como o emissor pretende. Mesmo que a comunicação por sinais seja direta, ela pode ser insuficiente para transmitir o significado desejado de maneira completa.

É importante dizer, que a transmissão de mensagens exclusivamente por sinais não significa, necessariamente, que o receptor não entenderá a mensagem. Do ponto de vista comportamental, os sinais são considerados “verdadeiros, na medida em que determinam corretamente as expectativas dos seus utilizadores, e, desse modo, liberta mais completamente o comportamento que é implicitamente suscitado na expectativa ou na interpretação” (Morris, 1994, p. 35). De maneira alternativa, mesmo quando uma informação é transmitida diretamente por sinais, se estes atenderem às expectativas do receptor, a comunicação é dada como eficaz.

Embora os sinais transmitidos em uma composição discursiva possuam um caráter culturalmente convencional, ainda assim, eles podem ser frequentemente incompletos para o receptor (Godoy, 2016). Dessa forma, o emissor pode utilizar outros elementos sógnicos para complementar e esclarecer a mensagem conforme a situação. Esses elementos adicionais, conhecidos como indicações circunstanciais, serão abordados agora.

1.4 INDICAÇÃO CIRCUNSTANCIAL

O conceito central para entender e situar o mecanismo da indicação circunstancial na comunicação é o de circunstâncias. Nesse sentido, para que uma mensagem seja compreendida, o sinal emitido necessita estar inserido em um contexto específico. Destarte, localizado em uma rede de relações, esse contexto é o que atribui ao sinal um determinado sentido, eliminando outras possíveis interpretações.

Nesse sentido, a circunstância é descrita como “todo fato que deve ser (re)conhecido pelo receptor no momento da ocorrência de algum ato sêmico” (Prieto, 1973 *apud* Godoy, 2016, p. 40). Trata-se do contexto que deve ser previamente conhecido na emissão do sinal, permitindo ao receptor distinguir a mensagem entre várias possíveis, já que um mesmo sinal pode conter diferentes interpretações quando transmitido. A exclusiva indicação recebida de um sinal pode não ser

suficiente para que o receptor atribua um sentido determinado à mensagem, pois o número de mensagens admitidos por um sinal é infinito (Godoy, 2016; Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

A indicação fornecida pelas circunstâncias tem como objetivo guiar o receptor na escolha da mensagem correta entre as várias interpretações possíveis de um sinal, privilegiando aquela que as circunstâncias favorecem mais (Prieto, 1973). Laburú, Silva e Camargo Filho (2021) exemplificam essa ideia com a expressão “sentido da força”, que pode ter significados distintos dependendo do contexto, seja no ensino de física ou no senso comum. O contexto em que uma sentença ou palavra é emitida é fundamental para definir qual mensagem específica o sinal está transmitindo (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021). Em outras palavras, o contexto ajuda a identificar e especificar o significado da mensagem, que faz parte de um conjunto de possíveis interpretações permitidas pelo sinal da respectiva mensagem.

No caso do sinal não ser entendido, o receptor só consegue selecionar a mensagem correta quando o sinal é produzido em circunstâncias específicas e reconhecíveis. Essas circunstâncias oferecem a informação adicional necessária para que o ato sêmico seja compreendido. Segundo Laburú, Silva e Camargo Filho (2021), identificar as possibilidades que se realizam no discurso também implica em reconhecer, por oposição, aquelas que não pertencem ao mesmo conjunto. Nesse sentido, o índice — o elemento que oferece a indicação — está relacionado ao universo do discurso, dividindo-se em duas categorias complementares: a primeira, positiva, abrange as possibilidades concretizadas; e a segunda, negativa, refere-se às possibilidades que permanecem irrealizadas.

Da mesma forma, as circunstâncias, enquanto índices, segmentam o universo do discurso em duas categorias complementares: o sinal positivo, que contém a mensagem apoiada pelas circunstâncias, e o sinal negativo, que inclui todas as outras interpretações permitidas pelo sinal. A indicação dada pelas circunstâncias delimita a mensagem que o emissor quer transmitir, sendo esta a única que se enquadra na categoria positiva. Para que a transmissão da mensagem se realize, o receptor precisa reconhecer qual é essa mensagem.

Em antítese com o sinal, o processo comunicativo pode incluir, então, momentos em que a linearidade e a explicitação direta dos sinais não foram

compreendidas, dando lugar a uma tipologia distinta de signos, definida como indicações circunstanciais (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021). À luz da concepção desses autores, os signos desse tipo são utilizados quando o emissor, como um professor, percebe que os sinais e seu contexto, que deveriam ser suficientes para garantir o entendimento da mensagem, não o foram. Nesses casos, empregam-se indicações circunstanciais para complementar e reforçar o raciocínio do receptor, guiando-o para o entendimento da mensagem, podendo ou não introduzir novos sinais. O ponto central aqui é fazer com que o sinal tenha sua mensagem entendida, integralizada e a incompreensão do sinal original ser resolvida. As indicações circunstanciais são elementos sógnicos que se inserem “na comunicação para atuar no corpo do discurso de modo indireto, oblíquo, enviesado, subentendido, com finalidade de contextualizar os sinais para levar os estudantes ao entendimento” (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021, p. 42). Logo, atos sêmicos de interrogação, ordem e informação podem caracterizar esse signo.

Os signos de indicações circunstanciais ganham destaque no discurso por não fornecer de forma imediata uma resposta direta e conclusiva diante do não entendimento de um sinal originário. Embora a emissão de um sinal subsequente pudesse fornecer a resposta normalmente, tal ação não exigiria um nível mais profundo de reflexão por parte do estudante, resultando em um entendimento que costuma ser superficial. Por isso, ao invés de repetir ou reformular diretamente a explicação do sinal primário, o professor opta por utilizar essas indicações circunstanciais para orientar o estudante a um esforço reflexivo, permitindo que ele construa, autonomamente, a mensagem do sinal originário que está em processo de compreensão (Godoy; Laburú, 2021).

Com o mecanismo do emprego das indicações circunstanciais, o professor incentiva o aprendiz a utilizar mecanismos de inferência para alcançar a informação, resposta ou conclusão esperada, que um sinal inicial ou outros, por suas limitações próprias, não conseguiriam transmitir de forma adequada. De fato, sua função semiótica é atuar como elemento indicador suplementar para subsidiar, selecionar, delimitar e, dessa forma, “decifrar e desvelar a mensagem que o professor está atribuindo ao seu sinal comunicado prévio por conta própria, ou seja, autoconstrução do conhecimento sendo ensinado” (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021, p. 43).

Dessa forma, as indicações circunstanciais atuam como signos secundários e complementares, auxiliando a comunicação dos sinais de maneira sugestiva e sutil. Elas contribuem para o discurso porquanto oferecem demarcações e direcionamentos que ajudam a esclarecer o que foi dito (Laburú; Godoy; Zômpero, 2016). Essencialmente, o propósito semiótico dessas indicações é apoiar, contextualizar e enriquecer as mensagens dos sinais, garantindo, desse modo, uma interpretação precisa do conteúdo comunicado.

Em palavras mais diretas, as indicações circunstanciais podem ser apresentadas como “sugestões ou travestidas de pistas ou dicas” (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021, p. 44), levando os estudantes a fazerem escolhas, sendo guiados ou orientados pelo professor, por meio da emissão de mais indicações circunstanciais. No entanto, é na interação complementar e dialética entre sinais e indicações circunstanciais que os significados do discurso se constroem. Essa dinâmica, por um lado, facilita a aquisição de conhecimento, e, por outro, permite que os aprendizes se apropriem do conhecimento de forma mais efetiva. Como ressalta Vygotsky (2003), o aprendizado é um processo social, e essa relação interativa entre diferentes elementos discursivos proporciona um espaço onde os estudantes se tornam protagonistas na construção do conhecimento.

Ao considerar que a semiologia da comunicação envolve o estudo das relações entre os signos, os símbolos empregados e os códigos e convenções culturais vigentes (Fidalgo; Gradim, 2005), o significado se estabelece em uma relação estrutural entre o emissor, a mensagem, o significado, o receptor e o contexto. Por essa razão, dizemos que o significado não pode ser plenamente autossuficiente ou ocorrer de forma isolada, mas se mantém dependente de múltiplas fontes de informação e de um domínio contextual que abarca experiências e significados sociais (Jaipal, 2010).

A filosofia pragmatista, iniciada por Peirce, coloca ênfase na relação entre os signos e seus usuários. No pragmatismo peirceano, o significado dos signos não depende apenas da análise de sua estrutura ou de seus valores semânticos, mas também das circunstâncias contextuais e situacionais em que são utilizados (Fidalgo; Gradim, 2005). Isso significa que um signo, quando retirado de seu contexto, torna-se incapaz de cumprir sua função adequadamente (Fidalgo, 1998).

As regras pragmáticas definem as condições que o intérprete precisa seguir para entender o sinal de maneira clara e única entre as diversas interpretações possíveis.

As experiências de conhecimento e os significados sociais de cada sujeito podem influenciar a forma como ele se apropria e interpreta os significados contidos nas mensagens, o que pode resultar em interpretações variadas. Assim, todo ato sêmico deve incorporar suposições sobre o que o receptor já conhece, utilizando essas suposições como fundamento para sua interpretação posterior (Laburú; Godoy; Zômpero, 2016). Esse cenário justifica por que o ato sêmico pode resultar tanto em sucesso quanto em fracasso (Prieto, 1973).

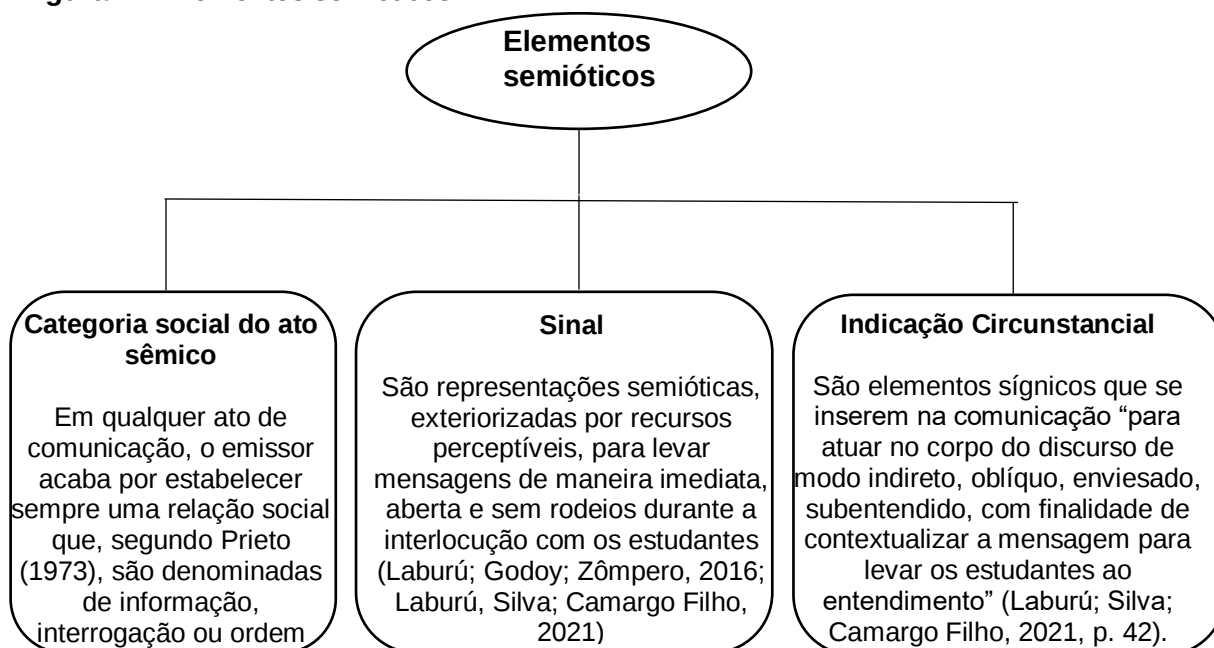
É oportuno destacar que o sucesso do ato sêmico é considerado quando há uma compreensão. Isso ocorre quando a mensagem que o emissor deseja transmitir corresponde exatamente a mensagem que o receptor atribui ao sinal. Em linhas gerais, o sucesso de um ato sêmico depende da correspondência entre a intenção do emissor e a interpretação feita pelo receptor (Santaella; Nöth, 2004). No entanto, o ato sêmico nem sempre é bem-sucedido. Prieto (1973, p. 52), aliás, destaca duas formas de fracasso no ato sêmico. Um primeiro, denominado de “má compreensão”, “ocorre quando a mensagem que o emissor tenta transmitir e aquela que o receptor atribui não são uma única e mesma mensagem. Ainda que o último sujeito não deixe de atribuir uma mensagem ao sinal, conseqüentemente, há compreensão de algo” (Silva *et al.*, 2020, p. 198). No entanto, difere daquilo que o emissor pretendia comunicar. “Diferente motivo ocorre quando o receptor é incapaz de atribuir ao sinal uma mensagem determinada por haver duas ou mais mensagens igualmente favorecidas pelas mesmas circunstâncias” (Silva *et al.*, 2020, p. 198). Neste caso, há “não compreensão” porque nenhuma mensagem é imputada ao sinal. Enquanto na “má compreensão” a incerteza desaparece por completo, já que o receptor acredita ter identificado a mensagem, mesmo que de forma equivocada, no segundo caso, a ambiguidade da mensagem transmitida pelo sinal persiste, mantendo a incerteza.

O fracasso do ato sêmico (má ou não compreensão) pode advir da falsa apreciação das circunstâncias pelo emissor, de tal modo que o sinal atribuído ao receptor carrega uma mensagem com uma circunstância divergente da emitida pelo emissor. Essa desconexão ocorre quando as circunstâncias reais não coincidem com aquelas que o emissor presume serem familiares ao receptor (Laburú; Godoy;

Zômpero, 2016). Como resultado, a mensagem pode resultar em má compreensão ou não compreensão. Em ambientes educacionais, por exemplo, os professores presumem que as mensagens dos sinais emitidos em relação aos conhecimentos científicos já sejam conhecidas por seus estudantes. Isso leva ao fato de que muitas informações são aprendidas de forma errônea ou incompleta. Assim, ocorre o fracasso do ato sêmico, pois o emissor acredita estar fornecendo um sinal, mas o receptor o recebe de outra forma (Prieto, 1973) ou entende a ideia geral de uma explicação, mas perde detalhes vitais para a interpretação completa da mensagem. Na prática, compreender o significado é uma tarefa complexa, e as variações na utilização dos signos podem ser bastante diferentes entre indivíduos, mesmo aqueles pertencentes ao mesmo grupo social (Laburú; Godoy; Zômpero, 2016).

Conforme observado neste capítulo, o estudo dos signos oferece uma base teórica essencial para compreender o processo de construção de significados. Fundamentado nos estudos da semiótica da comunicação e com foco na transposição didática dos elementos semióticos para o ensino de física, a Figura 1 destaca e sintetiza os elementos semióticos empregados nesta pesquisa.

Figura 1 – Elementos semióticos



Fonte: Elaboração própria (2025).

2 DISCURSO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Esta seção inicia com uma breve reflexão sobre a teoria de Bakhtin (2009) acerca da linguagem e do discurso. Estes são entendidos como um fenômeno interativo, no qual os enunciados refletem a interação entre os sujeitos e o contexto, sendo essenciais para a formação de pensamentos e significados. Em seguida, discute-se o discurso na Educação Científica, colocando em relevo a interação entre linguagem e pensamento na construção do conhecimento científico. Ao considerarmos a sala de aula como um espaço heterogêneo, por meio do qual os discursos se estabelecem entre os envolvidos, finalizamos a seção com os gêneros discursivos dialógico e de autoridade, propostos por Mortimer e Scott (2002), para contextualizar a dinâmica de comunicação em sala.

2.1 LINGUAGEM E DISCURSO NO PENSAMENTO BAKHTINIANO

A complexidade da linguagem confirma que ela não é apenas um produto das condições sociais, históricas e ideológicas: antes, está profundamente entrelaçada com os aspectos culturais. A linguagem, de fato, é um processo simbólico que reflete e constrói o universo cultural de uma sociedade. Já no contexto das interações humanas, ela se apresenta como uma forma de mediação entre os indivíduos e o mundo, utilizando símbolos como palavras, gestos e imagens que carregam significados compartilhados. Em harmonia com as contribuições de Bakhtin (2009), esses símbolos não são apenas veículos para a comunicação, mas também para a construção e interpretação da realidade cultural de um grupo.

Dito isso, a linguagem é uma característica intrínseca ao ser humano, sendo a palavra muito mais do que um simples veículo de comunicação. Ela se configura como uma ferramenta na construção do conhecimento, estabelecendo a distinção entre os humanos e os animais, cujas formas de comunicação são restritas. O uso da palavra, ampliado a outros processos simbólicos como a escrita, gestos e imagens, possibilita ao homem representar e compreender a realidade de maneira mais complexa e abstrata.

Bakhtin (2009) analisa a linguagem sob uma perspectiva sócio-histórica,

valorizando também sua dimensão expressiva. O autor atribui centralidade ao ser humano como sujeito produtor de sentido, incentivando uma reflexão aprofundada sobre a essencialidade e o potencial da linguagem. Nesse contexto, a linguagem é concebida como resultado das interações materialistas, dialéticas e históricas. Ela é criada pelo ser humano como um elemento material que se manifesta e se desenvolve em uma cadeia intermediária. Desse modo, “a linguagem é produção humana acontecida na história, produção que - construída nas interações sociais, nos diálogos vivos - permite pensar as demais ações e a si própria, constituindo a consciência” (Kramer, 1993, p. 103).

Nota-se com isso, que, para Bakhtin (2009), a linguagem é compreendida em suas dimensões ideológicas e sociais, representando conceitos de comunicação, ideias, significados e pensamentos. Os universos discursivos vinculados às múltiplas formas de linguagem possibilitam o desenvolvimento de práticas multidisciplinares, promovendo uma compreensão que abarca uma dimensão pluralista e interativa. A linguagem, conseqüentemente, constitui um mecanismo singular de transmissão cultural, englobando os conjuntos de significados da vida social. Por meio da linguagem, as chamadas formas simbólicas ganham materialidade, permitindo a expressão de visões de mundo e a produção de efeitos de sentido (Thompson, 2009).

Para Orlandi (2001, p. 19), “o sujeito não se apropria da linguagem num movimento individual. A forma dessa apropriação é social. Nela está refletido o modo como o sujeito o fez, ou seja, sua interpretação pela ideologia”. A teoria do discurso de Bakhtin (2009) oferece uma chave primordial para entender como a linguagem se manifesta nos contextos sociais, predominantemente, na interação entre os indivíduos e os diferentes sentidos que as palavras e enunciados podem adquirir dependendo do contexto em que são produzidas. Em outras palavras, a abordagem bakhtiniana explora como as palavras não são apenas veículos de comunicação, mas também formas de expressão que carregam diferentes significados.

Dado que esta pesquisa se dedica a investigar os elementos semióticos na dinâmica discursiva e suas influências na aprendizagem, é relevante destacar o conceito central da teoria de Bakhtin, o dialogismo. Para Bakhtin (2009), a linguagem é intrinsecamente dialógica, ou seja, está sempre em interação com

outros enunciados e vozes. O discurso, pois, nunca é monológico, mas sempre é moldado por outros discursos, pelas palavras de outros assuntos e pelo contexto no qual é realizado.

Assim, Bakhtin (2003) destaca o enunciado como unidade básica da comunicação e análise dentro de sua teoria do discurso. Para ele, cada enunciado é concreto e único, sempre inserido em um contexto específico que molda seu conteúdo, estilo e composição. Os enunciados não são isolados. Ao contrário: eles emergem em um fluxo dinâmico de interação, refletindo o interesse do emissor, as reações do receptor e as condições históricas, sociais e culturais em que ocorrem.

No contexto do ensino, o conceito enunciado por Bakhtin pode ser aplicado para compreender como o diálogo entre professor e estudantes se desenvolve. Cada interação verbal - uma explicação do professor, uma pergunta de um estudante ou uma resposta a um problema - é um enunciado que reflete as condições específicas da sala de aula. Tais enunciados não são apenas específicos de informação, mas carregam as intenções pedagógicas do professor, as dúvidas ou compreensões dos estudantes e os contextos que ambos compartilham. Como Bakhtin (2009, p. 179) destaca, “o enunciado reflete as condições específicas e as finalidades de cada uma dessas esferas”, ou seja, o discurso é sempre moldado pelo contexto e pelas interações entre os participantes.

Então, nota-se que os enunciados podem ser vistos como construções de significados científicos. Quando o professor explica um conceito científico, como Diferença de Potencial, ele adapta o conteúdo (temático), o estilo (linguagem técnica ou mais acessível) e a construção composicional (estrutura da explicação) para o contexto da sala de aula. Em vista disso, o enunciado carrega as condições do campo da Física, mas também é ajustado às necessidades dos aprendizes.

Bakhtin (2003, p. 282) aponta que “a língua penetra na vida através dos enunciados concretos que a realizam, e é também através dos enunciados concretos que a vida penetra na língua”, ressaltando a interdependência entre linguagem e contexto social. Com isso, quer-se dizer que o enunciado não é apenas uma forma de expressão isolada, mas, sim, um ponto de convergência em que a língua, o contexto e os participantes se entrelaçam. Cada enunciado, por conseguinte, reflete as circunstâncias específicas de sua produção, levando em

conta fatores históricos, culturais e sociais que influenciam tanto a forma quanto o conteúdo da comunicação. Ignorar essas origens contextuais compromete a interpretação do discurso, reduzindo-o a uma compreensão superficial e, muitas vezes, distorcida. Para uma análise precisa, é imprescindível considerar os múltiplos fatores que moldam cada enunciado, reconhecendo sua complexidade e a riqueza de significados que ele pode carregar, dependendo do contexto em que é emitido.

Essa interconexão entre os enunciados revela como a linguagem é um fenômeno dinâmico e em constante evolução, onde as vozes e as experiências de diferentes grupos se conectam. Portanto, a análise do discurso deve sempre levar em conta essas nuances, reconhecendo que cada enunciado é parte de um diálogo mais amplo que reflete a complexidade da vida social. Essa abordagem enriquece a compreensão do discurso e suas implicações, permitindo uma análise mais profunda e contextualizada. Como Bakhtin destaca, o significado de um discurso é indissociável do contexto social que o engendra. Em razão disso, a análise do discurso deve considerar as condições históricas, culturais e sociais que moldam a linguagem, reconhecendo que a palavra é sempre impregnada pelas circunstâncias e pelos sujeitos que a cercam.

Com base nos processos de interação em sala de aula de Física e na análise dos elementos semióticos que estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem nesse microcosmo, é imprescindível destacar os gêneros do discurso na perspectiva de Bakhtin (2003, p. 261-262) para o qual:

O emprego da língua efetua-se em forma de enunciados (orais e escritos) concretos e únicos, proferidos pelos integrantes desse ou daquele campo de atividade humana. Esses enunciados refletem as condições específicas e as finalidades de cada referido campo não só por seu conteúdo (temático) e pelo estilo de linguagem, ou seja, pela seleção dos recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais da língua mas, acima de tudo, por sua construção composicional. Todos esses três elementos - o conteúdo temático, o estilo, a construção composicional - estão indissoluvelmente ligados no todo do enunciado e são igualmente determinados pela especificidade de um determinado campo da comunicação. Evidentemente, cada enunciado particular é individual, mas cada campo de utilização da língua elabora seus *tipos relativamente estáveis* de enunciados, os quais denominamos *gêneros do discurso*.

A riqueza e a variedade dos gêneros do discurso são infinitas, pois a variedade virtual da atividade humana é inesgotável, e cada esfera dessa atividade comporta um repertório de gêneros do discurso que

vai diferenciando-se e ampliando-se à medida que a própria esfera se desenvolve e fica mais complexa.

De acordo com o autor, há uma heterogeneidade nos gêneros do discurso, que podem ser tanto orais quanto escritos. Nesse contexto, a aula pode ser vista como um gênero do discurso, pois possui elementos que a configuram como tal. Assim,

Uma determinada função (científica, técnica, publicista, oficial, cotidiana) em determinadas condições de comunicação discursiva, específicas de cada campo, geram determinados tipos de enunciados estilísticos, temáticos e composicionais relativamente estáveis (Bakhtin, 2003, p. 266).

Um gênero discursivo passa a existir quando dois ou mais sujeitos o regulamenta como uma forma específica de comunicação. Trata-se de uma unidade de conhecimento que adquire significado no contexto social. Para Rojo (2007), a esse respeito, os gêneros discursivos podem ser também objeto de ensino e aprendizagem, pois são meios pelos quais o conhecimento circula, é transmitido e ressignificado dentro das diversas esferas sociais e culturais. Essa perspectiva de estudo se insere na abordagem teórico-metodológica dos estudos bakhtinianos que se baseiam em conceitos centrais como dialogia, polifonia, réplica e responsividade.

Dentro dessa abordagem, os processos interacionais entre professores e estudantes são interpretados como formas de interação dialógica. Para Bakhtin (2009), esses diálogos são permeados por entrecruzamentos ideológicos. Ou seja, as perguntas dos estudantes representam enunciados que podem expressar dúvidas, experiências e compreensões prévias. Por sua vez, as respostas do professor são permeadas por enunciados que têm como objetivo tanto esclarecer o conteúdo quanto moldar a visão científica. Essa dinâmica dialógica incorpora diferentes perspectivas, evidenciando os “entrecruzamentos ideológicos” referenciados por Bakhtin, já que o professor e os aprendizes trazem perspectivas distintas ao diálogo. Logo, é possível conceber o diálogo bakhtiniano como algo que transcende a mera interlocução verbal, abrangendo dimensões mais amplas das interações sociais e ideológicas.

Ainda em concordância com o autor, as marcas presentes nos sujeitos e em suas falas são construídas por meio de um processo dialógico e bidirecional, ou

seja, “o ser, refletido no signo, não apenas nele se reflete, mas também se refrata” (Bakhtin, 2009, p. 46). Isso implica que os entrecruzamentos ideológicos que permeiam os diálogos revelam que a identidade dos sujeitos não é simplesmente refletida na linguagem, mas também refratada por ela, sendo moldada e ressignificada ao longo das interações discursivas. Em outras palavras, a linguagem não é um espelho passivo da realidade, mas um espaço ativo onde as experiências e as visões de mundo dos sujeitos se encontram e se transformam, gerando novos significados a partir das trocas comunicativas. Esse processo contínuo de reflexão e refração nas interações, marcado pela pluralidade ideológica é essencial para entender como as vozes dos indivíduos se inserem em um contexto social dinâmico.

Com base nessas reflexões, os estudos de Bakhtin revelam a natureza dinâmica e interativa da linguagem, que contribui para um olhar mais profundo sobre as relações discursivas no processo de aprendizagem. Nessa perspectiva, as interações discursivas vão além da mera transmissão de conhecimento, configurando-se como um espaço no qual os significados científicos são continuamente construídos e ressignificados. Esse processo de ressignificação é um aspecto fundamental na construção do aprendizado, e é justamente nesse ponto que a compreensão do discurso na educação científica se torna essencial para o aprofundamento das práticas pedagógicas, o que exploramos no próximo tópico.

2.2 DISCURSO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

A partir do final da década de 1970, o interesse pelos estudos discursivos no ensino das ciências naturais emergiu em resposta às pesquisas em educação científica que destacaram a relevância da participação ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem. Inicialmente, essa abordagem focava na “interação dos aprendizes com conceitos e objetos concretos, baseando-se no construtivismo interacionista individual, influenciado pelas ideias de Piaget” (Edwards; Mercer, 1993, p. 18). No entanto, nas décadas subsequentes, houve uma transição para o socioconstrutivismo ou sociointeracionismo, fundamentada nas teorias de Vygotsky. Esse entendimento deriva da percepção de que a linguagem e o pensamento passaram a ser vistos como mecanismos cognitivos indissociáveis.

Assim, a construção do conhecimento científico passou a depender da interação entre indivíduos com diferentes níveis de expertise, permitindo que os estudantes tivessem acesso aos significados da cultura científica (Silva; Laburú; Silva, 2018).

À luz de orientar os estudantes na construção de sistemas de significados científicos mais permanentes e profundos, a participação ativa nas duas abordagens educacionais prospera quando a interação entre o sujeito e os objetos, tal como entre os próprios sujeitos, é promovida simultaneamente às funções representativas e comunicativas da linguagem. Essa dupla função, aliada à participação ativa, permite que os aprendizes expressem suas ideias publicamente, comparem-nas, negociem visões diferentes e ajustem suas interpretações sobre a realidade durante as interações sociais (Godoy, 2016; Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

As práticas de ensino e aprendizagem passam por procedimentos interativos e comunicativos, nos quais os estudantes são orientados de forma sistemática e planejada pelos professores de ciências na construção de conhecimentos específicos sobre determinados campos da realidade. Por isso, promovem-se mecanismos que favorecem a criação de significados compartilhados, cada vez mais ricos, complexos e adequados a esses domínios de estudo.

Diante das situações mencionadas, as abordagens discursivas no âmbito da linguística contemplam diversas linhas de investigação, entre as quais se destaca a comunicação educacional. A respeito dela, o estudo de Sinclair e Coulthard (1975) é considerado um dos pioneiros, ao propor um esquema para analisar a dinâmica discursiva em ambientes de ensino. Cada interação verbal em uma aula pode ser organizada em um conjunto limitado de categorias discursivas, com padrões específicos e qualitativos que se relacionam ao tipo de abordagem pedagógica empregada. Consoante Edwards e Mercer (1993), essa categorização é essencial para entender como o discurso influencia o processo de ensino e aprendizagem, tendo em vista que diferentes padrões discursivos impactam, diretamente, a interação entre educadores e aprendizes. Um padrão básico de fala “que se inicia com a fala do professor e visa a uma resposta do estudante, com o objetivo de que este faça um comentário avaliativo ao professor que não pode ser ignorado” (Edwards; Mercer, 1993, p. 9). Estudos na área de educação científica que priorizam o conteúdo em detrimento da forma têm utilizado essa estrutura linguística para

atender a diferentes objetivos relacionados ao ensino e à aprendizagem (Capecchi; Carvalho, 2000).

Na verdade, os estudos sobre o discurso educacional ressaltam a necessidade de se criar um ambiente de sala de aula que favoreça a coparticipação na construção do conhecimento. Nesse ínterim, os educadores desempenham um papel fundamental para promover estudantes intrigados e encorajados a expressar suas ideias de forma independente. Sob essa ótica, ações educativas são incentivadas a estimular estudantes questionadores, evitando práticas mecânicas e a aprendizagem passiva de conceitos. Pelo emprego desse modelo de educação, enfatiza-se a importância de cultivar um aprendiz crítico, uma proposta defendida há muito tempo (Siegel, 1980).

A mudança na dinâmica da sala de aula é reforçada por autores como Edwards e Mercer (1993), que ressaltam que a interação verbal e o diálogo ativo entre estudantes e professores estimulam o pensamento crítico, promovendo um ambiente de aprendizado mais engajador e colaborativo. O engajamento em atividades de práticas discursivas, colunas mestras do processo pedagógico de investigação (Kawalkar; Vijapurkar, 2013), ativa diversas habilidades cognitivas de caráter geral como questionar, debater, analisar, avaliar, sintetizar e generalizar, além de desenvolver habilidades de comunicar, resolver problemas, tomar decisões, criar e testar hipóteses (Bailin, 2002). Intrinsecamente, o debate reflexivo é um processo dialógico (Maloney; Simon, 2006) e por reunir todas essas habilidades é necessário à racionalidade lógica em geral e, em particular, à racionalidade científica (Osborne, 2004).

Assim, esse tipo de prática discursiva concorre para o desenvolvimento do pensamento crítico e lógico, além de promover o respeito por opiniões divergentes em um ambiente que favorece a livre construção de ideias e propostas (Siegel, 1980). Essa prática enriquece o aprendizado, ao mesmo tempo em que contribui para a formação de um espaço colaborativo onde diferentes perspectivas são valorizadas e debatidas.

Retomando ao campo do discurso, Orlandi (1996) enfatiza que essa área de estudo se concentra em como a linguagem opera na construção de significados. O discurso, então, pode ser entendido como a manifestação da língua em ação,

essencial para a criação de sentidos e interpretações. Para Bakhtin (2009), o discurso é compreendido como um “diálogo vivo”, caracterizando-se por estar sempre orientado para a interação, na expectativa de uma resposta que ainda não foi expressa, mas que é gerada pela própria dinâmica do diálogo. Essa perspectiva ressalta a natureza interativa da comunicação, na qual as respostas seguem as perguntas, ao mesmo tempo em que são provocadas pela interação em si. Dessa forma, reconhecer a unidade do discurso como objeto de análise é compreender a amplitude do domínio da linguagem. Trata-se de decifrar o jogo interacional e ideológico em que as manifestações linguísticas se inserem, bem como as regulamentações de poder e conhecimento às quais estão sujeitas (Godoy, 2016).

Autores como Edwards e Mercer (1993), Aguiar e Mortimer (2005) e Martins (2008) ressaltam a centralidade do discurso para estimular a aprendizagem, destacando seu papel na interação entre educadores e estudantes, que juntos constroem e compartilham significados, tanto de maneira coletiva quanto individual. Martins (2008), ao adotar uma perspectiva crítica, propõe que o discurso na sala de aula seja estruturado de modo a integrar os estudantes no processo de aprendizagem, permitindo-lhes participar não unicamente como receptores, mas como co-construtores e reconstrutores do conhecimento. Para esse feito, o papel do educador deve ser, sobretudo, o de mediador, responsável por prover informações, promover interações afetivas e criar um ambiente propício ao diálogo e à troca de ideias. No entanto, como alerta Wells (1998), o discurso não deve ser tratado como um objetivo final em si, mas como um recurso essencial para atingir metas educacionais mais amplas.

Coll e Onrubia (1998, p. 80) afirmam que os participantes da interação discursiva devem “explicitar os significados que constroem, tanto para si mesmos quanto para os outros, sendo necessário que os revelem claramente”. O discurso na Educação Científica, em vista disso, dá enfoque aos processos pelos quais os participantes em sala de aula utilizam a fala e outros elementos extralinguísticos para expor e reexplicar os conteúdos que estão sendo ensinados e aprendidos. Dessa forma, a dimensão semiótica do discurso, que consiste em tornar o abstrato mais concreto, desempenha um papel fundamental na definição e redefinição da atividade compartilhada ao longo do processo educativo.

Deve-se frisar que a forma como o discurso é gerido pelo professor é fundamental para a construção de significados pelos estudantes. A esse respeito, Monaco (2013, p. 209) postula que “o estilo discursivo adotado pelo educador pode tanto facilitar quanto dificultar essa construção”. Como figura central no processo educacional, o professor exerce influência significativa sobre a estrutura do discurso em sala de aula, sendo corresponsável tanto pela forma quanto pelo conteúdo das interações no contexto da Educação Científica. Nesse sentido, Mortimer e Scott (2002) identificaram diferentes abordagens comunicativas que influenciam diretamente a dinâmica das interações em sala de aula. Essas abordagens discursivas serão exploradas na próxima seção.

2.3 DISCURSO DIALÓGICO E DE AUTORIDADE NA ABORDAGEM COMUNICATIVA

A abordagem comunicativa é considerada central na estrutura proposta, seguindo os parâmetros definidos por Mortimer e Scott (2002). Segundo os autores, a maneira como o professor conduz suas intenções e conteúdos por meio de distintas intervenções pedagógicas dá origem a diferentes formas de interação em sala de aula. Eles destacam que a abordagem comunicativa está centrada em dois pontos fundamentais: o professor estabelece diálogo com os alunos? Ele considera suas ideias no processo de construção dos conceitos científicos ao longo das aulas? Como resposta a essas indagações, os autores caracterizam a comunicação entre professor e estudantes em duas dimensões principais: discurso dialógico e discurso de autoridade.

A primeira abordagem comunicativa se refere ao discurso dialógico. No estudo de Mortimer e Scott (2002), nesse tipo de discurso, o professor considera as contribuições dos estudantes, respeitando seus pontos de vista e favorecendo a troca de ideias. Essa interação, entre outros benefícios, enriquece o ambiente de aprendizagem onde a diversidade de opiniões é vista como componente essencial do processo educativo (Corrêa, 2016). Não por acaso, Quadros e Mortimer (2018) reforçam a importância de valorizar essa variedade de perspectivas, salientando a interação entre os participantes como um aspecto central para a construção de significados, que se realiza essencialmente por meio da linguagem enquanto

ferramenta mediadora entre o pensamento e o conhecimento.

Nesse sentido, como já foi abordado no primeiro tópico deste capítulo, a linguagem enquanto meio essencial de comunicação no ensino também reflete as dinâmicas de poder e a construção de conhecimento entre professor e estudantes. Logo, o discurso dialógico, ao abrir espaço para a troca de ideias, manifesta-se por meio de uma linguagem inclusiva que considera e respeita as contribuições dos aprendizes. Essa abordagem linguística promove uma relação de diálogo para que os estudantes se sintam parte ativa do processo educativo, possibilitando uma aprendizagem mais reflexiva e colaborativa (Bakhtin, 2003).

Nesse âmbito, como exemplificam Mortimer, Moro e Sá (2018), uma intervenção do professor pode ser dialógica quando busca contemplar diferentes visões em sua fala. Assim, mesmo que as ideias dos estudantes não sejam cientificamente corretas, elas são valorizadas como parte fundamental do processo de aprendizagem. O discurso dialógico, por isso, promove a coexistência de diferentes opiniões sobre o mesmo tema, abrindo espaço para uma diversidade de interpretações durante o diálogo.

Conforme proposições de Amaral e Mortimer (2004), o discurso dialógico nas aulas de ciências, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, é raro e tende a desaparecer ao longo do desenvolvimento da sequência planejada pelo professor. Normalmente, esse tipo de discurso não é retomado no encerramento de um tema ou sequência de conteúdo. Silva (2015) também aponta que, à medida que os estudantes assimilam os conceitos científicos, o uso desse tipo de discurso costuma ser abandonado. Sob essa ótica, o foco, muitas vezes, se desloca para uma forma de comunicação mais centrada na autoridade do professor, cuja função passa a ser a explicação e transmissão clara dos conceitos propostos pela ciência.

A segunda abordagem comunicativa, denominada discurso de autoridade, é descrita por uma apresentação estruturada dos conteúdos, em que o foco é a transmissão de um ponto de vista científico aceito, sem abrir espaço para a discussão de outras perspectivas (Mortimer; Scott, 2002). Nesse tipo de discurso, o professor valoriza as ideias dos estudantes que corroboram o saber científico aceito, deixando de lado as contribuições que divergem dessa perspectiva (Mortimer; Moro; Sá, 2018). Nos moldes delineados por esses autores, as intervenções associadas a

essa abordagem discursiva tendem a favorecer uma perspectiva única, independentemente da participação dos estudantes nesse processo. Em outras palavras, prevalece uma única perspectiva, o que limita a possibilidade de troca de ideias e elimina o espaço para o debate.

Contudo, o discurso de autoridade se configura como um elemento central na organização da aprendizagem, pois é por meio dele que o professor estabelece a linguagem científica que orienta os estudantes no entendimento de conceitos específicos e técnicos. Neste tipo de discurso, a linguagem assume uma função mais diretiva, ajudando a guiar a construção do conhecimento de forma estruturada, sem perder de vista a necessidade de clareza e precisão (Mortimer; Scott, 2002).

Frente a isso, é oportuno esclarecer a diferença entre autoridade e autoritarismo. Embora o discurso de autoridade esteja presente nas práticas pedagógicas, conforme proposto por Mortimer e Scott (2002), ele não deve ser confundido com autoritarismo. No contexto educacional, a expressão “autoridade” refere-se à habilidade do professor em conduzir o diálogo em direção aos conceitos científicos corretos. Em contrapartida, o autoritarismo envolve o exercício do poder de forma opressiva, limitando a liberdade de expressão dos estudantes. Assim, a autoridade educacional deve ser compreendida como uma ferramenta para orientar o aprendizado e não como uma forma de imposição de poder.

Todavia, no decorrer das atividades discursivas, o professor amplia as possibilidades de intervenção nos conteúdos e apoia os estudantes na construção de significados científicos. Essa construção de conhecimento não se limita apenas ao uso do discurso dialógico. O docente deve alternar entre as abordagens dialógicas e de autoridade, a fim de estabelecer uma base sólida para as explicações científicas no ambiente escolar (Corrêa; Laburú; Silva, 2018). Como apontam Mortimer e Scott (2002, p. 302), “os estudantes podem ficar discutindo por uma eternidade determinado fenômeno e nunca chegar ao conceito científico que o justifique”. Diante disso, as intervenções de autoridade são tão relevantes quanto as dialógicas, posto que a linguagem da ciência é de autoridade (Corrêa, 2016).

Dito isso, entendemos que ambas as abordagens, dialógica e de autoridade, estão intimamente ligadas ao discurso, pois representam diferentes formas de uso da linguagem para alcançar objetivos educacionais distintos. Enquanto o discurso

dialógico se caracteriza pela abertura à diversidade de perspectivas, promovendo a construção conjunta do conhecimento, o discurso de autoridade foca na transmissão clara e unívoca dos conceitos científicos (Corrêa, 2016). Essas duas formas de linguagem não são antagônicas, mas complementares, sendo necessárias para que o ensino de ciências seja significativo.

No entanto, essa alternância entre as abordagens não deve ser feita de maneira indiscriminada. Conforme preconizado por Frauzino (2018), o uso excessivo tanto do discurso de autoridade quanto do discurso dialógico pode gerar desconfortos e complicações no ambiente de ensino. De acordo com a autora, a prática constante de abordagens dialógicas pode dificultar o planejamento das aulas, pois a ausência de limites nas ideias e conteúdos envolvidos pode resultar em momentos de dispersão entre os estudantes. Por outro lado, a utilização desmedida do discurso de autoridade tende a transformar as aulas em um processo de mera transmissão de informações, o que não favorece a construção de significados dos estudantes (Frauzino, 2018).

Diante dessas ponderações, considerar o equilíbrio entre os diferentes gêneros discursivos pode promover um ambiente de aprendizagem mais equilibrado, sendo benéfico para o desenvolvimento simultâneo de aulas participativas e diretas. Com base nessa orientação, é possível estabelecer uma conexão entre os elementos semióticos centrais desta pesquisa e os gêneros discursivos de Mortimer e Scott (2002). Nessa perspectiva, o sinal, por ser direto e explícito, frequentemente mediado pelo ato sêmico de informação, alinha-se ao discurso em formato de autoridade do professor que orienta a discussão. Esse gênero discursivo se apoia na função diretiva da linguagem, oferecendo clareza e precisão na transmissão da mensagem. Opostamente, a indicação circunstancial ao fornecer contexto e complementar a mensagem do sinal, mediada pelos atos sêmicos de interrogação e ordem, alinha-se ao discurso dialógico, que incentiva o aprendiz a desenvolver e compartilhar suas próprias interpretações, criando um ambiente em que o diálogo e a colaboração são favorecidos. A interação entre esses dois tipos de discurso, portanto, auxilia na estrutura da comunicação e proporciona um espaço para a construção de significados compartilhados, com a linguagem desempenhando o papel fundamental de mediar e construir o conhecimento.

É relevante mencionar, outrossim, que a interação entre o discurso dialógico e de autoridade leva à formação de quatro categorias comunicativas formuladas por Mortimer e Scott (2002): interativo/dialógico, interativo/de autoridade, não-interativo/dialógico e não-interativo/de autoridade. No entanto, não aprofundaremos essas categorias nesta pesquisa, visto que ela se concentra nos elementos da semiótica comunicativa e sua influência na aprendizagem. Por essa razão, ao nos debruçarmos sobre a dinâmica discursiva e a construção de conceitos, o foco recai sobre o papel dos elementos semióticos na prática educativa, em vez de uma análise estrita dos gêneros discursivos. Destarte, os estudos de Mortimer e Scott servem como uma base teórica que ilumina nossa investigação, mas não limita a análise a categorias predefinidas, permitindo uma exploração mais abrangente e contextualizada dos processos de ensino e aprendizagem.

3 MULTIMODALIDADE REPRESENTACIONAL

Antes de explorar os princípios das múltiplas representações e multimodos, é necessário compreender as definições e diferenças entre os conceitos de representação, múltiplas representações, multimodos e multimodalidade representacional.

A *representação*, segundo Laburú e Silva (2011), pode ser definida da mesma maneira que se define o signo linguístico. Ou seja, a representação é o vínculo que mantemos entre algo de nossos cinco sentidos e a evocação de outra coisa que está ausente, cuja existência se dá no plano mental. Trata-se de uma forma de expressar algo que vai evocar um significado e, por isso, é comparada com a definição de signos. Como exemplo, temos a linguagem verbal, linguagem de sinais, imagens, símbolos e álgebra etc.

Sob essa ótica, a expressão *múltiplas representações*, por sua vez, refere-se às diversas formas de apresentar um mesmo conceito ou processo científico (Prain; Waldrip, 2006). Em outras palavras, refere-se ao conjunto de distintas produções acerca de diferentes aspectos de um determinado objeto de estudo, ou então de um único ponto de vista, com base em semelhantes representações gradativamente mais refinadas (re-representar) (Tytler; Prain; Hubber; Waldrip, 2013). Vergennes (2021, p. 53) exemplifica essa definição ao mencionar o arco-íris como um fenômeno natural que “pode ser ilustrado, explicado em um texto escrito e experienciado em laboratório por meio de um experimento de decomposição da luz branca por um prisma, dentre outras possibilidades (modos representacionais imagéticos, verbal escrito e 3D)”.

O termo *multimodos*, ou modos de representação, referem-se “aos meios sensoriais ou recursos perceptivos” (Radford; Edwards; Arzarello, 2009) pelos quais essas representações são expressas, pensadas e realizadas. Nessa conjuntura, Gregório (2021) destaca os modos oral, visual e visual corporal ou gestual como os mais utilizados em sala de aula. Em sintonia com a autora, o modo oral permite a apreensão e exposição de conceitos, por meio de argumentação, discussão e instrução. Já o visual envolve diversos recursos normalmente utilizados nas aulas, como desenhos, diagramas, gráficos, textos escritos, atividades experimentais,

simuladores entre outros. Por sua vez, o modo gestual inclui a pantomima, mímica, movimentos corporais, observação de procedimentos e operações em experimentos, constituindo-se de uma subcategoria do modo visual. Adicionalmente, o modo tátil, identificado na pesquisa de Hernandez (2023), é apontado como outro recurso perceptivo que oferece suporte ao ensino por meio da manipulação de objetos e modelos. Embora haja discussões sobre a distinção entre formas e modos de representação, Laburú, Zômpero e Barros (2013) ressaltam que qualquer forma de representação exige um meio físico para se concretizar.

A *multimodalidade representacional*, por sua vez, trata da integração de diferentes modos e formas de representação no discurso científico de diferentes modos e formas de representar processos, descobertas, raciocínios e implicações científicas (Tytler; Prain; Peterson, 2007; Laburú; Zômpero; Barros, 2013). Na prática, isso significa expor aos estudantes diversos recursos expressivos, como gráficos, tabulares, analógicos, diagramáticos, gestuais, imagéticos, visual interativo, metafóricos, matemáticos, simbólicos, cinestésicos, entre outros. Aprender, nas palavras de Laburú e Silva (2011), envolve uma articulação de representações semióticas que, juntas, compõem o significado dos conceitos e processos científicos.

Frente a esses esclarecimentos, esta seção está organizada da seguinte maneira: iniciamos com uma reflexão acerca das particularidades da linguagem científica, de natureza multimodal, relacionando o pensamento científico; em seguida, discutimos o modo oral e gestual na dinâmica discursiva; e, por fim, exploramos o potencial das representações visuais na construção do conhecimento.

3.1 MULTIMODALIDADE E PENSAMENTO CIENTÍFICO

O conhecimento científico é estruturado a partir de uma linguagem específica que utiliza múltiplas formas de representação e explora diferentes modos discursivos para expressar conceitos e ideias. É intrínseca, nas disciplinas científicas, a integração de diversas formas e modos de representação, pois cada tipo de representação atende a propósitos diferentes (Laburú; Barros; Silva, 2014).

As investigações em educação científica têm evidenciado, “um crescente reconhecimento de que a aprendizagem dos conceitos e dos métodos da ciência

são realçados quando permanecem associados à compreensão de diferentes formas de representação” (Laburú; Barros; Silva, 2011, p. 471) e, conseqüentemente, ao ensino de várias linguagens, em que os modos linguísticos, gráficos, tabulares e numéricos, entre outros, são integrados e organizados para comunicar e explicar conceitos de forma clara (Ainsworth, 1999; Tytler; Prain; Peterson, 2007; Laburú; Silva, 2011; Laburú; Zômpero; Barros, 2013). De fato, o aprendizado em ciências exige a compreensão dessas múltiplas representações, a atribuição de significados a elas e a habilidade de articulá-las em um discurso coerente (Laburú; Silva, 2011; Laburú; Barros; Silva, 2014).

Diante da indissociabilidade entre pensamento e linguagem, conforme reforçado por Vygotsky e discutido nos tópicos anteriores, Laburú, Zômpero e Barros (2013) associam o pensamento de Vygotsky (2003) à teoria das múltiplas representações, apontando que o pensamento científico depende da utilização cooperativa de múltiplos signos e representações. Essa articulação se manifesta em um tipo particular de linguagem científica, que é composta por diversos modos que servem para comunicar e organizar o conhecimento no ensino de ciências.

Na perspectiva de vincular o pensamento científico a múltiplas representações, encontra-se diversas pesquisas que defendem o papel da multimodalidade no ensino das ciências. Como argumenta Ainsworth (1999), o uso coordenado de diferentes formas de representação não apenas facilita a compreensão, como também enriquece o processo cognitivo, ao permitir que os estudantes explorem conceitos sob diferentes ângulos. Nessa linha de pensamento, Tytler, Prain e Peterson (2007) argumentam que a aprendizagem científica exige uma habilidade de transitar entre essas diversas representações, desenvolvendo uma fluência semiótica que é central para a construção e a comunicação do conhecimento científico.

Como a linguagem científica é caracterizada pela integração de diferentes formas e modos de representações comunicativas, entendemos que cada representação semiótica atua como instrumento do pensamento, que abre diversas possibilidades de interpretação e reflexão (Laburú; Barros; Silva, 2013). Para compreender e expressar manifestações de física, por exemplo, utilizamos frequentemente formas verbais, imagéticas, gestuais, algébricas, figurativas

dinâmicas, além de recursos didáticos, como experimentos. Devido ao caráter abstrato dos conceitos de circuitos elétricos, o uso de múltiplas modalidades é essencial para a compreensão e comunicação. Logo, o pensamento científico não pode ser dissociado de suas diversas formas de representação, visto que essas são utilizadas para manifestar conceitos, ideias, princípios e grandezas que constituem os conceitos e fenômenos envolvidos (Laburú; Silva, 2011).

A atribuição de significados, ou seja, o ato de pensar, não depende exclusivamente da linguagem verbal, mas envolve uma interação entre diferentes sistemas de representação. Dito isso, os diferentes modos de comunicação desempenham funções específicas que conferem significado às representações científicas, ou seja, cada modo possibilita a representação de um mesmo conceito ou processo científico de maneira única, evitando assim a redundância (Radford; Bardini; Sabena, 2007). Nesse sentido, os significados gerados de um modo se entrelaçam e se complementam com os significados de outros modos. Como afirmam Mortimer *et al.* (2015, p. 124), “os significados são produzidos, distribuídos, recebidos, interpretados e refeitos a partir da leitura de vários modos de representação e comunicação”. Essa interação, integração e coordenação de multimodos facilitam o aprofundamento na compreensão conceitual dos estudantes, sendo essa interação um fator determinante para superar falhas ou lacunas na aprendizagem (Prain; Waldrup, 2006).

Diversos estudos apontam para uma conexão significativa entre a atividade científica, a produção de significados e as escolhas representacionais que favorecem a aprendizagem dos estudantes (Klein, 2003; Tytler; Prain; Peterson, 2007). Como foi discutido, o conhecimento científico é formado por uma linguagem multimodal, repleta de símbolos e representações específicas. Assim, estes são usados para representar conceitos, ideias, princípios e grandezas que fazem parte das teorias e fenômenos envolvidos nesse campo de estudo, o que justifica a força desse pensamento (Laburú; Silva, 2011).

Vale ressaltar que o aprendizado de novos conceitos implica em aprender como representá-los e compreender o que essas representações significam (Ainsworth, 1999). Na realidade, ao dizer que um aprendiz está entendendo ou que aprendeu algo, infere-se que ele consiga mobilizar esse conhecimento tanto no

contexto específico das representações ensinadas quanto em situações diferentes, sendo capaz de converter registros e traduzir o conhecimento para outras formas de representação (Laburú; Silva, 2011). Com isso, torna-se necessário que os estudantes se familiarizem com as diferentes formas de representação, evitando a dependência de um único modo, visto que isso pode restringir a compreensão de conceitos científicos (Laburú; Barros; Silva, 2011).

Nesse âmbito, quanto mais diversas representações semióticas forem oferecidas durante o processo de ensino, mais bem sucedida e facilitada será a aprendizagem (Laburú; Zômpero; Barros, 2013). A integração de múltiplos modos de representação é vista por Lemke (2003) como a chave para a compreensão dos conceitos científicos, pois cada modalidade atende a necessidades específicas no raciocínio e na abordagem de questões científicas. Essa multiplicidade de modos representacionais se torna especialmente relevante quando consideramos os modos oral e gestual que desempenham papel crucial nas dinâmicas discursivas e na construção do conhecimento.

3.2 MODO REPRESENTACIONAL ORAL E GESTUAL EM DINÂMICAS DISCURSIVAS

Considerando que a construção de um conceito requer a mobilização de múltiplas linguagens e que a significação emerge da mediação entre distintas interpretações, torna-se plausível afirmar que o ato de ensinar se fundamenta primordialmente em um processo de dialógico (Mortimer; Scott, 2002; Lemke, 2003). Assim, manter “um diálogo oral com os estudantes, que é um modo representacional privilegiado, já que, de maneira geral, medeia os demais modos, favorece a produção de novos significados, a verificação e a regulação do encaminhamento dos pensamentos dos aprendizes” (Laburú; Barros; Silva, 2011, p. 483). Ao proporcionar que os aprendizes façam um esforço para expressar verbalmente seus pensamentos gerados por outros modos, abre-se uma oportunidade para que seus conhecimentos se interliguem, organizem, estruturem e se desenvolvam (Laburú; Barros; Silva, 2011). Isso ocorre sempre que as conexões internas e as relações entre diferentes representações são reconhecidas, valorizadas e reapresentadas pelos próprios estudantes.

Eco (2014) argumenta que o modo oral é o meio mais eficaz para que o indivíduo expresse seus pensamentos, destacando-se por sua flexibilidade: tanto na articulação quanto na combinação. Isso o coloca em posição de destaque em relação a outros sistemas semióticos e ocorre porque toda experiência humana, assim como qualquer conteúdo que seja transmitido por meio de outros modos, pode ser reduzida ou traduzida em termos orais, enquanto o contrário nem sempre se mostra viável (Eco, 2014). De modo análogo, Mortimer e Scott (2002) reforçam essa perspectiva, ao destacar que a oralidade possibilita a exploração de ideias, a construção compartilhada de significados e a conexão entre conceitos científicos e o cotidiano dos aprendizes. Para esses autores, a linguagem verbal representa o recurso semiótico mais potente que o ser humano possui. Contudo, eles admitem que há conteúdos que podem ser expressos de forma mais impactante por meio de sistemas não verbais, os quais podem atingir dimensões semânticas que uma linguagem falada não consegue abranger.

Na perspectiva do modo oral, marcadamente, nas interações orais do professor em sala de aula, a prosódia - que envolve a variação e modulação da linguagem falada - se destaca como um elemento fundamental para um desempenho comunicativo bem-sucedido. Azevedo (2014), aborda aspectos prosódicos, como a variação na frequência, intensidade e velocidade da fala, além de pausas, prolongamentos e articulação acentuada, como aspectos que impactam significativamente a eficácia da transmissão da mensagem. Mortimer e Scott (2002) reforçam essa ideia, ao sugerirem que o uso intencional da prosódia contribui para mediar conceitos científicos, tornando-os mais acessíveis. Lemke (2003) enfatiza que o ritmo e a entonação ajudam a estabelecer um diálogo produtivo, fortalecendo o engajamento e a compreensão do conteúdo.

Adicionalmente, considera-se pertinente a dimensão afetiva da prosódia. Como argumenta Moro *et al.* (2015), a forma como as informações são apresentadas pode evocar respostas emocionais nos ouvintes, o que é decisivo para o engajamento dos aprendizes. Quando um professor utiliza variações prosódicas de maneira consciente, ele transmite informações, e, de modo concomitante, comunica emoções e interesses que podem motivar ou desmotivar os estudantes.

Outro aspecto relevante da linguagem oral no ensino de ciências é a análise

do discurso científico, que se baseia nesse modo representacional, permitindo que os estudantes usem a fala para apresentar e reconfigurar suas compreensões sobre os conteúdos científicos (Mortimer; Scott, 2002; Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021). Em conformidade com esses autores, é pelo uso desse modo discursivo que os aprendizes tornam seus significados mais explícitos e se veem desafiados a comunicar suas ideias.

Em consonância com essa visão, Lemke (2003) também aponta que, no contexto científico, o uso da oralidade permite aos estudantes refletir, reavaliar e redefinir o conhecimento de forma mais dinâmica e interativa, potencializando o aprendizado.

Laburú e Silva (2011) apresentam cinco razões que conferem à linguagem oral uma posição privilegiada. Primeiro, a linguagem verbal emerge como uma habilidade natural e espontânea do ser humano. Segundo, a verbalização serve como um instrumento para acompanhar e avaliar a construção do conhecimento científico. Terceiro, essa forma de comunicação permite a correção de equívocos conceituais e o preenchimento de lacunas de aprendizagem, facilitando o diagnóstico e o redirecionamento da compreensão por parte do professor. Quarto, o domínio das diferentes representações é essencialmente mediado pela palavra. Por último, a natureza dinâmica da fala promove o compartilhamento simultâneo e coletivo na construção do conhecimento científico.

Ao considerar a multimodalidade e as múltiplas representações, é imperativo ultrapassar os limites privilegiados dessa linguagem como única forma de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos. Embora essencial, o pensamento expresso exclusivamente em forma verbal não abrange toda a totalidade das formas de pensamento científico (Laburú; Zômpero; Barros, 2013). Quando combinada com outros modos representacionais, como experimentais, matemáticos, visual, visual figurativo ou gestuais, a linguagem verbal pode promover uma formação conceitual mais eficaz (Laburú; Barros; Silva, 2011).

Nesse sentido, a integração de diferentes sistemas semióticos (Eco, 2014) amplia a capacidade dos estudantes de adquirir um conhecimento mais significativo e de explorar a ciência de maneira mais completa.

Sob esse interesse, e considerando a sala de aula como um espaço social

complexo, em que o professor interage com os estudantes com a intenção de transmitir uma mensagem ou dar suporte ao desenvolvimento de um conceito científico (Mortimer; Scott, 2002), há uma inevitável heterogeneidade de formas de pensar e falar e os gestos podem ser relevantes para reduzir ambiguidades.

No processo comunicativo, os gestos são considerados signos expressivos emitidos, espontaneamente, na interação entre emissor e receptor (Eco, 1985; Laburú; Silva; Zômpero, 2015). Como formas de comunicação não verbal, os gestos e suas mensagens tornam-se objetos de estudo em um campo de investigação conhecido como Cinésica (Reitor; Trinta, 1990, *apud* Gregório, 2022), que se dedica a decodificar e sistematizar as comunicações não verbais manifestadas por meio de movimentos e sinais corporais. A relevância dos gestos na educação científica abre espaço para estudos que buscam compreender e explorar os significados transmitidos pelos gestos na comunicação científica (Laburú; Silva; Zômpero, 2015).

Algumas abordagens teóricas sobre o estudo do corpo partem da ideia de que o pensamento é uma atividade mental isolada, intangível e imaterial, que ocorre, exclusivamente na mente e é independente do corpo físico (Laburú; Silva; Zômpero, 2015). Essa visão clássica, no entanto, vem sendo contestada por estudos mais recentes na educação científica, os quais defendem que fala e gestos são componentes integrados de um mesmo processo cognitivo. Conforme Radford (2009), a fala e a gestualidade complementam-se e colaboram na expressão e facilitação da cognição.

Nesse contexto, a linguagem gestual se configura como uma ferramenta simbólica da comunicação, para pensar, consolidar explicações, expressar ideias, comunicar e significar os conceitos envolvidos na prática científica (Radford; Edwards; Arzarello, 2009; Laburú; Silva; Zômpero, 2015). Pesquisas demonstram que, ao realizar gestos, os professores utilizam movimentos corporais que apoiam o processamento de ideias e a construção conceitual dos estudantes (Kim; Roth; Thom, 2011). Para autores como Roth e Lawless (2002) e Radford (2009) os gestos oferecem “janelas” ao pensamento, revelando aspectos do conteúdo mental e consolidando-se como uma expressão inseparável da cognição.

De forma complementar à linguagem falada, a gestualidade, junto com expressões faciais, pausas, posições corporais e manipulação de objetos, atua como

suporte da linguagem verbal (Laburú; Silva; Zômpero, 2015). Assim, McNeill e Levy (1980, *apud* Moro *et al.*, 2015) observam que há uma conexão íntima entre a expressão dos gestos e a organização do anunciado, ou seja, a forma como o conteúdo verbal é estruturado e apresentado pelo falante (emissor). Para os autores, alguns gestos parecem revelar modelos concretos como imagens, símbolos e objetos, que direcionam a observação do ouvinte (receptor). Desse modo, a forma do gesto carrega informação que sugere a existência de modelos concretos, por meio dos quais o emissor representa a informação que deseja transmitir (McNeill; Levy, 1980, *apud* Moro *et al.*, 2015). Com isso, se quer dizer que o gesto opera como uma representação visual que ajuda a esclarecer e ilustrar o que está sendo dito, tornando a mensagem mais compreensível para o receptor.

Em meio a isso, entendemos que os gestos podem contribuir para a compreensão de um determinado conceito ou procedimento, ao capturar e manter a atenção do receptor. Assim, quando o professor enuncia palavras semelhantes a “observem o que vou fazer” enquanto gesticula e mostra alguma coisa, o gesto dá ênfase ou chama a atenção do estudante para aquilo sobre o que está sendo falado ou feito (Tabensky, 2001; Mortimer; Scott, 2002). Educadores atentos a essa dinâmica ressaltam o papel da linguagem gestual na comunicação de professores e estudantes, pois eles podem expressar nuances que a verbalização isolada não consegue transmitir de forma completa (Kim; Roth; Thom, 2011; Laburú; Silva; Zômpero, 2015).

Essas reflexões demonstram que as atividades corpóreas possuem relevância cognitiva significativa, destacadamente, por seu papel na ampliação e no refinamento do pensamento científico (Laburú; Silva; Zômpero, 2015). Em verdade, os gestos tornam-se um artifício semiótico não apenas por sua função “complementar e colaborativa na constituição do discurso, mas atua como artifício semiótico de apoio para que os pensamentos dos conceitos abstratos sejam construídos” (Laburú; Silva; Zômpero, 2015 *apud* Gregório, 2021, p. 48).

Ainda que o gesto e a gesticulação possam ter seus significados confundidos, para esta tese, fazem-se necessários alguns esclarecimentos. Primeiramente, importa frisar que o termo “gestos” se refere ao movimento corporal, que é estático, isolado e súbito (Laburú; Silva; Zômpero, 2015), ou seja, são gestos pontuais que

não envolvem uma continuidade de movimento e são realizados de forma instantânea, sem necessariamente uma sequência ou interação constante com outros gestos. Por outro lado, o termo “gesticulação” representa “gestos em ação”, ou seja, uma sequência de gestos instantâneos fragmentados e interligados que, juntos, completam uma ação no ambiente. Na educação científica, não há preocupação em separá-los rigorosamente, portanto, utilizamos o termo gestos sem distinção, com a intenção de abranger tanto os gestos em ação como os instantâneos.

As considerações sobre os gestos se ampliam para a gesticulação, que por essa razão é compreendida como uma forma de linguagem corporal com caráter representacional. Sob uma perspectiva pedagógica, a gesticulação envolve duas dimensões importantes: uma cognitiva, por sua função de apoio na formação do pensamento e na construção de significados durante o processo de aprendizagem; e outra de caráter processual e avaliativo, atuando como linguagem que permite ao professor compreender o sentido do que está sendo desenvolvido pelo estudante (Laburú; Silva; Zômpero, 2015).

Ressalta-se, ainda, que a modalidade representacional gestual nas práticas experimentais tem um papel pedagógico fundamental na construção de conceitos científicos, enfaticamente, no ensino e na aprendizagem das ciências naturais (Laburú; Silva, 2011). Isso se torna evidente nas atividades empíricas, em que os gestos, por meio de ações, procedimentos e manipulação com e sobre os artefatos científicos, compõem os elementos estruturais dos experimentos (Laburú; Silva, 2011).

Como apontado nas seções anteriores, da mesma forma como a linguagem verbal contribui para o desenvolvimento do intelecto, conforme Vygotsky (2003), os gestos e as ações atuam em conjunto com a verbalização para a formação do pensamento (Laburú, Zômpero, Barros, 2013). Com isso, é possível concluir que a articulação entre o modo oral e gestual possibilita a construção de um discurso mais compreensível, melhorando, por fim, a percepção do educador sobre os significados que os estudantes constroem.

3.3 REPRESENTAÇÃO IMAGÉTICA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Como discutido nas seções anteriores, a comunicação na educação científica é multimodal, ou seja, é constituída por diversos modos para se realizar, cujos conceitos se formam por “híbridos semióticos”, conforme definido por Lemke (2003), referem-se à integração de múltiplos modos semióticos - como linguagem verbal, representações visuais, gestos, símbolos matemáticos e outras formas de expressão - na construção do significado. Para o autor, os significados gerados de forma multimodal não são meramente somatórios, como se o texto verbal adicionasse algo à imagem ou vice-versa. Pelo contrário: eles são multiplicativos, em que o significado do texto verbal é modificado pelo contexto da imagem, e o significado da imagem é influenciado pelo texto verbal, construindo, assim, um todo que é maior que a soma de suas partes.

Nessa conjuntura, ao introduzir representações imagéticas na estratégia de ensino dessa pesquisa, é válido compreender os aspectos das representações que influenciam a aprendizagem, pois diversos estudos têm se concentrado na função das desse tipo de representação na construção e na representação de conceitos científicos (Martins; Gouvêa; Piccinini, 2005).

Embora as pesquisas adotem abordagens teóricas e metodológicas distintas, os seus interesses convergem em investigar as interações entre as representações imagéticas, o conhecimento científico e os processos de ensino e aprendizagem das ciências. Por exemplo, Pacca *et al.* (2003) propõem o desenho de modelos para exteriorizar os entendimentos dos aprendizes, da mesma maneira como Gouveia e Laburú (2005) os utilizam como símbolos-ponte antes de aprender as representações convencionais dentro do conteúdo de física trabalhado; Tytler, Prain e Peterson, (2007) investigam dificuldades em interpretar e compreender as representações gráficas; Klein e Laburú (2009) identificam aspectos necessários no processo de conceitualização e na produção de significados científicos, ao utilizar representações imagéticas em sala de aula. Mais recentemente, Silva (2023) discute amplamente a partir do modo de representação figurativo e particularizado a integração multimodal da estratégia empregada, mostrando como esse modo é capaz de se tornar eficaz para iniciar ou aprimorar a elaboração das ideias dos

aprendizes acerca das características de uma máquina térmica e da interpretação de um diagrama P-V relacionado.

Em termos gerais, acredita-se que alguns tipos de representações podem ser mais eficazes para a aprendizagem dos estudantes do que outros. Em vista disso, estudos indicam que as representações imagéticas, por exemplo, apresentam vantagens específicas em comparação com os textos escritos (Waldrup; Prain; Carolan, 2006). Assim sendo, as representações na forma de imagens são vistas como decisivos recursos visuais para a comunicação científica, visto que elas contribuem para a inteligibilidade do discurso científico, fornecendo uma visualização mais concreta de fenômenos e conceitos desse domínio, além de desempenharem um papel relevante na formação e conceituação de ideias científicas (Gouvêa; Martins; Piccinini, 2005).

Nesse contexto, Klein (2011) enfatiza que, além de facilitar a explicação e compreensão de conceitos, as representações visuais consistem em um veículo importante para comunicação de ideias científicas, considerando que os símbolos, figuras e diagramas são essenciais para descrever e desenvolver significados dentro desse domínio. A pesquisa de Tomio *et al.* (2013, p. 27), destaca que o objetivo das representações visuais é promover uma compreensão mais profunda nos estudantes, afirmando que “as imagens nas aulas de ciências possuem um papel mais central na construção e comunicação das ideias científicas do que aqueles tradicionalmente a elas atribuídos, como os de meras ilustrações ou de auxiliares na memorização”.

Essa perspectiva é corroborada por Laburú *et al.* (2011), que argumentam que a interação dos estudantes com diferentes modos representacionais permite a tradução de significados e a elaboração de novos entendimentos com maior aprofundamento cognitivo, afastando-se de uma instrução mecânica e pouco significativa. Logo, é imperativo que os educadores reconheçam o potencial das representações visuais para facilitar a compreensão dos conceitos e envolver os estudantes em um processo de aprendizagem mais significativo.

No entanto, a pesquisa de Gouvêa, Martins e Piccinini (2005) chama a nossa atenção para a dificuldade dos estudantes em interpretar as representações visuais de forma coerente e compatível com o objetivo para o qual foram propostas. Nessa

perspectiva, Unsworth (2001), Waldrup, Prain e Carolan (2006) e Klein e Laburú (2009), consideram que a alfabetização visual é essencial no processo de educação científica. Corroborando isso, para Pintó e Ametller (2002), não se pode, simplesmente, supor que esses recursos visuais sejam naturalmente inteligíveis ou claros para os estudantes, mas se deve considerar a necessidade de conhecimentos prévios dentro de um contexto para que o significado da imagem seja relevante e que o significado da imagem seja enfatizado por meio de legendas ou explicações verbais.

Embora haja consenso sobre a importância pedagógica do uso das representações visuais no processo de ensino e aprendizagem, diversas pesquisas enfatizam que a habilidade de as interpretar deve ser ensinada (Amador; Carneiro, 1999; Silva, 2006; Martins, 2008). O papel do professor é fundamental para mediar o uso dessas representações de forma que favorecem a construção de significados pelos aprendizes (Silva, 2006). Por conseguinte, torna-se necessário que os educadores estejam preparados para trabalhar com esse tipo de representação, pois o domínio dos recursos semióticos utilizados na construção do conhecimento científico permite uma intervenção mais eficaz no processo de aprendizagem dos estudantes (Waldrup; Prain; Carolan, 2006).

De forma análoga à linguagem verbal, os significados das representações visuais são construídos a partir das interações entre os participantes envolvidos: o emissor da representação, o receptor, a representação em si e o contexto em que ela é apresentada. Nesse sentido, as representações imagéticas refletem o princípio do dialogismo bakhtiniano, em que o significado não é uma construção isolada, mas emerge de uma interação contínua entre o emissor da imagem, o receptor e o contexto em que ela está inserida.

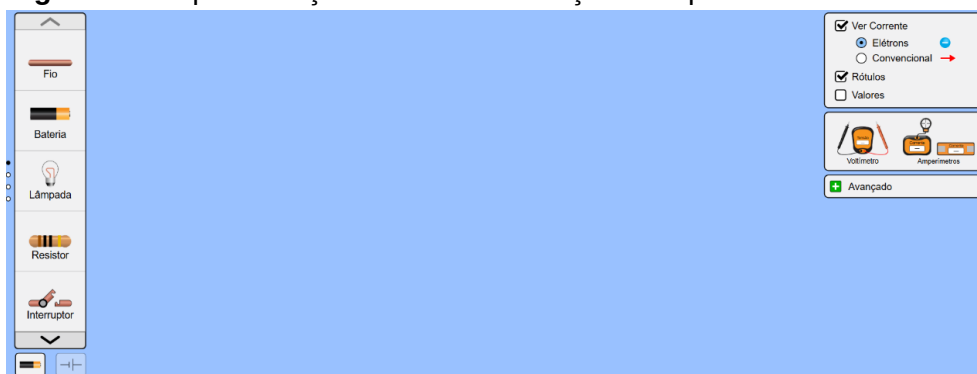
Assim como no diálogo verbal, no qual as palavras ganham significado por meio da troca entre interlocutores, as representações visuais também adquirem sentido por intermédio da relação dinâmica entre quem as cria, quem as interpreta e as situações que as envolvem (Carvalho; Aragão, 2015).

Essa dinâmica se amplia no contexto educacional, notoriamente, em disciplinas como a Física, em que as imagens tradicionais, como figuras e diagramas, muitas vezes, não são suficientes para representar a complexidade de

conceitos abstratos. Macêdo (2009), a esse respeito, ressalta que os professores de Física enfrentam, constantemente, vários problemas, ao tentar explicar para seus alunos fenômenos abstratos. Grande parte desses contratempos se origina do fato de que fenômenos abstratos não são facilmente concebidos ou visualizados apenas com o uso de palavras e gestos, tampouco são simples de representar por meio de imagens, já que explicações exclusivamente verbais podem ser ambíguas ou insuficientes para transmitir, com precisão, as sutilezas de um determinado fenômeno, não dando conta de evidenciar, de modo eficaz, toda a dinâmica envolvida no processo.

Em vista disso, a necessidade de abordagens mais interativas e dinâmicas se torna evidente, impulsionando o uso pedagógico de tecnologias educacionais que auxiliem na visualização e na experimentação dos conceitos. Por essa razão, utilizamos, em alguns momentos da pesquisa, o *software* de simulação PhET³ (*Physics Education Technology*), conforme mostra a Figura 2, desenvolvido pela Universidade do Colorado em Boulder.

Figura 2 – Representação visual da simulação – kit para montar um circuito



Fonte: Universidade do Colorado (2024).

Segundo Pinheiro *et al.* (2015, p. 2047):

O PhET é um Portal que oferece gratuitamente muitos *softwares* de simulações de fenômenos Físicos, Químicos e Biológicos baseados em pesquisas realizadas por vários pesquisadores de diversas Universidades do mundo. O objetivo desse projeto é auxiliar os professores com o material de apoio em aulas teóricas, bem como

³ As simulações estão disponíveis no Portal PhET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/), em português, e podem ser baixadas gratuitamente em computadores, tablets e smartphones, desde que contem com Java ou Flash para executarem as simulações.

ajudar os alunos a compreenderem os conceitos teóricos abstratos de forma interativa.

Como teorizado por Coelho, (2002) e Gonçalves *et al.* (2006), as simulações podem ser classificadas em duas categorias, de acordo com seu grau de interatividade: a) as simulações não interativas e; b) as simulações interativas. Nas simulações não interativas, o usuário não pode alterar nenhum parâmetro da simulação. Ou seja, os sujeitos se limitam a visualizar a reprodução do modelo físico. Segundo Heckler (2004, p.24), “esses simuladores têm a função de demonstrar e ilustrar a evolução temporal de algum evento ou fenômeno”. Enquanto “nas simulações interativas, o usuário pode alterar vários parâmetros da simulação, explorando a situação física representada, verificando as implicações das alterações feitas no comportamento do fenômeno estudado” (Coelho, 2002 *apud* Oliveira, 2018, p. 34).

Nesta pesquisa, damos preferência para as simulações interativas, tendo em vista serem mais adequadas aos contextos dos circuitos elétricos, permitindo que os estudantes explorem os fenômenos discutidos e possam, a partir da interação, sistematizar leis, conceitos, relações etc., organizando, por fim, o conhecimento.

Embora a terminologia atribuída a simuladores varie em diferentes pesquisas, como “*Visual Interactive Simulation*” (VIS) (Hurrion, 1976, *apud* Sabbadini; Oliveira, 2006), “*Visual Interactive Modeling*” (VIM) (Bell; O’Keefe, 1987, *apud* Sabbadini; Oliveira), e “Imagens digitais interativas” (Lima; Prado, 2018), todos esses termos convergem para o uso de elementos visuais que possibilitam a interação do usuário e a realização de experimentos de simulação de forma dinâmica. Para essa pesquisa, utilizamos o termo representação visual dinâmica.

Assim, ao utilizarmos o termo representação visual dinâmica, buscamos enfatizar o caráter interativo da simulação, que permite aos aprendizes visualizar e testar variações e interagir dinamicamente com os elementos visuais, além de observar as consequências diretas dessas mudanças. Essa estratégia funciona como um laboratório virtual, permitindo o desenvolvimento simultâneo da compreensão teórica e experimental. Visto que a interação, nesse caso, não se limita à observação passiva, mas possibilita ao estudante compreender melhor os conceitos abstratos e aplicar na prática o conhecimento adquirido.

Por fim, ressalta-se que os conceitos utilizados na comunicação e na produção científica não se limitam a uma única forma de representação, mas emergem da articulação entre diferentes significados construídos por meio de múltiplas representações disponíveis nesse domínio (Lemke, 2003). Isso significa que a compreensão conceitual não reside em uma definição específica, mas na interação dinâmica entre linguagem verbal, imagética, símbolos matemáticos e outros recursos semióticos, que juntos estruturam e dão sentido ao conhecimento científico. Portanto, ainda que o foco da tese seja os elementos semióticos, reforçamos que essa maneira de apresentar e representar o conceito deve ser considerada dentro da perspectiva da multimodalidade representacional.

4 DINÂMICA ENTRE OS EIXOS TEÓRICOS E A PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

A perspectiva teórica aqui apresentada nos permite fazer uma relação entre os eixos teóricos discutidos. Estes (semiologia, discurso e multimodalidade representacional) se articulam em seus conceitos e subsidiam o problema de pesquisa.

No primeiro capítulo, a semiologia, enquanto campo de estudo da significação, constitui-se como a ciência designada a entender como os signos funcionam nas mais diversas formas de comunicação. Nessa área de estudo, os signos não se limitam a palavras ou imagens, mas englobam uma vasta gama de elementos da cultura e da comunicação, como gestos, expressões visuais, objetos e até comportamentos. A partir da teoria de Ferdinand de Saussure, a semiologia pode ser vista como uma ciência dos signos que se desvia da tradição linguística da época. Na proposta de Saussure, o signo linguístico é composto por duas partes: o significante (a imagem acústica ou forma do som) e o significado (o conceito associado a essa forma). No contexto educacional, a semiologia é particularmente crucial para compreender como os professores e estudantes negociam significados em sala de aula.

Ainda nesse capítulo, abordamos o processo de comunicação, fundamentado na relação entre emissor e receptor, conforme a teoria da comunicação de Prieto (1973). Com base nessa perspectiva, propomos uma transposição dos conceitos de signos com função de sinal e indicação circunstancial, como elementos semióticos utilizados na pesquisa. Dessa forma, os sinais são signos que apontam explícita e objetivamente as mensagens comunicadas na ação discursiva (Godoy, 2016; Laburú; Godoy; Zômpero, 2016; Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021). Em contraposição aos sinais, as indicações circunstanciais atuam no corpo do discurso de maneira indireta e enviesada e evitam transmitir a informação de forma imediata, pronta e definitiva, para que o aprendiz autonomamente interprete a mensagem do sinal sob compreensão (Godoy; Laburú, 2021; Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

Como discutido na mesma seção, um sinal pode transmitir inúmeras mensagens, e, no contexto da interação dialógica, a mensagem veiculada por um sinal nem sempre é suficiente para que o receptor atribua o significado pretendido.

Diante disso, Laburú, Godoy e Zômpero (2016) destacam a imprescindibilidade de refinar a significação por meio de outros elementos comunicativos, como as indicações circunstanciais, que auxiliam na construção do sentido desejado. Ademais, é fundamental ressaltar que, nessa investigação, os elementos semióticos empregados abrangem a categoria social dos atos sêmicos de informação, interrogação e ordem da teoria da comunicação de Prieto (1973). O ato sêmico de informação informa ou esclarece o receptor de alguma coisa; o ato sêmico de interrogação envolve questionamentos sobre algo e, por último, o ato sêmico de ordem refere-se a emissão de comandos ou instruções para o receptor realizar. Desse modo, como os sinais e indicações circunstanciais, os atos sêmicos desempenham um papel essencial na comunicação, pois representam diferentes formas de interação entre emissor e receptor no discurso.

Na segunda seção, a análise do discurso aplicada ao campo da educação científica permite compreender como os textos (verbais e não-verbais) constroem e transmitem conceitos científicos, evidenciando a expressividade linguística nos enunciados, que se configuram como acontecimentos discursivos (Orlandi, 1996; Aguiar; Mortimer, 2005). Nesse contexto, ao integrar a teoria da comunicação de Prieto (1973), podemos perceber como a interação entre emissor e receptor vai além da simples transmissão de informações, envolvendo uma dinâmica de construção e atribuição de significados. A abordagem teórica de Saussure sobre os signos complementa essa análise, ao oferecer subsídios para compreender como os conceitos científicos não são apenas transmitidos, mas também construídos e apreendidos por meio das interações linguísticas. Na verdade, a linguagem não se limita a ser um veículo de informações, mas constitui-se como um meio de construção de significados compartilhados.

Nessa perspectiva, o ensino de ciências, portanto, não se limita à transmissão de conteúdos, mas envolve a criação de significados, que dependem das mediações linguísticas. Com isso, o discurso científico se organiza de modo a promover a construção de significados, e a maneira como esses discursos são organizados pode influenciar a compreensão dos estudantes, exigindo deles, muitas vezes, uma adaptação a uma forma de raciocínio e linguagem científica.

Em outros termos, o discurso na educação científica deve transcender a mera

transmissão de informações e fatos, promovendo um ambiente em que os estudantes não somente absorvam conceitos e teorias, como também são incentivados a questionar, investigar e refletir sobre as implicações desse conhecimento tanto no ambiente escolar, como fora dele.

O propósito do discurso científico não é apenas ensinar ciência, mas ensinar os aprendizes a pensarem. Essa perspectiva reforça a natureza interativa da comunicação, na qual as respostas não são apenas consequências das perguntas, mas também se constroem continuamente na dinâmica da interação. Como se percebe, considerar o discurso como unidade de análise implica compreender a linguagem em sua amplitude, decifrando os jogos interacionais e ideológicos nos quais as manifestações linguísticas estão inseridas, bem como as relações de poder e conhecimento que as regulam (Godoy, 2016).

O discurso, então, pode ser entendido como a manifestação da língua em ação, essencial para a criação de significados e interpretações. Bakhtin (2009) o concebe como um “diálogo vivo”, ou seja, um processo dinâmico e interativo, sempre orientado para a interlocução e a expectativa de uma resposta. Dessa forma, o discurso não se encerra na emissão de uma mensagem, mas se renova continuamente na troca entre os assuntos, o que reforça seu papel fundamental na construção do conhecimento científico.

Segundo Müller e Cornelsen (2003), uma das características essenciais do discurso científico na educação é a clareza e a precisão. A linguagem usada precisa ser acessível, sem perder o rigor e a fundamentação que caracterizam o conhecimento científico. Isso exige que o professor encontre um equilíbrio entre a complexidade dos temas tratados e a necessidade de uma comunicação eficaz com os estudantes, considerando sua faixa etária. O discurso científico não é apenas uma ferramenta de comunicação, mas um conjunto de signos linguísticos que organizam e estruturam o conhecimento, permitindo que ele seja transmitido, debatido e, finalmente, compreendido.

Entendemos, pois, que a linguagem não se restringe a representar a realidade científica, mas também a construir e interpretar. Os signos empregados no discurso científico não representam apenas a realidade, mas também constroem e interpretam essa realidade. Autores como Edwards e Mercer (1993), Aguiar e

Mortimer (2005) e Martins (2008) ressaltam que o discurso é essencial para a aprendizagem, pois promove uma interação entre educadores e estudantes, permitindo uma construção compartilhada de significados. Com isso, a prática discursiva em sala de aula não só amplia o acesso ao conhecimento científico, mas também fomenta um processo contínuo de construção de significados, envolvendo educadores e educandos em uma dinâmica constante de aprendizado colaborativo.

A terceira seção, ao abordar a multimodalidade representacional, expande essa discussão, ao considerar que a comunicação do conhecimento científico não se dá, exclusivamente, pela linguagem verbal, incluindo gestos e outras formas de representação. Isso porque, em consonância com os autores (Lemke, 2003; Klein, 2003; Waldrup; Prain; Carolan, 2006; Tytler; Prain; Peterson, 2007; Laburú; Silva, 2011), a ciência não é comunicada de forma unidimensional, mas envolve diversas representações que auxiliam na compreensão e construção do conhecimento.

Essa perspectiva dialoga, diretamente, com a abordagem da linguagem e do pensamento científico, em que os diferentes modos e representações são essenciais tanto para a conceitualização quanto para a comunicação no ensino de ciências. Cada modalidade representacional atende a necessidades específicas no raciocínio e registro das questões científicas (Laburú; Barros; Silva, 2014), reforçando a suposição de que a integração de diversas formas de representação favorece a aprendizagem (Prain; Waldrup, 2006; Tytler; Prain, 2007).

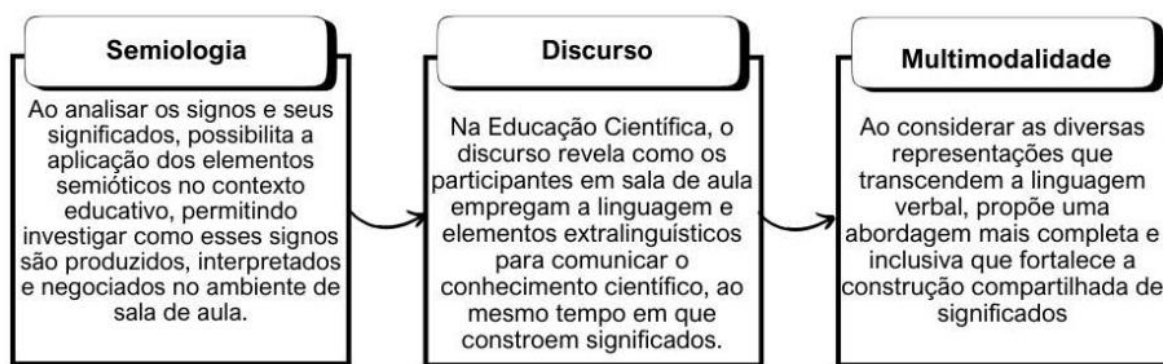
Nesta tese, ocupamo-nos da apresentação de alguns conceitos acerca dos circuitos elétricos por meio de representações visuais (imagética e interativa), diagramas, fórmulas matemáticas e modelos 3D, na estratégia de ensino. No entanto, é pertinente dizer que essas são apenas algumas formas complementares de apresentar o conteúdo e que, embora possa auxiliar a construção do conhecimento, deve ser articulada e integrada aos demais modos e múltiplas representações. Como afirmado por Lemke (2003), os conceitos envolvidos na comunicação e no trabalho científico não se encerram em uma única representação, mas, sim, na união dos significados implicados nas diversas representações que esse domínio fornece.

Embora reconheçamos que o campo da multimodalidade representacional desempenha um papel estratégico no ensino ao possibilitar diferentes formas de

acesso e elaboração do conhecimento, favorecendo a apropriação de conceitos científicos, entendemos que a adoção desse campo pode ser uma estratégia eficaz para enriquecer o processo educativo e fortalecer a construção compartilhada de significados.

Para melhor visualizar a relação entre os eixos teóricos desta pesquisa e sua conexão com o problema de pesquisa, a Figura 3 resume os principais aspectos da semiologia, do discurso e da multimodalidade.

Figura 3 – Conexão entre os eixos teóricos



Fonte: Elaboração própria (2025).

Finalizando este tópico, com base nas reflexões precedentes, consideramos que a semiologia aplicada ao ensino de ciências é uma referência cognitiva que nos permite compreender os signos e seus significados. Essa perspectiva permite explorar como os elementos semióticos podem ser usados no ambiente educativo, facilitando a análise da produção, interpretação e negociação dos signos durante o processo de ensino e aprendizagem. O discurso na educação científica ao destacar a linguagem como ferramenta central na construção do conhecimento, evidencia as dinâmicas comunicativas e a construção de significados entre emissor e receptor na sala de aula e revela como os signos - sejam palavras, gestos ou imagens - são utilizados e como influenciam a aprendizagem. Por último, a abordagem da multimodalidade representacional amplia as possibilidades de comunicação que transcendem a linguagem verbal, favorecendo uma compreensão mais completa e integrada dos conteúdos ao envolver diferentes modos de representação e promover uma interação mais dinâmica e inclusiva entre os participantes no processo dialógico. Dessa forma, conclui-se que a integração dos três eixos teóricos que

embasam esta pesquisa mostra-se congruente para compreender “De que maneira os elementos da semiótica comunicativa de Prieto estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem em sala de aula”.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção, organizada em seis tópicos, apresenta o percurso teórico e metodológico adotado para atingir o objetivo da pesquisa - identificar e classificar os elementos da semiótica comunicativa relacionados às categorias do ato sêmico, sinais e indicações circunstanciais durante a construção dos conceitos associados à temática de circuitos elétricos.

Na primeira seção, delineamos a natureza da pesquisa e os instrumentos utilizados para a coleta de dados. Na segunda, contextualizamos o ambiente da pesquisa e caracterizamos os participantes envolvidos. Na terceira, exploramos os fundamentos teóricos da metodologia de ensino, subdividindo-a em três subseções: nas duas primeiras fazemos uma breve discussão entre os conteúdos conceituais e procedimentais, enquanto na última destacamos a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos que utilizamos para desenvolver a pesquisa. Na quarta, detalhamos a estratégia de ensino empregada. Na quinta, explicamos o procedimento de produção e análise dos dados. E na última seção, abordamos a transcrição das dinâmicas discursivas e o instrumento de análise.

5.1 NATUREZA DA PESQUISA

Esta pesquisa utiliza abordagem qualitativa de cunho descritivo, alinhando-se aos pressupostos de Bogdan e Biklen (1994), pois: i) os dados são coletados no ambiente natural dos sujeitos, priorizando a interpretação das características em seu contexto original e o investigador é o instrumento principal de coleta e interpretação dos dados; ii) interessamo-nos mais pelo processo do que pelos resultados; iii) os resultados emergiram gradualmente à medida que os dados foram coletados e organizados; e iv) a atribuição de significados tem papel fundamental na abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen, 1994).

Dentro desse enquadramento, consideramos a pesquisa como qualitativa, pois a coleta de dados ocorre no ambiente natural dos estudantes - a sala de aula -, utilizando-se gravações em áudio e vídeo e, paralelamente, diário de campo, o que possibilita uma análise precisa e detalhada das interações discursivas, de sorte que

o pesquisador pode examinar os dados com uma abordagem indutiva, extraindo interpretações diretamente das evidências coletadas no contexto. Por essa razão, o estudo adota a descrição e interpretação dos dados, de forma fiável, a fim de garantir fidedignidade aos resultados do processo investigativo.

Embora a pesquisa exiba características descritivas, em alguns momentos, tem predominância explicativa, que culmina na junção entre os fenômenos observados e sua interpretação. Na pesquisa explicativa, busca-se pelo delineamento dos principais elementos que determinam, ou, então, que favorecem a ocorrência dos fenômenos de interesse (Gil, 2008; Gerhardt; Silveira, 2009). Ao descrever a identificação dos elementos semióticos emergentes da intervenção com os estudantes, procuramos compreender como eles estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem por parte dos estudantes, em relação às mensagens transmitidas pelo professor durante a interação dialógica.

5.2 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa são estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de um colégio estadual localizado na cidade de Londrina, no norte do estado do Paraná. O trabalho foi desenvolvido durante o ano letivo de 2023 na disciplina de Física III, cuja regência foi atribuída ao pesquisador após sua aprovação no Processo Seletivo Simplificado (PSS) para atuar como professor temporário. Diante disso, avistou-se a possibilidade de responder à problemática da pesquisa no campo da Eletrodinâmica com foco no tema de circuitos elétricos, como conteúdo previsto no planejamento curricular da instituição. A escolha por esse tema se justifica por sua complexidade, importância e possibilidade de vincular a teoria à prática.

Cabe registrar aqui que o projeto de pesquisa foi avaliado e autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (CEP-UEL). Tal autorização está devidamente registrada no parecer sob o número 6.254.352, na Plataforma Brasil. Como requisito para essa aprovação, o pesquisador apresentou o objetivo do trabalho aos responsáveis da instituição e solicitou-lhes a autorização formal, resultando na emissão da declaração de Concordância de Coparticipação Institucional (CCI) (Apêndice A).

Após cumprir essas exigências, iniciou-se a pesquisa. No primeiro contato com o público-alvo, o pesquisador apresentou o objetivo do estudo e solicitou o consentimento dos participantes para as atividades propostas. Os estudantes maiores de 18 anos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), enquanto para os menores de idade foi utilizado o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), ambos lidos em sala de aula para garantir entendimento completo. Após a apresentação do conteúdo da pesquisa, os estudantes menores de idade foram orientados a entregar o termo aos responsáveis, para que estes também tivessem ciência e pudessem autorizar, formalmente, sua participação. Os documentos estão localizados nos Apêndices B e C, respectivamente.

Ressalta-se que a pesquisa foi desenvolvida em uma turma composta por 26 estudantes. Dezoito deles aceitaram participar da pesquisa e assinaram os termos. No entanto, a pesquisa conta com 12 estudantes que participaram de todas as aulas/etapas do processo. Foram excluídos da análise os estudantes que faltaram ao menos a uma aula ou que não participaram de alguma atividade proposta. Os demais estudantes, embora tenham frequentado as aulas e participado das atividades regulares, não tiveram seus dados considerados na pesquisa. Para garantir o anonimato, a identificação dos participantes deu-se da seguinte forma: a letra “E” representa os estudantes, enquanto o professor, que também é o pesquisador deste trabalho, será identificado pela letra “P”.

Cabe dizer que, ao se tratar de uma pesquisa realizada dentro de uma disciplina curricular obrigatória da instituição de ensino, o tempo disponível para sua execução foi limitado. Essa limitação deve-se, em grande parte, à implementação da Prova Paraná (PP): uma avaliação externa aplicada pelo governo estadual para monitorar o desempenho dos estudantes e, alegadamente, direcionar ações pedagógicas.

Dessa forma, os conteúdos ensinados na disciplina precisam ser ajustados dentro do cronograma escolar, contemplando tanto os tópicos exigidos pela PP quanto aqueles previstos no planejamento curricular da instituição. Importa lembrar que a temática de circuitos elétricos, por sua amplitude que contrasta com a limitação do tempo, se torna praticamente impossível de ser aprofundada em todas as suas nuances conceituais, sendo necessário fazer escolhas. Assim, priorizamos o

ensino dos conceitos fundamentais, como Diferença de Potencial, Corrente Elétrica, Resistência Elétrica e Potência Elétrica. O ensino desses conceitos está alinhado ao livro didático (Bonjorno; Clinton, 2016) adotado pela instituição e ao planejamento curricular da disciplina.

Infelizmente, devido às restrições mencionadas, o circuito elétrico em paralelo foi trabalhado apenas durante o uso do simulador, não sendo possível explorar sua montagem na fase de experimentação.

5.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA METODOLOGIA DE ENSINO

Com o intuito de analisar a influência dos elementos semióticos na aprendizagem de circuitos elétricos e compreender a metodologia de ensino adotada nessa pesquisa, reservamos este tópico para realizar uma breve articulação entre os conteúdos conceituais e procedimentais, nos quais a temática selecionada nos permite explorar a relação entre conceitos e procedimentos no processo dialógico. Ainda, abordamos os pressupostos teóricos dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs), que fornecem a estrutura para a organização e implementação da estratégia de ensino utilizada.

5.3.1 CONTEÚDOS CONCEITUAIS

Frasson, Laburú e Zômpero (2019) ressaltam que os conhecimentos na estrutura cognitiva dos indivíduos podem ter natureza conceitual, processual e atitudinal. Embora essa classificação pareça simples, ela possui um forte valor pedagógico, pois organiza os conhecimentos em diferentes tipos de conteúdo de aprendizagem, de acordo com o uso que se espera deles. Assim, conforme proposto por Zabala (1999), os conteúdos educacionais estruturam-se, fundamentalmente, em três dimensões: a conceitual (relativa ao “saber”); a procedimental (vinculada ao “saber fazer”); e a atitudinal (associada ao “ser”). Tais dimensões, *grosso modo*, abarcam os conhecimentos teóricos, as habilidades práticas e os valores pessoais, respectivamente.

A estrutura triádica dos conteúdos de aprendizagem foi proposta por Coll *et al*

(2000) e, desde então, ampliada por diversos estudiosos, incluindo Zabala (1998), e Pozo e Gómez Crespo (2009). No entanto, é relevante mencionar que a temática circuitos elétricos se enquadra nos conteúdos conceituais e procedimentais. Dessa forma, ao investigar a influência dos elementos semióticos na aprendizagem dos estudantes, se considera a compreensão de conteúdos conceituais e procedimentais. Isso não significa desconsiderar a relevância dos conteúdos atitudinais, mas, sim, concentrar-se nas competências necessárias para a compreensão e a aplicação prática de circuitos elétricos no contexto educacional. A propósito, o quadro 1, disposto a seguir, apresenta como esses pesquisadores abordam a composição dos conteúdos conceituais e procedimentais.

Quadro 1 – Composição dos conteúdos

Tipos de conteúdos	Mais específicos	↔	Mais gerais
Conceituais	Fatos/Dados	Conceitos	Princípios
Procedimentais	Técnicas		Estratégias

Fonte: Adaptado de Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 28).

De acordo com o descrito por Pozo e Gómez Crespo (2009) no quadro acima, os conteúdos conceituais são formados por fatos e/ou dados, conceitos e princípios; os procedimentais, por técnicas e estratégias. Em geral, a aprendizagem dos elementos específicos de cada tipo de conteúdo (fatos/dados e técnicas) deve ser o primeiro passo no processo que leva à aprendizagem dos elementos intermediários (conceitos) e gerais (princípios e estratégias) (Frasson; Laburú; Zômpero, 2019).

Para compreender melhor essa dinâmica, abordaremos, na sequência, com mais detalhes, a composição desses tipos de conteúdo.

É possível desenvolver uma reflexão sobre os conteúdos conceituais por meio da articulação entre fatos, conceitos e princípios que possibilita diferentes maneiras de conduzir as atividades de ensino. Nesse sentido, os fatos ou dados são acontecimentos, situações, declarações ou afirmações sobre algo no mundo, fenômenos singulares/pontuais (Pozo; Gómez Crespo, 2009). Exemplos deles seriam a idade de uma pessoa, a data da conquista de um território, a localização ou altura de uma montanha, os nomes, os códigos, os axiomas etc. Parte do aprendizado científico exige conhecer alguns fatos concretos, tais como: a medida

de 1 metro equivale a 100 centímetros; a água ferve a 100°C no nível do mar; a resistência elétrica é representada pela letra “R” como símbolo.

O ato de ensinar dados e o de ensinar conceitos podem ser formas complementares, porque a aprendizagem de dados pode ser tácita e ocorre, na maioria das vezes, sem que percebamos. Quando esses dados adquirem uma lógica para o nosso sistema cognitivo, podem dar origem à aprendizagem de conceitos (Pozo; Gómez Crespo, 2009).

No contexto escolar, existe uma necessidade “de internalizar fatos, mas não pura e simplesmente decorá-los, e, sim, atribuir-lhes significado que, uma vez relacionados dentro de uma rede com outros significados, permite ao estudante apropriar-se de conceitos, sendo agora possível explicar por que os fatos ocorrem e que consequências eles têm” (Martins, 2018, p. 19). Para ilustrar: quando acionamos o interruptor, é um fato afirmar que a lâmpada acende. Mas, para a apropriação dos motivos pelos quais a lâmpada acende, se demandam interpretação e reflexão. Além disso, torna-se fundamental formular hipóteses e estabelecer conexões com outros acontecimentos de natureza semelhante (Martins, 2018). Tomado o exemplo anterior, quais relações conceituais de causa e consequência são possíveis de se fazer, ao retirar uma lâmpada de um circuito em série ou mesmo sobre a intensidade do brilho de lâmpadas em um circuito em paralelo. Para essas reflexões, é necessário ordenar conceitos na tentativa de justificar e validar a descrição deste fato em uma busca por significados.

Para Pozo e Gómez Crespo (2009), conceitos são acepções de fatos, objetos ou símbolos que possuem características comuns. Como exemplos, temos o saber sobre o que é abundância, impressionismo, função, romantismo, demografia, nepotismo, cidade, poder etc. Em consonância teórica com esses autores, o conceito é entendido como uma construção mental que organiza e dá um conjunto de informações, que permite a compreensão e a categorização de características, objetos ou situações. Abordar um conteúdo conceitual implica estar atento ao emprego de verbos, tais como: “identificar, reconhecer, classificar, descrever, comparar, conhecer, explicar, relacionar, situar, lembrar, analisar, inferir, generalizar, comentar, interpretar, tirar conclusões, esboçar, indicar, enumerar, assinalar” (Silva, 2020, p. 354), entre outros.

Ao estabelecer uma relação mais profunda entre os conceitos com um maior nível de abstração a ser desenvolvido pelos estudantes ocorre a assimilação de um princípio. Para Frasson, Laburú e Zômpero (2019, p. 307), “os princípios são inferências sobre os fatos, objetos ou situações em relação a outros fatos, objetos ou situações, que normalmente constituem relações de causa-efeito ou de correlação”. Isso implica em dizer que os princípios são gerados por meio da apropriação dos conceitos mais específicos a ponto de construir conteúdos mais gerais e abstratos, que devem ser a meta final.

Ausubel (2003) argumenta que os princípios servem como âncoras cognitivas que ajudam o estudante a construir significados, em função dele conseguir estabelecer conexões entre conceitos individuais e seus usos práticos. No ensino de circuitos elétricos, por exemplo, os conceitos de corrente elétrica, resistência e diferença de potencial (DDP) nos permite construir uma proposta conceitual mais ampla, que oportuniza a assimilação de princípios como a Primeira Lei de Ohm e o entendimento sobre circuitos elétricos. Ao desenvolver de forma interconectada à temática proposta, os conceitos deixam de ser isolados e passam a compor um sistema lógico e funcional. Diante disso, a internalização desses princípios permite alcançar um aprendizado com significado, pois permite que o conhecimento seja transferido e aplicado a novas situações, formando a base para um pensamento científico sólido e consistente (Pozo; Gómez Crespo, 2009).

Dessa forma, o estudante constrói o conhecimento de um conceito quando é capaz de dotar de significado um material ou uma informação que lhe é apresentada, isto é, quando “compreende” este material (Pozo; Gómez Crespo, 2009). Conforme advogam os autores, a compreensão de um conceito se manifesta quando o estudante é capaz de explicá-lo ou relacioná-lo utilizando suas próprias palavras.

Nessa perspectiva, este estudo considera a aprendizagem conceitual como o processo no qual o estudante não apenas expressa a definição de um conceito com suas próprias palavras, mas também quando é capaz de relacioná-lo com outros conceitos ou explicá-lo por meio de analogias, exemplos e aplicação em diferentes contextos.

5.3.2 CONTEÚDOS PROCEDIMENTAIS

Os conteúdos procedimentais possuem natureza prática e devem ser ensinados de formas diferentes dos demais. Segundo Pozo e Gómez Crespo (2009), os conteúdos procedimentais são aqueles conhecimentos práticos, focados no “saber fazer”. Por outro lado, deve-se deixar claro que não há sentido em ensinar um procedimento, se este não estiver vinculado a um conceito.

Relativamente a isso, Coll e Valls (2000) e Pozo e Gómez Crespo (2009) postulam que trabalhar um conteúdo procedimental significa estar atento ao uso de verbos, tais como: “manejar, confeccionar, utilizar, construir, aplicar, coletar, representar, observar, experimentar, testar, elaborar, simular, demonstrar, planejar, executar, compor, ler, desenhar, calcular, classificar, traduzir, recortar, saltar, inferir, esperar etc”. (Pozo; Gómez Crespo, 2009 *apud* Martins, 2018, p. 28). Isso ocorre porque esses verbos representam ações vinculadas a procedimentos a serem realizados para a aplicação do conceito em estudo com o objetivo de assegurar a compreensão desse conceito. A atenção a eles é devido à necessidade de se distinguir imediatamente que se trata de um conteúdo procedimental, evitando, com isso, equívocos em relação aos conteúdos conceituais.

Na aprendizagem de procedimentos, especialmente, no espaço escolar, entende-se, muitas vezes, que esse tipo de conteúdo está restrito a habilidades técnicas, como medição, leitura e manipulação de aparelhos em geral e desenvolvimento de destrezas para sua realização. No entanto, os procedimentos também pressupõem estratégias de raciocínio e aprendizagem (Pozo; Gómez Crespo, 2009). Logo, há de se considerar as diferenças entre técnicas e estratégias, além dos elementos de uma estratégia.

Enquanto a técnica é uma rotina automatizada devido à prática repetida, as estratégias envolvem planejamento e escolha das técnicas a serem empregadas diante das situações do dia a dia. No entanto, a utilização de uma estratégia também exigirá a presença de outros componentes cognitivos para controlar seu desenvolvimento, como o metac conhecimento que é essencial para selecionar e planejar procedimentos mais eficazes, além de controlar e avaliar sua execução. Estratégias de apoio, conhecimentos conceituais específicos, técnicas, habilidades e

algoritmos precisam ser considerados para obter-se uma estratégia eficiente. Dito de forma sucinta, o domínio de técnicas específicas é um pré-requisito para o uso eficiente das estratégias, indicando que a aprendizagem procedimental engloba uma gama de habilidades práticas e cognitivas (Pozo; Gómez Crespo, 2009).

O aprendizado dos conteúdos procedimentais exige uma prática orientada e reflexiva, na qual os estudantes internalizam os passos de um processo, ao mesmo tempo em que desenvolvem critérios para tomar decisões durante a execução (Pozo; Gómez Crespo, 2009). Essa prática vai além da memorização de etapas, sendo necessário que o estudante compreenda as razões que fundamentam cada fase do procedimento e saiba ajustá-las a novas situações. Destarte, ao facilitar a transferência de habilidades para diferentes contextos, esta perspectiva permite que o conhecimento procedimental seja aplicado em situações complexas e variadas (Coll *et al.*, 2000).

Em visto disso, os conteúdos procedimentais envolvem, para exemplificar, a habilidade de configurar circuitos elétricos, de medir e interpretar variáveis como corrente elétrica, resistência e DDP. Nesse sentido, aprender a montar circuitos requer que o estudante compreenda o funcionamento dos componentes e saiba como conectá-los corretamente. Segundo as orientações de Pozo e Gómez Crespo (2009), para realizar um procedimento correto, a partir do ensino de conceitos relacionados a esse procedimento, é necessário compreender conceitos e elaborar estratégias que possibilitem a aplicação prática desses conhecimentos. Além do mais, esse tipo de aprendizado procedimental também implica a capacidade de identificar e corrigir equívocos, como um circuito fechado incorretamente ou o uso inadequado de um componente, o que demanda um raciocínio lógico embasado nos conhecimentos conceituais e procedimentais adquiridos.

Nesta pesquisa, a aprendizagem procedimental, mediada por elementos semióticos, ocorre tanto na interação com a representação visual interativa (simulador) quanto na manipulação de objetos 3D, instrumentos e artefatos científicos durante a atividade prática. Dessa forma, ao analisarmos como os elementos semióticos influenciam a aprendizagem de conceitos em sala de aula, por meio do uso dessas representações, podemos analisar suas influências, também, na aprendizagem procedimental.

5.3.3 ABORDAGEM DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Consideramos, para a metodologia de ensino desta pesquisa, a estrutura dos Três Momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov e Angotti (1990) e investigada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), para integrar multimodos representacionais e o emprego dos elementos semióticos no processo de ensino. Os autores caracterizam a abordagem dos 3MPs em três etapas: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento. A seguir são caracterizados cada um dos momentos.

O primeiro momento, *Problematização inicial*, é caracterizado pela compreensão e apreensão da posição dos aprendizes frente ao tema a ser estudado, por meio de questões ou situações que incentivam a problematização. Mas, o que seria uma questão problematizadora?

Para responder a essa questão, ancoramo-nos em Delizoicov e Angotti (1990, p. 130), cuja contribuição é indispensável para entender que problematizar é a “escolha e formulação adequada de perguntas que devem ter o potencial de gerar no aluno a necessidade de apropriação do conhecimento que ele ainda não tem e que ainda não foi apresentado”. Além de ser um processo em que o educador, concomitantemente, “levanta os conhecimentos prévios dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes” (Delizoicov; Angotti, 1990, p.130).

A apresentação de questões problemas podem ser mediatizada por diversos recursos didáticos, como a letra de uma música, produções fílmicas, documentários, notícias, fotografias, *charges*, poemas, narrativas, dentre outras inúmeras possibilidades (Delizoicov; Angotti, 1990). O ideal é criar situações que mobilize os estudantes para exporem seus conhecimentos prévios sobre o que se pretende estudar. As situações precisam ser planejadas de forma que se rescinda nas aulas o monólogo, favorecendo, assim, o diálogo.

No contexto da problematização, o papel do professor não é o de dar respostas, explicando verdades científicas. Na verdade, sua função é, antes de tudo, a de provocar. Como aborda Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011, p. 201): “a

função coordenadora do professor concentra-se mais em questionar e lançar dúvidas sobre o assunto do que em responder o assunto ou fornecer explicações”.

O segundo momento, *Organização do conhecimento* é aquele em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos necessários para a compreensão do tema e das questões lançadas na etapa anterior são estudados. Nessa etapa, o docente assume um papel mais ativo, não aquele que oferece respostas prontas, mas como mediador do processo de construção do conhecimento, indicando caminhos e alternativas com o objetivo de criar condições para junto aos estudantes organizar os conhecimentos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011). Nesse momento, definições, conceitos e leis devem ser aprofundadas.

Desse modo, Delizoicov e Angotti (1990) ressaltam a inexorabilidade de atividades diversificadas, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem. Arelado a essa questão, introduzimos as múltiplas representações, como esquemático, imagética, visuais interativas, simbólicas e fórmulas matemáticas, com intuito de atender o simbolismo próprio do conhecimento científico e, finalmente, incentivar e melhorar a sistematização dos conhecimentos.

O terceiro momento refere-se à *Aplicação do conhecimento*. Esta última etapa aborda o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as questões ou situações iniciais na primeira etapa, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (Delizoicov; Angotti, 1990).

Este é o momento importante para que os estudantes encontrem conexões entre os conceitos abordados, não apenas pelo mero uso de cálculos, mas também por meio de experimentos que estejam relacionados aos assuntos ensinados (Albuquerque; Santos; Ferreira, 2015). Esta é uma ocasião propícia para o professor formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos aprendizes (Albuquerque; Santos; Ferreira, 2015). Para atender as premissas dessa etapa, utilizamos atividades com o simulador, representações esquemáticas e a montagem do circuito elétrico em série.

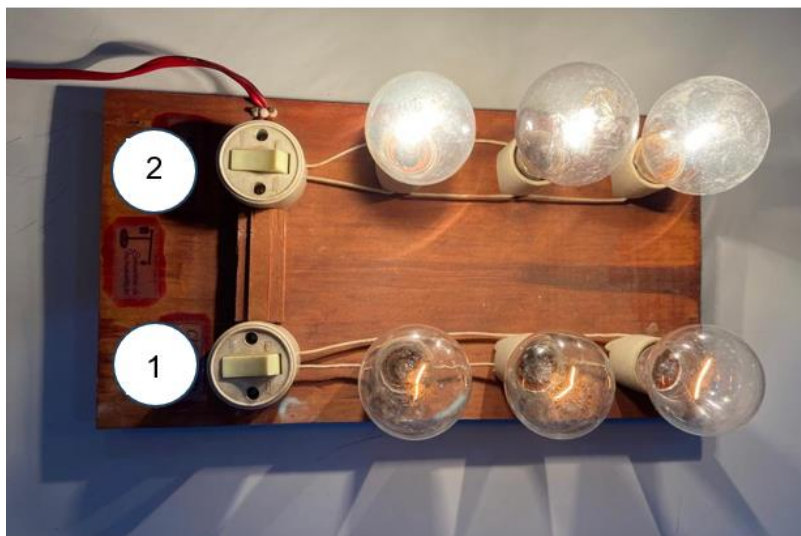
5.4 ESTRATÉGIA DE ENSINO

A estratégia de ensino foi organizada com base na estrutura dos 3MPs e desenvolvida pelo professor pesquisador em cinco encontros de duas horas-aula cada. Embora as aulas não sejam geminadas, pois uma ocorre antes do intervalo e a outra logo após, consideramos como um encontro as aulas realizadas no mesmo dia. A seguir, descrevemos a ocorrência dos encontros.

Momento da Problematização inicial – 1º encontro

Para introduzir o tema, iniciamos com a demonstração de circuitos elétricos em série e em paralelo, constituídos por três lâmpadas idênticas, representados em 3D, conforme a Figura 4 abaixo:

Figura 4 – Representação 3D – Circuitos em série e paralelo



Fonte: Laboratório de Instrumentação de Ensino de Física, UEL.

É relevante pontuar que a utilização dos circuitos montados teve como objetivo criar situações que desafiassem as concepções intuitivas ou prévias dos estudantes sobre o funcionamento dos circuitos, estimulando, dessa maneira, a sua participação ativa. Para isso, fizemos a pergunta “O que vocês acham que acontece com o circuito 1 (série) ao remover uma das lâmpadas?”. Após ouvir o posicionamento dos estudantes a lâmpada foi retirada. O resultado observado

surpreendeu os estudantes, pois, ao remover uma das lâmpadas no circuito em série, todas as outras se apagaram.

Dando continuidade, questionou-se: *“E no circuito 2 (paralelo), o que vocês acham que acontece ao retirar uma das lâmpadas?”*. Após as manifestações dos estudantes, a problematização foi seguida pelos seguintes questionamentos adicionais: *“Por que no circuito 1 (série) as lâmpadas brilham menos que no circuito 2 (paralelo)?”* e *“Por que uma lâmpada acende ao ser conectada a um circuito?”* *“Como uma pilha permite que uma lanterna acenda?”*.

Esclarecemos que o nosso objetivo nesta etapa foi o de explorar as ideias prévias dos estudantes, sem classificá-las como certas ou erradas, e adotar um papel provocativo. À medida que as discussões avançavam, fizemos outros questionamentos, como: *“Por que no circuito 1 (série) as lâmpadas brilham menos que no circuito 2 (paralelo)?”* ou *“O que vocês acham que pode influenciar a intensidade do brilho das lâmpadas em cada tipo de circuito?”*. Conforme os estudantes se manifestavam, escrevíamos as ideias centrais de suas respostas na lousa. No final, tínhamos nela uma lista de palavras-chave como respostas às perguntas feitas.

Finalizamos, comentando como o tema dos circuitos elétricos vai além da simples compreensão teórica e possui aplicações práticas e significativas no cotidiano dos estudantes. Por considerar essa etapa apenas a introdução no plano de ensino, copiamos a lista de palavras-chave do quadro em um diário de campo e, em seguida, acrescentamos a ela algumas percepções que tivemos nessa intervenção, quanto aos conhecimentos prévios dos estudantes. Entretanto, não relacionamos, de maneira particularizada, as palavras ditas a seus falantes, ou seja, os dados coletados nessa fase foram mais generalizados e serviram de apoio para iniciar o segundo momento.

Organização do Conhecimento – 2º encontro

No início da aula, fizemos uma breve revisão de conceitos que já haviam sido abordados no início da disciplina, pois supomos serem relevantes para introduzir os novos conceitos. Nesse encontro, também relembramos as discussões realizadas no primeiro encontro, estabelecendo uma conexão com os conceitos de DDP e

Corrente Elétrica, que foram trabalhados sob a perspectiva dos elementos semióticos.

Para o ensino do conceito de DDP, utilizamos uma analogia na forma verbal oral. Após a sua definição, estabelecemos a relação com o trabalho realizado pela força elétrica para deslocar a carga dentre dois pontos. Nesse contexto, também discutimos o papel dos geradores como elementos responsáveis por fornecer energia para os circuitos. Ainda, nesse momento do ensino, abordamos brevemente o capacitor como um sistema formado por dois condutores separados por um isolante, conferindo-lhe a capacidade de armazenamento de carga elétrica.

Em relação ao conceito de Corrente Elétrica, utilizamos uma representação imagética do movimento dos elétrons em um fio condutor (conforme a Figura 7, p. 102). Após a definição conceitual, abordamos tópicos adicionais como a intensidade da corrente elétrica, sentido da corrente, corrente alternada e corrente contínua. Por fim, discutimos o Efeito Joule, fenômeno em que a passagem de corrente elétrica por um condutor gera calor devido à sua resistência elétrica. Explicamos que esse aquecimento ocorre porque os elétrons livres, ao se movimentarem sob a ação do campo elétrico, colidem com os átomos do material, transferindo parte de sua energia cinética. Também explicamos que essas colisões aumentam a agitação térmica dos átomos, intensificando suas vibrações e, conseqüentemente, elevando a temperatura do condutor.

O objetivo principal deste momento é o ensino desses conceitos. Para ambos os conceitos, apresentamos a fórmula matemática correspondente, os símbolos convencionais utilizados para representá-los e suas respectivas unidades de medida.

Organização do Conhecimento – 3º encontro

Este encontro ocorreu na sala de informática, onde utilizamos os computadores em determinados momentos para introduzir uma representação visual interativa. Iniciamos a aula, retomando os conceitos discutidos no segundo encontro. Apresentamos os conceitos de Resistência elétrica e Potência elétrica, explorando-os também sob a ótica dos elementos semióticos.

Especialmente para o ensino de Resistência Elétrica, utilizamos uma

representação visual interativa com abordagem na Primeira Lei de Ohm, que estabelece a relação entre a DDP, corrente elétrica e a resistência em um circuito (conforme a Figura 8, p. 107). Também abordamos a Segunda Lei de Ohm, que envolve o comportamento da resistência em diferentes materiais e como a resistência pode ser afetada pela temperatura, comprimento e área da seção transversal do condutor. Para fortalecer esses conceitos, com o auxílio do *slide*, apresentamos o código de cores dos resistores, que permite aos estudantes visualizar como as faixas de núcleos nos resistores indicam seus valores.

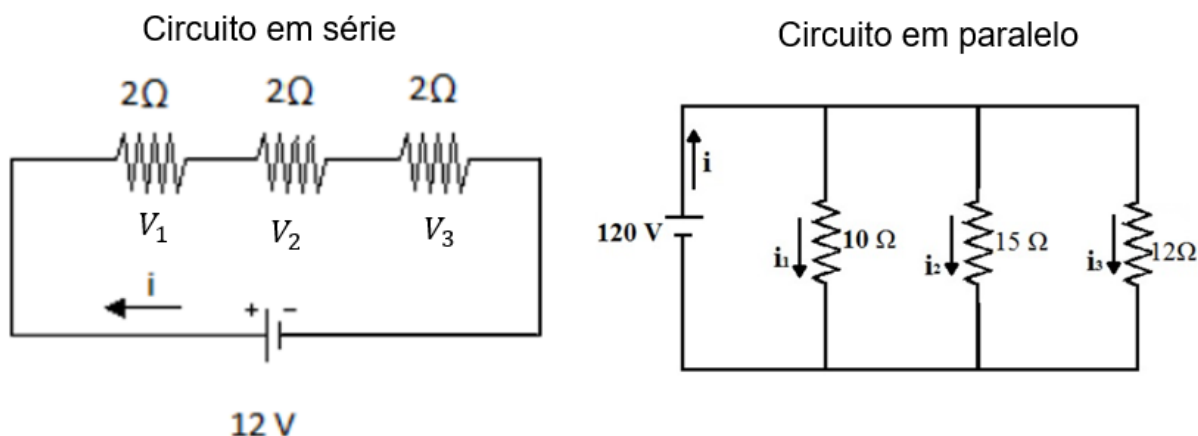
O ensino de Potência Elétrica ocorreu na forma verbal oral. Exploramos o tema por meio de informações, explicações, questionamentos e exemplos práticos. Após abordar o conceito, aprofundamos a discussão sobre a potência dissipada por resistores, relacionando-a com a Primeira Lei de Ohm e o consumo de energia, destacando sua relevância na conversão de energia elétrica em outras formas.

Novamente, os conceitos foram trabalhados sob o enfoque dos elementos semióticos. A cada episódio de ensino, apresentamos a fórmula matemática correspondente, os símbolos convencionais e suas respectivas unidades de medida.

Organização do Conhecimento – 4º encontro

O encontro foi dividido em duas etapas. Na primeira, apresentamos as representações esquemáticas dos circuitos em série e paralelo, conforme a Figura 5 e explicamos as características de cada um deles.

Figura 5 – Representação esquemática de circuitos em série e paralelo



Fonte: Adaptado de efeitojoule.com

Destacamos que, no circuito em série, a corrente elétrica é a mesma em todos os componentes, pois há um único caminho para o fluxo de cargas. A tensão total do circuito é distribuída entre os componentes proporcionalmente às suas resistências. Já no circuito em paralelo, a corrente total se divide entre os diferentes ramos de acordo com a resistência de cada componente, enquanto a tensão em todos os componentes é a mesma, pois eles estão conectados aos mesmos pontos de potencial. Em seguida, introduzimos as Leis de Kirchhoff⁴, que embora sejam mais aplicadas a circuitos complexos com múltiplas fontes de tensão ou corrente, são fundamentais para compreender a conservação da carga e da energia em qualquer circuito elétrico. Ainda, por meio das representações esquemáticas ilustramos como ocorre a associação de resistores em cada configuração e apresentamos as fórmulas para calcular a DDP total, a corrente total e a resistência equivalente.

Ainda, nessa primeira etapa, com o auxílio de uma *protoboard*, um tipo específico de diodo, o LED (*Light Emitir Diode* – diodo emissor de luz), baterias e multímetro, explicamos o passo a passo de como montar corretamente os circuitos no *protoboard* e como utilizar o multímetro para mensurar grandezas elétricas, como tensão, corrente e resistência. Abordamos a polarização dos diodos, que é um conceito fundamental para o funcionamento correto dos LEDs. Destacamos que a principal função do diodo é permitir a passagem de corrente elétrica em apenas uma direção, sendo amplamente utilizada na conversão de corrente alternada em corrente contínua.

Na segunda etapa, realizada ao final do encontro, aplicamos uma atividade individual para os estudantes, com o objetivo de consolidar os conhecimentos adquiridos sobre DDP, corrente elétrica, resistência e potência. Esta atividade contou como nota avaliativa da disciplina e encontra-se no Apêndice D.

Aplicação do Conhecimento – 5º encontro

Igualmente ao encontro anterior, este foi dividido em duas fases. Ambas

⁴ A Primeira Lei, ou Lei das Correntes, determina que a soma das correntes que entram em um nó é igual à soma das que saem, assegurando a conservação da carga elétrica. A Segunda Lei, ou Lei das Tensões, afirma que a soma algébrica das diferenças de potencial em uma malha fechada é sempre zero, refletindo a conservação da energia no sistema (Bonjorno; Clinton, 2016).

ocorreram no laboratório de informática. Na primeira delas, o professor fez a retomada das características essenciais dos circuitos em série e paralelo. Antes de solicitar a montagem dos mesmos no PhET, explicou o funcionamento do simulador e como usar os instrumentos de medição na simulação. Com o objetivo de instruir a configuração correta dos circuitos, o professor projetou a tela do computador, para demonstrar a configuração correta antes da execução.

Durante a execução prática no simulador, ao identificar equívocos na configuração dos circuitos de alguns estudantes, o professor solicitou que eles enviassem para o seu e-mail a captura de tela. A mesma solicitação foi feita aos demais estudantes ao final da aula, com o intuito de avaliar a aprendizagem.

Na segunda fase, os estudantes foram organizados em quatro grupos: cada um composto por três membros. Essa divisão é justificada pelas limitações de placas de *protoboard* e LEDs funcionais disponíveis no colégio. Para essa fase, foi fornecido um roteiro experimental para montagem de um circuito em série, disponível no Apêndice E. Esse encontro teve o intuito de avaliar a capacidade dos estudantes de configurar corretamente o circuito. Ambas as fases são abordadas a partir da perspectiva dos elementos semióticos. Para facilitar a visualização da estratégia de ensino, elaboramos o quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Síntese da estratégia de ensino utilizada

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL				
AULA	CONCEITOS TRABALHADOS POR EMISSÃO DOS ELEMENTOS SEMIÓTICOS	REPRESENTAÇÕES UTILIZADAS	ATIVIDADE IMPLEMENTADA	PROCEDIMENTOS
1° Encontro Duas aulas (50 min cada)	_____	Verbal oral, escrita, gestual e 3 D	_____	Discussão em nível introdutório sobre circuitos elétricos.
ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO				
2° Encontro Duas aulas (50 min cada)	Diferença de Potencial e Corrente elétrica	Verbal oral e imagética	_____	Apresentação e discussão dos conceitos, fórmulas e símbolos convencionais
3° Encontro Duas aulas (50 min cada)	Resistência elétrica e Potência elétrica	Verbal oral, visual interativo	_____	Retomada dos conceitos anteriores e apresentação de novos conceitos, fórmulas e símbolos convencionais.

4° Encontro Duas aulas (50 min cada)	_____	Verbal Oral, esquemático e simbólico matemático	Atividade Avaliativa individual	Apresentação das características dos circuitos em série e paralelo
APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO				
5° Encontro Duas aulas (50 min cada)	Circuitos em série e paralelo (simulador) Polarização em diodos	Verbal oral, visual interativo, gestual e 3D	Atividade individual e em grupo	Retomada das características dos circuitos em série e paralelo; montagem desses circuitos no simulador e montagem do circuito em série no <i>protoboard</i>

Fonte: Elaboração própria (2025).

5.5 PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Devido ao grande volume de informações geradas durante a intervenção didática, optamos por concentrar e organizar a análise nos dados em episódios de ensino em que os conceitos foram apresentados e da aplicação prática em circuitos elétricos. Com o objetivo de responder à questão central da pesquisa, focamos nos encontros II, III e V, os quais nos permitem examinar como os elementos semióticos estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem em sala de aula. Para isso, realizamos uma análise das transcrições das interações discursivas nas quais esses elementos semióticos foram empregados.

Destacamos, como ressalva, que não faz parte dos interesses dessa pesquisa analisar as atividades desenvolvidas nas estratégias de ensino, nem em avaliar seu desempenho diretamente. Em vez disso, buscamos compreender como os elementos semióticos estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem a partir da relação causa e efeito no momento em que esses elementos emergem durante as interações na sala de aula.

5.5.1 TRANSCRIÇÃO DAS DINÂMICAS DISCURSIVAS E INSTRUMENTO DE ANÁLISE

Todas as dinâmicas discursivas foram registradas por meio de áudio e vídeo, e as transcrições foram feitas de forma literal. Contudo, para a análise, selecionamos apenas os trechos em que os elementos semióticos estavam presentes. As falas

correspondentes ao professor e aos estudantes são identificadas entre parênteses no início de cada sentença e foram escritas em itálico e entre aspas para se destacarem do restante do texto, além de serem recuados no corpo do texto. Os estudantes, conforme já mencionado, são identificados com a letra “E” (Estudante) seguida de um número designado pelo pesquisador (de 01 a 12), e um subíndice “S” (segundo) para distinguir os momentos de fala de cada um, também colocados entre parênteses. As falas do professor são identificadas pela letra “P” (Professor). Os componentes relevantes para a compreensão do discurso e nossas observações são apresentados entre colchetes.

A análise descritiva foi estruturada com base em cada conceito abordado e na aplicação prática dos circuitos (Diferença de Potencial, Corrente Elétrica, Resistência Elétrica, Potência Elétrica, Circuito em Série, Circuito em Paralelo e Polarização em Diodo), e os respectivos elementos semióticos empregados. Decerto, para cada fragmento transcrito em que os elementos semióticos foram utilizados, houve uma análise descritiva e interpretativa.

Na transcrição dos dados, tanto os elementos semióticos quanto os seus respectivos papéis foram destacados em negrito e itálico, com o intuito de evidenciar o momento de sua ocorrência e a função que desempenhavam na dinâmica discursiva. Quanto aos papéis exercidos por esses elementos no processo dialógico, utilizamos termos diversos, como função, propósito, objetivo, intenção, visa e finalidade, a fim de refletir as múltiplas formas de atuação desses elementos na estruturação da comunicação e na influência sobre a aprendizagem.

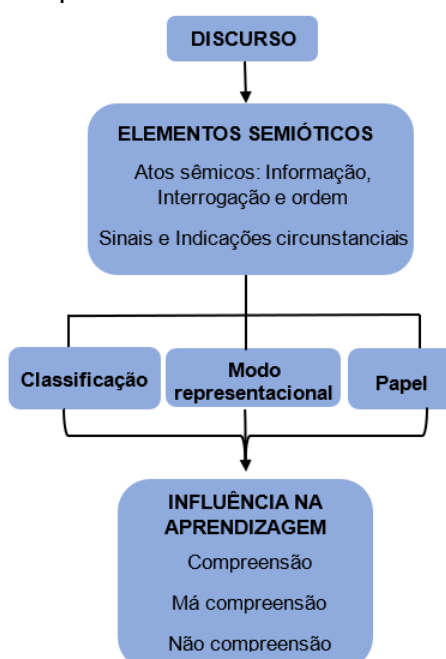
Durante a emissão dos elementos semióticos utilizados para abordar os conceitos e atividades práticas selecionadas, analisamos as falas dos estudantes que, inicialmente, revelaram não compreensão e má compreensão ou aqueles que apresentaram alguma dificuldade na configuração dos circuitos elétricos. Essa escolha se justifica pelo fato de, durante os momentos de ensino, alguns estudantes só se manifestarem após a apresentação das indicações circunstanciais, o que impossibilitou identificar se sua compreensão foi diretamente influenciada por esse elemento, pelo sinal ou por outros fatores. Assim, delimitamos a análise a um conjunto específico de falas, permitindo uma avaliação mais precisa da influência dos elementos semióticos no processo de aprendizagem.

Para analisar os elementos semióticos ao longo da dinâmica discursiva, adotamos os conceitos de sinais, indicações circunstanciais, com base na transposição didática de Godoy (2016) e Laburú, Silva e Camargo Filho (2021), e as categorias sociais do ato sêmico de Prieto (1973). Esses elementos foram caracterizados quanto à forma, modo representacional de manifestação e tipos de ato sêmico. Para avaliar sua influência na aprendizagem, utilizamos os estados de compreensão, má compreensão e não compreensão, também descritos por Prieto (1973).

Com isso, quer-se dizer que o instrumento analítico utilizado é o referencial teórico fundamentado na semiologia de Prieto (1973). A teoria das mensagens e sinais fornece as bases conceituais para identificar, categorizar e interpretar os elementos semióticos no discurso do professor. Dessa forma, a análise vai além da mera descrição dos fenômenos discursivos, permitindo uma compreensão mais profunda da relação entre os elementos semióticos e sua influência na construção do conhecimento pelos estudantes. Assim, o referencial teórico não apenas embasa a pesquisa, mas também orienta a investigação dos processos semióticos que impactam a aprendizagem.

Na Figura 6, apresentamos o esquema de análise adotado para o tratamento dos dados.

Figura 6 – Esquema de análise dos elementos semióticos



Fonte: Elaboração própria (2025).

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo, organizamos os encontros em episódios de ensino em que ocorreram o emprego dos elementos semióticos. Para cada um dos episódios, realizamos uma breve contextualização antes de iniciar o processo dialógico. Dessa forma, a análise para cada momento está estruturada da seguinte forma: 1) identificação dos elementos semióticos; 2) investigação de seus papéis; e 3) análise de como eles influenciam a aprendizagem, classificando-a em compreensão, não compreensão e má compreensão.

6.1 EPISÓDIO DE ENSINO: DIFERENÇA DE POTENCIAL

Antes de introduzir o conceito de DDP, o professor revisa o conceito de trabalho, definido como a energia fornecida por uma força ao mover um objeto ao longo de um deslocamento. Paralelo a isso, revisa os conceitos de potencial elétrico e energia potencial elétrica abordados em aulas anteriores. Explica que a energia potencial elétrica é a energia armazenada em uma carga devido à sua posição em relação ao campo elétrico e que o potencial elétrico é caracterizado pela razão entre essa energia e a carga em questão. Com esses conceitos esclarecidos, o professor passa para a discussão:

(P1): “Alguém já ouviu falar sobre diferença de potencial ou tensão elétrica? Se sim, poderiam explicar o que é?”

(E10_{1s}): “É a distância que a carga tem que percorrer dentro do campo elétrico.”

(E08_{1s}): “Já ouvi falar, mas não sei explicar.”

(P2): “Pode falar o que você entende, não tem problema se não estiver certo.”

(E08_{2s}): “Acho que tem a ver com a energia potencial elétrica.”

(P3): “Por que você acha isso?”

(E08_{3s}): “Porque quando uma carga elétrica está numa posição do campo elétrico ela tem energia potencial elétrica, a velocidade dela quando ela muda de posição é a diferença de potencial.”

(P4): “Alguém mais pode me explicar o que entende por diferença de potencial?” [Os demais estudantes permanecem em silêncio.]

O ato sêmico de **interrogação** em P1 - “Alguém já ouviu falar sobre diferença

de potencial ou tensão elétrica?” - tem a **função** de verificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conceito. Esse ato é acompanhado de um novo ato sêmico de **interrogação** - “Se sim, poderiam explicar o que é?” -, cujo **papel** é incentivar os estudantes a expressar suas ideias. Como resultado, é identificado **má compreensão** na fala de E10_{1s} ao associar o conceito como a distância percorrida pela carga elétrica. Embora a distância influencie a DDP em campos uniformes (como em um capacitor de placas paralelas), ela é definida pela variação da energia potencial elétrica por unidade de carga, não pela distância.

Diante da fala de E08_{1s}, o professor emite o ato sêmico de **informação** em P2. Sua **finalidade** é encorajar o estudante a manifestar o que sabe sem medo de julgamento. Em razão da resposta limitada apresentada em E08_{2s}, o professor introduz um novo ato sêmico de **interrogação** em P3. Seu **objetivo** visa estimular a reflexão e incentivar o estudante a desenvolver sua justificativa. A resposta posterior em E08_{3s} oferece uma explicação mais detalhada que revela **má compreensão**, ao afirmar que a velocidade da carga é equivalente à DDP.

A fala de P4 constitui um ato sêmico de **interrogação**, cuja **função** é de incentivar a participação dos estudantes no diálogo e promover a troca de ideias e a reflexão sobre o tema proposto. No entanto, a maioria dos estudantes não se manifesta. Como não houve resposta, o professor diz:

(P5): “Diferença de potencial elétrico, abreviada por DDP, ou tensão elétrica, é a medida da variação da energia potencial elétrico por unidade de carga entre dois pontos. Sua unidade de medida é o Volt (V)”.

Em P4, o professor emite o **signal**, na forma verbal oral, por meio do ato sêmico de **informação**. O seu **papel** é fornecer uma explicação precisa do conceito aos estudantes e corrigir os equívocos apresentados por E08_{3s} e E10_{1s}.

Dando sequência a aula:

(P6): “Alguém poderia explicar com suas próprias palavras o que entendeu sobre a definição do conceito de ddp? [A turma fica em silêncio]. Pensem nos conceitos de potencial elétrico e energia potencial elétrico que já trabalhamos.”
(E08_{4s}): “Não entendi. Como assim variação da energia potencial elétrica?”

(E10_{2s}): “Então, pra mim é a distância percorrida entre dois pontos que uma carga se movimenta.”

Em P6, o ato sêmico de **interrogação** - “Alguém poderia explicar com suas próprias palavras o que entendeu sobre a definição do conceito de ddp?” - tem o **papel** de incentivar a reflexão dos estudantes e motivá-los a expressar seus entendimentos. No entanto, a turma demonstra hesitação, permanecendo em silêncio diante da solicitação.

Frente a isso, o professor emite um ato sêmico de **informação** - “Pensem nos conceitos de potencial elétrico e energia potencial elétrico que já trabalhamos” - com o **objetivo** de engajar os estudantes e estabelecer conexões entre os conceitos abordados anteriormente e o conceito de DDP. Como resultado, E08_{4s} apresenta **não compreensão** da mensagem do ato sêmico. Sua resposta sugere que ele não entendeu como a energia potencial elétrica varia entre dois pontos.

Ainda, a resposta de E10_{2s} revela **má compreensão** da mensagem do ato sêmico, ao associar novamente o conceito à distância percorrida, ignorando que a DDP está diretamente relacionada à variação da energia potencial elétrica por unidade de carga.

Para os estudantes que se manifestaram, a mensagem transmitida pelo sinal em P5 não foi suficiente. Diante disso, o professor emite uma indicação circunstancial na forma de analogia subsidiada por questionamentos.

Antes de apresentar a analogia aos estudantes, o professor esclarece que ela se baseia em um sistema ideal, no qual fatores como a resistência do ar e a dissipação de energia são desconsiderados. Ele explica que, em um sistema real, esses fatores são determinantes, tendo em vista que forças não conservadoras entram em ação e causam a dissipação de energia na forma de calor devido à resistência, ou à conversão de parte da energia em outras formas.

Em continuidade ao discurso:

(P7): “Prestem atenção! Imagine que, no topo de uma colina, no ponto mais alto, no ponto A, há uma bola que representa uma carga elétrica, e o ponto B seria a base da colina. Assim como a bola tem energia potencial gravitacional no topo da colina devido à sua altura, a carga elétrica tem energia potencial elétrica no ponto A devido à sua posição no campo elétrico. O que acontece com a energia potencial da bola se soltarmos ela do ponto A?”

(E08₅₅): “A energia potencial gravitacional vai diminuindo, porque vai se transformando em energia cinética.”

(P8): “Isso mesmo. Então, o que podemos concluir sobre a energia potencial elétrica da carga ao se mover entre dois pontos?”

(E08₆₅): “Se uma carga estiver em uma região de maior potencial elétrico, quer dizer que ela tem mais energia potencial elétrica nesse ponto, se ela se mover para uma região de menor potencial elétrico, ela vai variar essa energia potencial elétrica que ela tem, ou seja, sua energia potencial elétrica vai diminuir.”

(P9): “E como essa variação da energia potencial elétrica da carga se relaciona com a diferença de potencial elétrico?”

(E08₇₅): “Pelo que entendi, quando a carga se move entre dois pontos com potenciais diferentes, como no exemplo com a altura da colina, a diferença de potencial vai dizer quanto da energia potencial elétrica dessa carga varia ao se mover entre esses pontos. Essa variação de energia potencial elétrica é transformada em energia cinética quando ela se move para o ponto de menor potencial.”

A analogia apresentada na forma verbal oral em P7, subsidiada por questionamentos opera como uma **indicação circunstancial**, ao auxiliar e delimitar o entendimento da mensagem do sinal originário. Dito de outra forma, o signo emitido pelo professor é assim classificado, pois o cenário da colina fornece um contexto que, por meio de questionamentos, desempenha o **papel** de promover a reflexão dos estudantes, permitindo-lhes construir uma linha de raciocínio autônoma para alcançar a correta apreensão da mensagem.

A indicação circunstancial é mediada por atos sêmicos de ordem, informação e interrogação. Em P7, o ato sêmico de **ordem** explicitado - “Prestem atenção” - tem a **função** de captar a atenção dos estudantes para introduzir a analogia. Segue um ato de **informação** - “Imagine que, no topo de uma colina, no ponto mais alto, no ponto A, há uma bola que representa uma carga elétrica, e o ponto B seria a base da colina” -, cujo **papel** é definir os pontos de referência e estabelecer correspondência entre a bola e a carga elétrica. Na sequência, um novo ato sêmico de **informação** é emitido - “Assim como a bola tem energia potencial gravitacional no topo da colina devido à sua altura, a carga elétrica tem energia potencial elétrica no ponto A devido à sua posição no campo elétrico” - com o **objetivo** de relacionar analogicamente a energia potencial gravitacional da bola à energia potencial elétrica da carga em um ponto específico. Por último, é emitido um ato sêmico de **interrogação**: “O que acontece com a energia potencial da bola se soltarmos ela do ponto A?”. A **finalidade** desse ato é incentivar o raciocínio dos estudantes sobre a

variação da energia potencial gravitacional, ao se mover entre dois pontos. Essa meta é alcançada, como evidenciado pela resposta de E08_{5s}. No entanto, não classificamos essa resposta como compreensão, pois o foco está no conceito de DDP.

Em sequência, o professor emite um ato sêmico de informação e interrogação em P8. O ato sêmico de **informação** - “Isso mesmo” - tem o **papel** de validar o raciocínio apresentado e reforçar a confiança do estudante. Esse ato é acompanhado de um ato sêmico de **interrogação**: “Então, o que podemos concluir sobre a energia potencial elétrica da carga ao se mover entre dois pontos?”. A **intenção** do professor com esse ato é verificar se o estudante consegue estabelecer a relação entre o movimento da carga e a variação da energia potencial elétrica. Como resultado, E08_{6s} demonstra o entendimento correto sobre essa relação, mas não a relaciona com o conceito trabalhado.

O professor emite um novo ato sêmico de **interrogação** em P9, com o **objetivo** de direcionar o raciocínio do estudante para que estabeleça uma relação entre a variação da energia potencial elétrica da carga e o conceito de DDP. A resposta subsequente em E08_{7s} indica **compreensão** da mensagem do ato sêmico em P3, interpretando corretamente o conceito e explicando como ele está diretamente associado à variação da energia potencial elétrica de uma carga, ao se mover para um ponto de menor potencial. Apesar da resposta sugerir que toda a energia potencial elétrica da carga se converte em energia cinética, considera-se correta para um sistema ideal.

Diante desses atos sêmicos, prossegue-se a conversação:

(P10): “Você pode dizer o que entendeu agora?” [O professor aponta para E10.]

(E10_{3s}): “Eu acho que a carga está transformando a energia que ela tem, como a energia potencial em energia cinética no exemplo da colina.”

(P11): “E se pensarmos nesse raciocínio em termos de diferença de potencial, como ele se aplica em um sistema real, como no contexto dos circuitos elétricos?”

(E10_{4s}): “No circuito, quando uma carga se move de uma região de maior potencial elétrico para uma de menor potencial, ela vai perder energia potencial elétrica. Parte dessa energia é transformada em outras formas de energia, como luz em uma lâmpada. Então, quanto maior a diferença de potencial no circuito, maior é a variação de

energia potencial elétrica da carga, o que pode dar uma maior quantidade de energia convertida durante o movimento dela.”

(E08_{8s}): “Faz sentido. Só que tem a força do campo gravitacional e o trabalho também, né? Porque na colina, o trabalho da força peso age sobre a bola, fazendo ela se ir para baixo. No circuito a força do campo elétrico realiza trabalho na carga movendo ela, só que no circuito parte dessa energia pode ser convertida em outras formas.”

(P12): “Muito bom você dizer, como o trabalho é a energia fornecida por uma força que atua ao longo de um deslocamento entre dois pontos. Também podemos entender a diferença de potencial como a quantidade de trabalho realizado por unidade de carga para mover uma carga entre dois pontos. Só que no caso da força elétrica, uma força conservativa, o trabalho realizado é igual ao negativo da variação da energia potencial elétrica entre esses dois pontos. Vamos falar mais disso.”

O ato sêmico de **interrogação** em P10 tem como **objetivo** estimular a participação do estudante e verificar seu entendimento. Em função da resposta incompleta em E10_{3s}, o professor introduz o ato sêmico de **interrogação** em P11. O seu **papel** é direcionar a atenção do estudante para o conceito em discussão e aprofundar sua reflexão ao considerar um sistema real. Embora a resposta ulterior em E10_{4s} não defina explicitamente o conceito, sua fala demonstra **compreensão** ao relacionar corretamente a DDP com a variação de energia potencial elétrica e a possibilidade de conversão de energia em outras formas durante o movimento da carga.

A resposta de E08_{8s} reforça a **compreensão** do conceito ao observar, por meio da analogia, a relação da força peso e o trabalho realizado por essa força, aplicando-a ao contexto dos circuitos elétricos e destacar que parte da energia pode ser convertida em outras formas, o que é uma característica dos sistemas reais.

Devido a essa observação, o professor emite um **sinal** na forma verbal oral por meio do ato sêmico de **informação** em P12. Sua **finalidade** é aproveitar a observação feita pelo estudante e aprofundar o conceito como a quantidade de trabalho realizado por unidade de carga para mover uma carga entre dois pontos.

Dessa forma, no instante do contexto discursivo selecionado, a mensagem transmitida pelo sinal, somada à indicação circunstancial na forma de analogia subsidiada por atos sêmicos de interrogação, é gradualmente efetivada. Assim, o professor alcança seu objetivo, ao fazer com que os estudantes compreendam de forma autônoma o conceito abordado.

6.2 EPISÓDIO DE ENSINO: CORRENTE ELÉTRICA

Após abordar o conceito de DDP, o professor revisa a estrutura atômica e destaca a localização dos elétrons ao redor do núcleo e como alguns desses elétrons, chamados de elétrons livres, podem se mover entre átomos em materiais condutores. Com esse contexto esclarecido, o professor projeta um *slide* com a definição do conceito de corrente elétrica e faz a leitura para a turma:

(P1): “Corrente elétrica é o movimento ordenado de portadores de carga elétrica em um material quando há uma diferença de potencial. A corrente é representada pelo símbolo i e é medida em amperes (A).”

(E09_{1s}): “Portadores de carga?”

(E06_{1s} e E11_{1s}): “Não entendi.” [Respondem ao mesmo tempo.]

(P2): “Portadores de carga são partículas que carregam uma carga elétrica e podem se mover através de um material. Dependendo do material, esses portadores podem variar. Em soluções líquidas que conduzem eletricidade, temos íons que são átomos ou moléculas carregadas. E em gases ionizados, também conhecidos como plasmas, os portadores de carga podem ser íons positivos ou negativos. Em materiais condutores temos os elétrons. Agora, considerando a definição no slide e os portadores de carga como elétrons em um fio condutor, como vocês descrevem corrente elétrica?”

O **sinal** na forma verbal oral escrita é emitido pelo professor por meio do ato sêmico de **informação** em P1. O **objetivo** do sinal é fornecer uma introdução clara e precisa do conceito aos estudantes. A resposta de E09_{1s} mostra **não compreensão**, ao expressar dúvida sobre o termo portadores de carga. As falas de E06_{1s} e E11_{1s} igualmente aponta **não compreensão** da mensagem do ato sêmico.

Diante da não compreensão evidenciada nas falas dos estudantes, o professor lança o segundo **sinal** na forma de ato sêmico de **informação** na forma verbal oral em P2, cujo **papel** é esclarecer o termo portadores de carga e complementar a mensagem do sinal originário. Esse esclarecimento segue um ato de **interrogação** - “Agora, considerando os portadores de carga como elétrons em um fio condutor, como vocês descrevem corrente elétrica?” - que **visa** a incentivar os estudantes a considerar os elétrons como portadores de carga e manifestar os seus entendimentos e, diante disso, direcionar o foco da aula para o conceito de corrente

elétrica.

Dando sequência ao discurso, os estudantes se manifestam:

(E09_{2s}): “Corrente elétrica é o movimento dos elétrons.”

(E06_{2s}): “Acho que é isso também.”

(E11_{2s}): “São vários elétrons.”

(P3): “Conseguem explicar melhor?”

(E11_{3s}): “É como se os elétrons se juntassem dentro do fio, formando uma corrente, tipo colados, e só conseguissem se mover se estivessem todos juntos.”

(P4): “Mais alguém?” [Os demais estudantes permanecem em silêncio.]

A resposta de E09_{2s} indica **má compreensão**. Embora sua resposta apresente uma relação do conceito com o “movimento de elétrons”, ela sugere a ideia equivocada de que apenas o movimento dos elétrons resulta em corrente elétrica, quando na verdade a ddp gera um campo elétrico que orienta os elétrons, organizando seu movimento em uma direção predominante, o que caracteriza a corrente elétrica. E06_{2s}, ao concordar com a fala de E09_{2s}, igualmente aponta **má compreensão**.

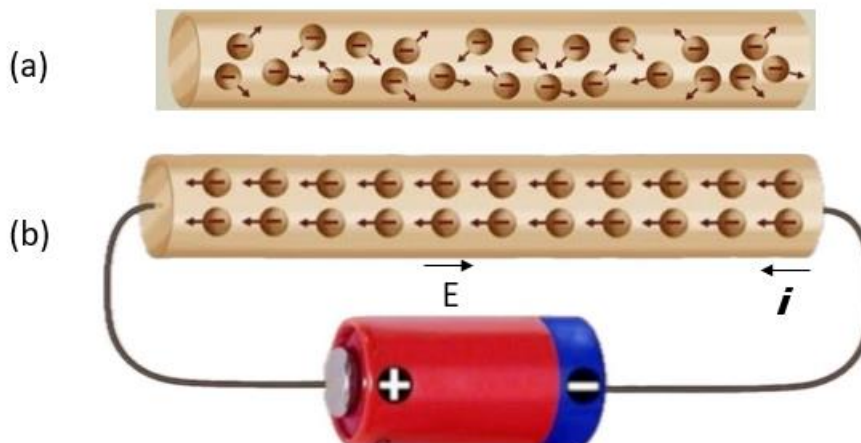
Dada a resposta limitada apresentada em E11_{2s}, o professor introduz o ato sêmico de **interrogação** em P3. Sua **finalidade** é incentivar o estudante a refletir e fornecer uma explicação mais detalhada. A resposta subsequente em E11_{3s}, embora mais detalhada, apresenta **má compreensão**, ao sugerir que os elétrons estão colados dentro do fio e que o movimento deles só ocorre se estiverem todos juntos.

A fala de P4 caracteriza-se como um ato sêmico de **interrogação**, com o **objetivo** de estimular a interação dos estudantes no diálogo, promovendo o compartilhamento de ideias sobre o conceito abordado. Contudo, a maioria dos estudantes permanece em silêncio.

Ao perceber a insuficiência do efeito pretendido pelos sinais emitidos em P1 e P2, o professor emite na sequência um terceiro sinal. O terceiro sinal conta com os sinais anteriores, por continuidade, para levar os estudantes à compreensão. Em termos mais simples, a mensagem do terceiro sinal se soma ao primeiro e ao segundo sinal para, em conjunto, assistir o significado do sinal originário em P1.

O terceiro sinal é inserido na forma de representação imagética com o auxílio do *slide*, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 – Movimento de elétrons em um fio condutor: a) sem corrente elétrica; b) com corrente elétrica



Fonte: Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo – IPEM SP (2019), com adaptações do autor.

De acordo com a figura 7, as imagens (a) e (b) atuam como um **signal**, ao informar, de modo direto, que a corrente elétrica não é simplesmente o movimento de elétrons. Antes, seu **objetivo** é direcionar o pensamento dos estudantes para o comportamento dos elétrons no fio condutor e complementar a mensagem do sinal em P1. Por meio de ato sêmico de **informação**, as imagens permitem que os estudantes observem que há um movimento de elétrons de forma desordenada e não há indicação de corrente elétrica, conforme a imagem (a). Logo, não se trata apenas do movimento dos elétrons. Por outro lado, na imagem (b), percebe-se que os elétrons não estão “colados” uns aos outros, mas, sim, em movimento organizado, como resultado da aplicação de uma DDP, que gera um campo elétrico (E) e induz a movimentação da corrente elétrica, representada pela letra i .

Em continuidade ao discurso, o professor coloca:

(P5): “Observem a imagem (a) e (b). Levando em conta a definição de corrente elétrica e considerando os elétrons como portadores de carga, como vocês descreveriam o conceito de corrente elétrica?”

O sinal na forma visual é mediado pelo professor com a utilização de atos sêmicos de ordem e interrogação durante a dinâmica comunicativa. Em P4, um ato sêmico de **ordem** - “Observem as imagens (a) e (b)”-, cuja **função** é direcionar a

atenção dos estudantes para o movimento dos elétrons nas duas imagens. Esse ato é acompanhado do ato sêmico de **interrogação** - “Levando em conta a definição de corrente elétrica e considerando os elétrons como portadores de carga, como vocês descreveriam o conceito de corrente elétrica” -, com a **intenção** de incentivar os aprendizes a estabelecer conexões entre o conceito e a representação imagética.

Como resultado, os estudantes se manifestam:

(E09_{3s}): “Na primara foto [imagem a], os elétrons estão se movendo de forma bagunçada, sem formar uma corrente elétrica, porque não tem ddp aplicada para organizar o movimento deles. Já na foto de baixo [imagem b], com a ddp aplicada, os elétrons se movem de forma organizada, criando uma corrente elétrica.”

(E06_{3s}): “É isso mesmo, porque quando conecta o fio, como se fosse o ponto A e o ponto B, tem uma diferença de potencial entre esses pontos, essa diferença de potencial cria um campo elétrico e a força elétrica desse campo faz os elétrons deslocarem de forma organizada, formando a corrente elétrica.”

(P6): “Isso mesmo, mas é importante vocês saberem que esse movimento ordenado ocorre em média. Porque os elétrons continuam se chocando com as paredes do fio, mas em média se deslocam na direção da força elétrica. E você o que percebeu?” [aponta para E11]

(E11_{4s}): “Eles realmente não estão colados, mas acho que tem que ter uma quantidade certa deles para a corrente acontecer.”

A resposta de E09_{3s} indica **compreensão**. Isso é verificado em sua fala, quando ele reconhece que a formação da corrente elétrica se dá pelo movimento organizado de elétrons e que a ddp é responsável por esse movimento.

A fala E06_{3s}, igualmente, aponta **compreensão**, ao relacionar corretamente a criação de um campo elétrico a DDP entre dois pontos e explicar que a força elétrica gerada pelo campo elétrico organiza o movimento dos elétrons, dando origem à corrente elétrica. Logo, a mensagem transmitida pelo sinal na forma representacional imagética, subsidiada pelo ato sêmico de ordem e interrogação, complementou a mensagem dos sinais anteriores e se mostrou eficiente para que E09 e E06 compreendessem o conceito abordado.

Em P6, verifica-se um ato sêmico de **informação** — “Isso mesmo, mas é importante vocês saberem que esse movimento ordenado ocorre em média. Porque os elétrons continuam se chocando com as paredes do fio, mas em média se deslocam na direção da força elétrica” —, cujo **papel** é validar as respostas dos

estudantes (E09_{3s} e E06_{2s}) e explicar que o movimento dos elétrons não é perfeitamente linear. Ao final, o ato sêmico de **interrogação** - “E você, o que percebeu?” - é emitido com a **finalidade** de incentivar E11 a compartilhar sua percepção, para verificar se o estudante reconhece que os elétrons não estão colados uns aos outros.

Contudo, a fala de E11_{4s} denota **má compreensão**. Apesar de reconhecer que os elétrons não estão colados uns aos outros, o estudante comete um equívoco, ao dizer que a corrente depende de uma “quantidade certa” de elétrons. Na realidade, a corrente elétrica não está condicionada a uma quantia fixa de elétrons no material, mas ao movimento ordenado das cargas elétricas livres, em resposta a um campo elétrico gerado por uma DDP.

Nesse momento do discurso, P7 emite um signo na forma de indicação circunstancial.

(P7): “Observe a quantidade de elétrons nas duas imagens. O que você me diz?”

(E11_{5s}): “Nas duas tem 22 elétrons.”

(P8): “Então o que é necessário para que uma corrente elétrica aconteça?”

(E11_{6s}): “A diferença de potencial. Porque se nas duas imagens tem a mesma quantidade de elétrons e não tem corrente nas duas, é a ddp, que cria um campo elétrico dentro do fio. Quer dizer que a força elétrica desse campo faz os elétrons livres se movimentarem, na média, de forma alinhada, que resulta na corrente elétrica.”

(P9): “Correto, mas só para esclarecer, o movimento dos elétrons na corrente elétrica se soma ao movimento térmico natural das partículas do material, que ocorre independentemente da presença de uma DDP. Esse movimento térmico é sempre presente, mesmo que não haja uma tensão aplicada. Por outro lado, quando há uma DDP, ela gera um campo elétrico que orienta os elétrons, criando um fluxo ordenado de cargas, caracterizando uma corrente elétrica.”

(E08): “Mas por que a corrente é o símbolo de I e não C de corrente professor?”

O ato sêmico de **ordem** em P7 - “Observe a quantidade de elétrons nas duas imagens” -, aliado a representação imagética e subsidiada por atos sêmicos de interrogação, atua como uma **indicação circunstancial** na forma verbal oral ao direcionar a atenção do estudante, para o fato de que, embora as duas situações (imagem a e b) apresentem o mesmo número de elétrons, a corrente elétrica só ocorre em um dos casos. Seu **papel** é complementar a mensagem do sinal originário

e direcionar o pensamento do estudante para que ele perceba, autonomamente, que a quantidade de elétrons não é o fator determinante para a geração de corrente elétrica e que essa é caracterizada pelo fluxo ordenado de elétrons impulsionados pela aplicação de uma DDP, sem que o professor emita mais um sinal, como: A corrente elétrica não depende de uma quantidade específica de elétrons, mas, sim, da movimentação ordenada desses elétrons, que é provocada por uma DDP.

Frente à percepção correta de E11_{5s}, o professor emite o ato sêmico de **interrogação** em P8, com o **papel** de incentivar o estudante a refletir e a formular uma conclusão com base na sua observação. Como resultado, E11_{6s} apresenta **compreensão** da mensagem. Esta conclusão vem do reconhecimento do estudante que a força do campo elétrico gerado pela DDP induz o movimento ordenado dos elétrons, o que caracteriza a corrente elétrica, superando assim o estado de má compreensão.

O ato sêmico de **informação** em P9 tem o **objetivo** de esclarecer a versão simplificada do conceito, destacando a relação entre o movimento térmico das partículas, o movimento ordenado dos elétrons na corrente elétrica e o papel da DDP na geração do fluxo de cargas.

Diante da pergunta lançada por E08, o professor coloca:

(P10): “Interessante você perguntar isso. A corrente elétrica é representada pelo símbolo “I” porque vem da palavra em latim “intensitas”, que significa intensidade. A intensidade da corrente pode ser definida pela quantidade de elétrons que passam por uma seção transversal, ou seja, uma área circular do fio condutor por unidade de tempo.”

(E11_{7s}): “Então, a quantidade de elétrons que atravessam a área do fio em um intervalo de tempo, na verdade influencia a intensidade da corrente elétrica, porque mais elétrons significam mais carga sendo transportada.”

(E06_{4s}): “Isso quer dizer que quanto maior o número de elétrons que passam por essa área em um certo tempo, maior é a intensidade da corrente elétrica, já que a quantidade de carga transportada por intervalo de tempo também aumenta.”

(P11): “Isso mesmo, vocês estão entendendo bem! Mas existem outros fatores que também influenciam a intensidade da corrente elétrica que exploraremos na próxima aula.”

O ato sêmico de informação em P9 cumpre o **papel** de esclarecer a representação convencional adotada para a corrente elétrica e aprofundar o

conceito, conectando-o à simbologia adotada. Como resultado, E11_{7s} e E06_{4s} externalizam suas significações, que reforçam uma compreensão mais profunda do conceito.

A fala em P10 representa um ato sêmico de **informação**. Seu **objetivo** é validar o entendimento dos estudantes e esclarecer que, embora a quantidade de elétrons influencie a intensidade da corrente, há outros fatores que interferem na intensidade da corrente. Contudo, consideram-se satisfatórias as respostas desses estudantes para esse momento do ensino, posto que outros aspectos que influenciam a corrente elétrica são abordados na sequência.

Como se verifica pelo extrato das falas selecionadas, após a sequência dos sinais emitidos, subsidiados por atos sêmicos de informação, ordem e interrogação e com o auxílio da indicação circunstancial, o professor consegue, progressivamente, levar os estudantes à compreensão autônoma do conceito.

6.3 EPISÓDIO DE ENSINO: RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Antes do professor introduzir o conceito de resistência elétrica, ele revisa a conceituação de corrente elétrica e DDP. Ademais, destaca que a corrente pode variar para uma mesma DDP, dependendo do tipo de condutor. Assim, a variação na corrente em um resistor ôhmico ocorre devido à resistência própria que cada condutor oferece ao fluxo de cargas elétricas. Com esses conceitos esclarecidos, o professor passa a discussão:

(P1): “O que vocês entendem por resistência elétrica?”

(E01_{1s}): “Tem a ver com chuveiro, meu pai já falou disso, eu acho que é a quantidade de eletricidade que um material pode segurar.”

(P2): “Nos chuveiros temos um exemplo prático, mas resistência elétrica é a medida de quanta dificuldade um material ou componente oferece para a passagem da corrente elétrica. Ela mostra quanto a corrente é restringida ao fluir através do condutor quando uma tensão é aplicada.”

(E01_{2s}): “Então professor, é tipo a capacidade de um condutor de acumular a corrente elétrica dentro dele.”

(P3): “Mais alguém pode dizer o que entendeu sobre a definição de resistência elétrica?”

(E08_{1s}): “Tô tentando, mas tá difícil professor.” [Estudante passa a mão na testa e faz expressão de que está tentando entender.]

(E03_{1s} e E07_{1s}): “Tá mesmo!” [respondem simultaneamente.]

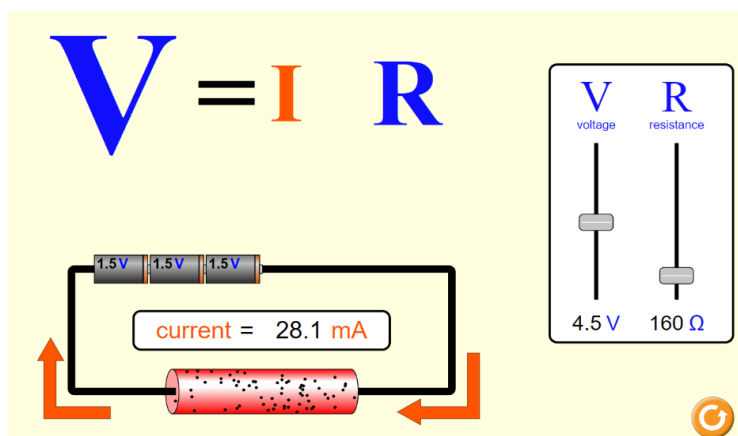
O ato sêmico de **interrogação** em P1 tem a **função** de verificar o conhecimento prévio dos estudantes. A **intenção** do professor com esse ato é diagnosticar o que os estudantes já sabem sobre o tema. Como resultado, é identificada **má compreensão** da mensagem do ato sêmico na fala de E01_{1s}. Apesar de associar o conceito a um exemplo prático, o estudante comete um equívoco, ao afirmar que é a quantidade de eletricidade que o material pode segurar.

Ante a essa má compreensão, o professor emite o primeiro **sinal** na forma verbal oral, por meio do ato sêmico de **informação** em P2. O **papel** desse ato é corrigir o equívoco de E01_{1s} e fornecer uma explicação precisa do conceito. No entanto, a resposta de E01_{2s} expressa **má compreensão** da mensagem do ato sêmico, ao associar novamente o conceito à ideia de acumulação de corrente elétrica.

É oportuno perceber que o ato sêmico de **interrogação** em P3 tem o **objetivo** de envolver a participação dos demais estudantes no diálogo. Esse objetivo é alcançado nas manifestações dos estudantes E08_{1s}, E03_{1s} e E07_{1s}, que indicam **não compreensão**.

Em seguida, é inserido um segundo sinal por meio de uma representação visual interativa (simulador), conforme ilustra a Figura 8.

Figura 8 – Tela do simulador da Primeira Lei de Ohm



Fonte: www.phet.colorado.edu.

Antes de apresentar o simulador aos estudantes, o professor explica a fórmula matemática da Primeira Lei de Ohm e suas simbologias: V para tensão, I para corrente elétrica e R para resistência, além de suas respectivas unidades de medida.

No simulador, a tensão é possível de ser ajustada alterando-se o número de pilhas no circuito. A resistência é alterada pela mudança nas características do material do fio condutor na simulação.

Em continuidade ao discurso, o professor, explorando o simulador, orienta quanto à manipulação de um circuito:

(P4): “Abram o simulador. Vocês verão um circuito com uma fonte de tensão, um resistor, e a 1ª Lei de Ohm. Ajustem os valores da tensão e resistência e me digam o que acontece com a corrente?”

O simulador atua como um **sinal** na forma visual interativa, ao informar diretamente as consequências das alterações nos parâmetros de tensão, corrente elétrica e resistência. Por meio de ato sêmico de **informação**, o simulador permite que os estudantes observem como esses parâmetros afetam a corrente elétrica. Seu **papel** é complementar a mensagem do sinal anterior e guiar o pensamento dos estudantes para o entendimento da mensagem pretendida.

O sinal visual interativo é mediado pelo professor com a utilização de atos sêmicos de ordem, informação e interrogação durante a dinâmica comunicativa. Em P4, o ato sêmico de **ordem** - “Abram o simulador” - é acompanhado de novo ato sêmico de **ordem** - “ajustem os valores da tensão e resistência” -, cujo **papel** é fornecer orientações claras para que os estudantes realizem as ações. Segue um ato de **informação** - “vocês verão um circuito com uma fonte de tensão, um resistor, e a 1ª Lei de Ohm” com o **objetivo** de destacar a atenção para os aspectos essenciais do simulador. Por último, um ato de **interrogação** é emitido - “O que acontece com a corrente?” -, que tem a **intenção** de convidar os estudantes a analisarem os resultados da simulação e a compartilharem suas observações.

Diante desses atos sêmicos, prossegue-se a conversação:

(E07_{2s}): “Dá pra ver que a corrente elétrica é influenciada pela tensão e pela resistência, mas de maneiras diferentes.”

(P5): “Como assim?”

(E07_{3s}): “Quando eu aumento a tensão no simulador, a resistência permanece constante, mas a corrente aumenta proporcionalmente. E quando eu diminuo a resistência do material, deixando a tensão constante, a corrente aumenta, porque ela tem mais facilidade para passar.”

Em função da resposta limitada apresentada em E07_{2s}, o professor introduz um terceiro ato sêmico de **interrogação** em P5. O seu **papel** visa a esclarecer e aprofundar a compreensão dos conceitos em discussão. A resposta ulterior em E07_{3s} oferece uma resposta mais detalhada e correta. Ao explicar as alterações nos parâmetros do simulador e afirmar que ao diminuir a resistência do material, mantendo a tensão constante a corrente aumenta, porque ela tem mais facilidade para passar, o estudante reflete **compreensão** da mensagem do ato sêmico.

Dando sequência ao discurso, o professor questiona:

(P6): “Mais alguém?”

(E08_{2s}): “Igual no computador [tela do simulador], quando aumentamos a tensão e a resistência permanece constante, a corrente aumenta porque a tensão impulsiona a corrente elétrica. Isso acontece porque, a corrente é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à resistência.”

Em P6, o professor emite um ato sêmico de **interrogação**. Sua **finalidade** é estimular a participação dos estudantes e verificar se haviam entendido. Como resultado, E08_{2s} manifesta **compreensão**. Isso é verificado em sua fala, quando diz que, ao aumentar a tensão com a resistência constante, a corrente também aumenta, ele demonstra que entende o papel da resistência elétrica como um fator que controla o fluxo de corrente elétrica.

(P7): “E vocês [aponta para E01 e E03]. Agora que vocês observaram a relação entre tensão, resistência e corrente elétrica usando o simulador, como vocês descrevem a resistência elétrica?”

(E03_{2s}): “No simulador, dá pra ver que um resistor com alta resistência permite que menos corrente passe por ele em comparação com um resistor de baixa resistência, quando a tensão aplicada é a mesma. Então, a resistência elétrica funciona como um obstáculo à passagem da corrente elétrica, ela limita o fluxo de cargas.”

(E01_{3s}): “Se a resistência for constante, como no simulador, ela não muda com a variação da tensão, porque a resistência é uma medida

de quão difícil é para a corrente elétrica passar através do componente, e essa dificuldade não é afetada pela tensão aplicada.”

O ato sêmico de **interrogação** proposto pelo professor em P7 tem a **função** de envolver os estudantes na discussão e aprofundar a reflexão do conceito de resistência elétrica após a interação com o simulador. Isso se confirma pela fala de E03_{2s}, que expressa **compreensão** da mensagem do ato sêmico, ao se referir à resistência como um obstáculo ao fluxo da corrente e ao dizer que em resistores com alta resistência o fluxo da corrente é menor.

A resposta de E01_{3s}, igualmente, aponta **compreensão** da mensagem ao reconhecer a resistência como uma medida da dificuldade que a corrente encontra ao atravessar um componente, destacando que essa dificuldade não é influenciada pela tensão aplicada.

Em sequência ao discurso:

(E03_{3s}): “Ou seja, se a tensão for constante e a resistência do material for alta, a passagem da corrente elétrica será menor, porque a resistência dificulta a passagem da corrente. Posso usar a lousa para dar um exemplo, professor?”

(P8): “Sim, pode usar a lousa.” [O estudante realiza simultaneamente o cálculo abaixo.]

(E03_{4s}): “Por exemplo, se um resistor com resistência de 20 ohms e uma tensão de 5 volts, podemos usar a Lei de Ohm para calcular a corrente, então $I = \frac{5}{20}$, a corrente que passará pelo resistor vai ser de 0,25 amperes.”

A fala de P8 constitui um ato sêmico de **informação**, cuja **função** é conceder a E03_{3s} a autorização necessária para realizar a ação proposta. Essa permissão é concretizada por E03_{4s}, na medida em que ele executa o cálculo corretamente. Isso reforça que, para E03_{4s}, a mensagem do ato sêmico atingiu a **compreensão**.

(P9): “E o que acontece se a resistência do material for de 10 ohms?” [O estudante E01 se propõe a realizar o cálculo abaixo simultaneamente.]

(E01_{4s}): “Se diminuir a resistência, $I = \frac{5}{10}$ o valor da corrente vai ser de 0,5 amperes, ou seja, a corrente aumentará. Isso acontece porque a resistência do material é o que controla quanto a corrente pode passar através de um condutor.”

O ato sêmico de **interrogação** em P9 tem a **finalidade** de avaliar se os estudantes entendem o conceito por meio da fórmula da Primeira Lei de Ohm. A resposta de E01_{4s} confirma essa avaliação. Ao aplicar a fórmula corretamente e explicar o papel da resistência como um fator que controla o fluxo de corrente em um condutor, ele reforça o entendimento dos princípios da Primeira Lei de Ohm. Logo, para E01_{4s}, há **compreensão** da mensagem.

Como pode ser constatado nas falas extraídas, após a emissão do sinal verbal oral e visual interativo, subsidiados por atos sêmicos de informação, interrogação e ordem, o professor alcança seu objetivo: levar os estudantes à compreensão do conceito por meio do uso desse signo. Dito de outra forma, a integração coordenada dos sinais e atos sêmicos favoreceu a construção de significados compartilhados no contexto da interação pedagógica. Assim, o signo deixa de ser apenas um veículo de informação e passa a operar como elemento estruturante da aprendizagem.

6.4 EPISÓDIO DE ENSINO: POTÊNCIA ELÉTRICA

Este momento do ensino inicia-se com uma revisão dos conceitos de DDP, corrente elétrica e resistência, bem como dos princípios de energia e trabalho, abordados anteriormente no início do ano letivo. O professor explica que a energia corresponde à capacidade de realizar trabalho e que a energia elétrica resulta do movimento de partículas carregadas em um condutor. Destaca, ainda, que essa energia pode ser convertida em diferentes formas, como térmica, luminosa ou mecânica, dependendo do dispositivo elétrico em questão. Ainda nesse momento, esclarece que o trabalho ocorre quando uma força aplicada a um corpo provoca seu deslocamento, estabelecendo a relação entre energia e trabalho, e revisa o Efeito Joule, fenômeno pelo qual a energia elétrica é dissipada em forma de calor devido à resistência dos condutores. Após o esclarecimento desses conceitos, o professor dá início à discussão.

(P1): “Agora que já estudamos DDP, corrente elétrica e resistência, vamos falar sobre potência elétrica, que é a taxa com que a energia elétrica é convertida em outras formas de energia por unidade de tempo, ou seja, é a rapidez com que um determinado trabalho é

realizado, ou com que a energia é transformada.”

Em P1, o professor emite o primeiro **sinal**, na forma verbal oral, por meio do ato sêmico de **informação**. O **objetivo** do sinal é explicar o conceito aos estudantes. Dá-se continuidade conforme descrito a seguir:

(P2): "Alguém poderia explicar, com suas próprias palavras, o que entendeu sobre o conceito de potência elétrica?"

(E01_{1s}): "É a taxa com que a energia elétrica é convertida."

(E06_{1s}): "É a rapidez que a energia é transformada."

(E09_{1s}): "Eu vi na etiqueta do fogão lá de casa, mas não tenho certeza do que significa."

(P3): "Diga o que você acha."

(E09_{2s}): "É o quão rápido ele funciona."

O ato sêmico de **interrogação** em P2 **visa** obter uma explicação dos estudantes e promover o engajamento sobre o conceito em questão. Em decorrência disso, E01_{1s} e E06_{1s} repetiram partes da mensagem lançada em P1, indicando **não compreensão** da mensagem do ato sêmico.

Em razão da resposta limitada apresentada por E09_{1s}, o professor introduz o ato sêmico de **ordem** em P3, com o **objetivo** de encorajar o estudante a expressar seu pensamento. Como resultado, E09_{2s} demonstra **má compreensão** da mensagem do ato sêmico ao associar o conceito à ideia de "velocidade" de funcionamento, sem considerar a conversão de energia elétrica, que é a característica fundamental do conceito.

O sinal emitido em P1, ao apresentar a definição do conceito de potência elétrica não foi suficiente para que os estudantes compreendessem a mensagem pretendida.

Em seguida, é inserido um segundo sinal.

(P4): "A potência elétrica está relacionada à taxa com que a energia elétrica se converte em outra forma de energia, como calor, luz ou movimento, em um determinado tempo, e não apenas à 'velocidade' do funcionamento. Ela é calculada pela fórmula $P = U \cdot i$ [escreve a fórmula na lousa] e sua unidade de medida é o watt (W). Agora, considerando o conceito de potência elétrica e sua relação com a tensão e a corrente, como vocês explicariam o que é potência elétrica em um circuito?"

O ato sêmico em P4 opera como um **signal** na forma verbal oral, ao enfatizar diretamente a característica essencial do conceito de potência elétrica (taxa de conversão de energia elétrica em outras formas de energia). Por meio do ato sêmico de **informação**, o sinal permite que os estudantes compreendam que a potência elétrica está diretamente relacionada à transformação de energia em um determinado intervalo de tempo, diferenciando-a da simples ideia de "velocidade" de funcionamento. Seu **papel** é complementar a mensagem do sinal originário e guiar o pensamento dos estudantes para o entendimento da mensagem pretendida.

Este segundo sinal é mediado pelo professor com a utilização de atos sêmicos de informação e interrogação durante a interação discursiva. Em P4, o ato sêmico de **informação** - "A potência está relacionada à taxa com que a energia elétrica se converte em outra forma de energia, como calor, luz ou movimento, em um determinado tempo, e não apenas à 'velocidade' do funcionamento" -, cujo **papel** é direcionar a atenção dos estudantes para a característica essencial do conceito. Esse ato é acompanhado de novo ato sêmico de **informação** - "Ela é calculada pela fórmula $P = U \cdot i$ e sua unidade de medida é o watt (W)" -, com o **objetivo** de permitir que os estudantes façam conexões entre tensão e corrente a partir da equação matemática e a associem à definição conceitual de potência elétrica. Por último, um ato de **interrogação** é emitido - "Agora, considerando o conceito de potência elétrica e sua relação com a tensão e a corrente, como vocês explicariam o que é potência elétrica em um circuito?" -, que tem a **intenção** de estimular a reflexão dos estudantes e direcionar o diálogo para o contexto dos circuitos elétricos.

Após esses atos sêmicos, a interação prossegue.

(E01_{2s}): "Se a lâmpada estiver conectada a uma fonte de 220V e tiver uma corrente de 1,0 Ampere, a potência será 220W. Agora, se a tensão aumentar para 240V e a corrente for constante, a potência aumenta para 240W. Mas a corrente pode mudar, isso vai depender da resistência do circuito."

(P5): "Correto, mas o que isso significa?"

(E01_{3s}): "Que se a tensão aumentar e a corrente for a mesma [constante], a potência da lâmpada aumenta, então ela converte mais energia elétrica em luz e calor a cada segundo. Só que a corrente pode não ser a mesma porque isso vai depender da resistência do circuito. Se ela [resistência] for fixa e ôhmica, e a tensão aumentar, a corrente também aumenta e a lâmpada brilha mais."

(E06_{2s}): "Então a lâmpada converte toda a energia recebida em luz e

a quantidade de energia convertida é a potência?”

Diante da resposta satisfatória de E01_{2s} sobre a relação da potência com a tensão e a corrente elétrica, o professor introduz o ato sêmico de **interrogação** em P5. Seu **objetivo** é incentivar a reflexão do estudante e levá-lo a formular uma explicação mais elaborada. Esse objetivo é atingido como se verifica na fala de E01_{3s} que demonstra **compreensão** da mensagem do ato sêmico ao explicar que o aumento da tensão mantendo a corrente constante resulta em um aumento da potência levando a lâmpada a converter mais energia elétrica em luz e calor por segundo.

A resposta de E06_{2s} revela **má compreensão**. O estudante sugere a ideia de que toda a energia recebida pela lâmpada é convertida exclusivamente em luz e interpreta a potência apenas como a quantidade de energia convertida, sem considerar que ela representa a taxa de conversão de energia por unidade de tempo.

Considerando a resposta de E06_{2s} o professor aproveita a oportunidade para aprofundar o conceito ao abordar a dissipação de energia e conduz a explicação por meio da emissão do terceiro sinal.

(P6): “Não toda, pois além de produzir luz, a lâmpada também dissipa parte da energia elétrica recebida em forma de calor devido à resistência do seu filamento ou material emissor. Esse processo está relacionado ao Efeito Joule [fenômeno já discutido], que ocorre em qualquer componente elétrico com resistência, convertendo parte da energia elétrica em calor. 1 watt equivale a 1 joule por segundo. Então, quando o rótulo do chuveiro indica 600W, o que essa informação nos revela?”

(E06_{4s}): “Que a sua potência elétrica é de 600 watts.”

(P8): “Certo, mas o que isso realmente significa em termos de funcionamento do chuveiro?”

(E06_{5s}): “Que o chuveiro converte 600 joules de energia elétrica em calor por segundo para esquentar a água. Se o chuveiro for de 800 watts, ele vai converter 800 joules por segundo, a água vai aquecer mais rápido. Então, quanto maior a potência dele [chuveiro], mais energia elétrica ele converte em calor a cada segundo.”

(P9): “Toda a energia elétrica é convertida em calor?”

(E06_{6s}): “A maior parte sim, porque a função do chuveiro elétrico é esquentar a água. Mas nem toda a energia elétrica se converte no aquecimento da água. Se ficar ligado muito tempo, ele fica quente em cima, o ar do banheiro também fica quente.”

O ato sêmico de **informação** em P6 atua como um **sinal** na forma verbal oral ao esclarecer a conversão de energia elétrica em luz e calor e relembrar o Efeito Joule para reforçar a compreensão de que qualquer componente elétrico com resistência dissipa parte da energia em forma de calor. Seu **objetivo** é corrigir o equívoco apresentado por E06_{2s} e aprofundar a compreensão do tema, esclarecendo a conversão da energia elétrica.

O sinal é mediado por atos sêmicos de informação e interrogação. Em P6, o ato sêmico de **informação** - “Não toda, pois além de produzir luz, a lâmpada também dissipa parte da energia elétrica recebida em forma de calor devido à resistência do seu filamento ou material emissor” - é acompanhado de um novo ato sêmico de **informação** - “Esse processo está relacionado ao Efeito Joule, que ocorre em qualquer componente elétrico com resistência convertendo parte da energia elétrica em calor, sendo que 1 watt equivale à conversão de 1 joule de energia por segundo” -, que tem a **intenção** de esclarecer que nem toda a energia elétrica consumida por um dispositivo é integralmente convertida na forma desejada e de direcionar o raciocínio do estudante para a dissipação de parte da energia, a partir do Efeito Joule, como calor. Ao término, um ato de **interrogação** é emitido: “Então, quando o rótulo do chuveiro indica 600W, o que essa informação nos revela?”. Sua **finalidade** é direcionar o foco do estudante para a aplicação prática do conceito de potência elétrica, levando-o a articular uma resposta que relacione a taxa de conversão de energia elétrica.

Devido à resposta limitada apresentada em E06_{4s}, o professor insere um novo ato sêmico de **interrogação** em P8. Sua **função** é estimular a reflexão do estudante incentivando-o a aprofundar sua compreensão e formular uma justificativa mais elaborada sobre o conceito discutido. A manifestação seguinte em E06_{5s} oferece uma resposta mais elaborada. Ao explicar que o chuveiro converte uma quantidade específica de energia elétrica em calor por segundo, o estudante demonstra **compreensão** do conceito de potência elétrica, reconhecendo que ela representa a taxa de conversão de energia por unidade de tempo.

Em P9, o professor emite um ato sêmico de **interrogação** com o **objetivo** de verificar se o estudante compreendeu que parte da energia elétrica do chuveiro se dissipa de outras formas além do aquecimento da água. Como resultado, E06_{6s}

reforça sua **compreensão**. Isso se evidencia em sua fala ao sugerir que parte da energia elétrica é dissipada no aquecimento da estrutura do chuveiro e na elevação da temperatura do ar no banheiro.

Em sequência ao discurso:

(P10): “Muito bem. E você E09 pode me explicar o que significa a potência indicada no rótulo do seu fogão?”

(E09_{3s}): “É a quantidade de energia elétrica que o forno converte em calor por segundo enquanto está ligado. Quanto maior a potência do fogão, mais energia térmica ele gera por segundo. Se ele gera mais energia térmica, quer dizer que ele também consome mais energia da casa.”

(P11): “Exatamente. A potência indicada no rótulo do aparelho representa a taxa de conversão da energia elétrica em outra forma de energia, no caso do fogão, em calor. Mas é importante lembrar que nem toda a energia elétrica fornecida ao sistema é convertida integralmente na forma desejada, pois parte dela é dissipada, como no caso do calor gerado pela resistência elétrica dos componentes. Se combinarmos a Lei de Ohm com a definição de potência elétrica, podemos expressar a potência dissipada em função da tensão e da resistência. Isso nos ajuda a entender por que dispositivos que operam sob a mesma tensão podem consumir mais ou menos energia. Agora, vamos explorar melhor essa relação.”

O ato sêmico de **interrogação** em P10 tem a **função** de envolver o estudante na discussão e verificar sua compreensão, incentivando-o a relacionar o conceito com sua aplicação prática. Como resultado, E09_{3s} expressa **compreensão** da mensagem do ato sêmico ao dizer que a potência elétrica representa a quantidade de energia elétrica convertida em energia térmica por segundo e ao reconhecer que a potência está relacionada ao consumo de energia elétrica.

O ato sêmico de **informação** em P11 tem o **objetivo** de validar a resposta apresentada pelo estudante e reforçar o conceito de potência elétrica, antes de aprofundar novos aspectos, como a dissipação de energia e o consumo de energia.

Pelo relato exposto, é possível afirmar que a sequência de sinais emitidos, majoritariamente subsidiada por atos sêmicos de informação e interrogação, foi bem-sucedido na construção do significado do sinal inicial, estruturando e direcionando a dinâmica discursiva por meio de informações e questionamentos para favorecer a compreensão. Esse encadeamento favoreceu a reflexão autônoma dos estudantes, conduzindo-os à compreensão da mensagem. Assim, as interações sinaléticas

ampliaram as possibilidades de negociação de significados durante o processo discursivo.

6.5 EPISÓDIO DE ENSINO: CIRCUITO EM SÉRIE

No início da aula, o professor inicia a atividade projetando a interface do computador em uma superfície branca, estabelecendo um ambiente interativo digital que serve como ponto focal para a exploração coletiva que preparou. Procurando ser claro nessa exposição, apresenta o panorama dos componentes eletrônicos disponíveis no simulador PhET, destacando elementos básicos, como lâmpadas, resistores, interruptores, baterias e fios condutores, além de recursos que compõem o ecossistema virtual do laboratório. Em seguida, conduz uma demonstração pormenorizada das operações básicas: desde a seleção e arraste dos elementos na interface da simulação até a remoção ou reposicionamento estratégico de tais elementos, demonstrando a crucialidade das conexões adequadas, em vista da integridade do circuito.

Ao complementar a exposição técnica, o docente dedica uma atenção especial ao manuseio instrumental, explicando o funcionamento do multímetro e do voltímetro como ferramentas indispensáveis à mensuração precisa de grandezas elétricas. Explica, passo a passo, como configurar adequadamente os dispositivos virtuais para aferir-lhes a corrente e a tensão, ilustrando a correlação existente entre as leituras obtidas e o comportamento dinâmico do circuito.

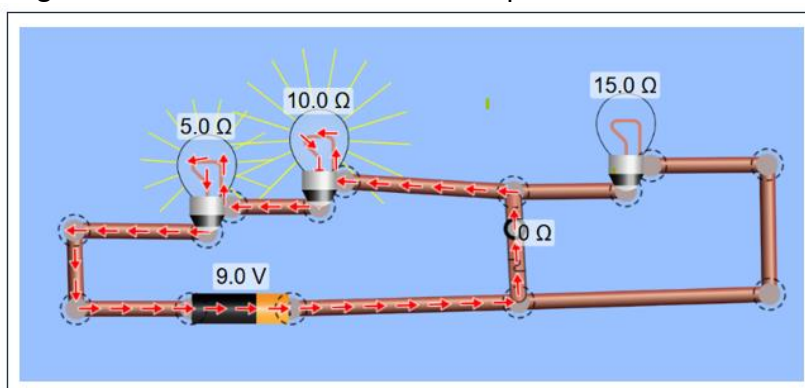
Ainda, nesse momento, informa que a resistência dos fios condutores no circuito é desprezível. Em seguida, o professor monta um circuito em série com dois resistores, explicando o funcionamento básico desse tipo de circuito e solicita aos estudantes que montem um circuito em série no simulador, composto por uma fonte de tensão de 9 V, três resistores de 5 Ω , 10 Ω e 15 Ω e um interruptor.

No decorrer da prática, ao monitorar a montagem do circuito feito pelos estudantes, o professor constata que todos conseguiram realizar o procedimento corretamente, exceto um estudante, que demonstrou dificuldades ao dizer que acha que o circuito está errado, solicitando ajuda.

Ao examinar o circuito configurado pelo estudante, conforme a Figura 9, o

docente verifica que a configuração elétrica do circuito fechado é funcional apenas para duas lâmpadas. Esse momento do ensino envolve, exclusivamente, este estudante, pois ele é o único a enfrentar dificuldades na realização do procedimento, o que permite uma atenção mais direcionada e personalizada à sua necessidade.

Figura 9 – Circuito em série montado pelo estudante E07



Fonte⁵: Arquivo pessoal do pesquisador (2025).

O equívoco procedimental está na presença de caminhos alternativos para a corrente elétrica no circuito e que, devido à existência de uma ddp nula na região onde se encontra o resistor de $15\ \Omega$ (R3), não é possível haver corrente elétrica atravessando esse resistor. Por conseguinte, a corrente passa, integralmente, pelo caminho do interruptor e, por tal razão, não ocorre ignição em R3.

Em sequência, inicia-se o diálogo:

(P1): “Por que você acha que está errado?”

(E07_{1s}): “Porque só duas lâmpadas estão acendendo.”

(P2): “Mas por que você acha que a terceira lâmpada não acende?”

(E07_{2s}): “Porque a lâmpada que não acende tem uma resistência maior que as outras, daí não passa corrente para aquele lado.” [Se refere a R3.]

A fala em P1 constitui um ato sêmico de **interrogação**, cuja **função** é provocar a reflexão e incentivar o estudante a formular uma explicação. Em função da resposta limitada apresentada em E07_{1s}, o professor introduz o segundo ato sêmico de **interrogação** em P2. O seu **papel** visa aprofundar a reflexão do estudante sobre o motivo da terceira lâmpada não acender e permitir que ele

⁵ Está figura foi enviada pelo participante E07 como print de tela.

desenvolva um raciocínio mais fundamentado. A resposta posterior em E07_{2s} apresenta uma resposta mais elaborada que revela **má compreensão**, ao sugerir a ideia de que a lâmpada não acende devido ao valor da sua resistência que é maior.

Na continuidade do relato, o professor emite o primeiro sinal em P3:

(P3): “Em um circuito em série, a corrente elétrica segue um único caminho, e, por isso, a intensidade da corrente é a mesma em todos os componentes do circuito, independentemente do valor de suas resistências.”

(E07_{3s}): “Mas se a resistência dificulta a passagem da corrente, ela não passa por R3 porque o valor é mais alto do que R1 e R2.”

O ato sêmico de informação em P4 atua como um **sinal** na forma verbal oral. Seu **objetivo** é esclarecer as características básicas de um circuito em série e guiar o raciocínio do estudante. Como resultado, E07_{3s} demonstra **má compreensão** da mensagem do ato sêmico. O estudante ainda se prende ao valor da resistência, indicando que a maior resistência é a razão pela qual a corrente não flui pelo resistor, ignorando o significado da mensagem transmitida pelo sinal - “caminho único”; “independentemente do valor de suas resistências”. Logo, para o estudante, a mensagem do sinal não surtiu o efeito desejado.

Diante do estado de má compreensão referido, o professor começa a introduzir uma indicação circunstancial por meio de questionamentos:

(P4): “O que a Lei de Ohm diz sobre a ddp em um resistor ôhmico?”

(E07_{4s}): “Que a ddp é proporcional a corrente que passa por ele [resistor] e a resistência é o que determina a intensidade dessa variação. Se a corrente for constante, uma resistência maior causa uma maior diferença de potencial.”

O ato sêmico de **interrogação** em P4 tem a **função** de incentivar o estudante a relembrar o conceito da Lei de Ohm, e, por meio disso, provocar a reflexão sobre como a tensão (ddp) se comporta em um resistor ôhmico, relacionando diretamente a resistência com a ddp e a corrente no circuito. Dito de outra forma, o resgate teórico da Lei de Ohm prepara o estudante para compreender o contexto do circuito em análise, em especial as condições que levam à inexistência de corrente em R3.

(P5): “Agora olhe para o circuito. O que podemos dizer sobre a

diferença de potencial entre os pontos que ligam a seção de R3 ao segmento com o interruptor?”

(E07_{5s}): “Como a corrente passa pela chave sem resistência, a ddp é zero. Ah, então por isso a corrente não passa pela terceira lâmpada.”

A fala em P5 constitui o ato sêmico de ordem e interrogação. O ato sêmico de **ordem** - “Agora olhe para o circuito” - é acompanhado do ato sêmico de **interrogação** - “O que podemos dizer sobre a diferença de potencial entre os pontos que ligam sua parte do circuito ao segmento com a chave?” -, cujo **papel** é direcionar o raciocínio do estudante para o fato de que a corrente ao passar por um segmento sem resistência, como o interruptor indicado pelo simulador, não resulta em ddp entre as extremidades desse segmento. Portanto, considerando que a ddp entre dois pontos é independente do caminho, a corrente não circula pela terceira lâmpada, pois esta apresenta ddp nula e resistência diferente de zero. Por conseguinte, a Lei de Ohm impõe a inexistência de corrente no segmento da lâmpada impedindo a terceira lâmpada de ignição.

Como resultado, E07_{5s} apresenta uma resposta, ainda que pouco detalhada, limitando-se a afirmar que a ddp na “chave” é zero, devido à ausência de resistência.

Diante da resposta limitada, o professor emite um novo ato sêmico de interrogação em P6:

(P6): “Consegue explicar melhor?”

(E07_{6s}): “Bom, no interruptor passa corrente, mas como sua resistência é zero, se a gente aplicar a Lei de Ohm, a ddp também é zero. Como a ddp de R3 é zero e sua resistência é 15, a corrente tem que ser zero também. A corrente só passa pelo caminho do interruptor, por isso que a terceira lâmpada não acende.”

O ato sêmico de **interrogação** em P6 tem o **objetivo** de estimular a reflexão do estudante, incentivando-o a formular uma resposta mais detalhada. Isso se confirma pela fala de E07_{6s}, que expressa **compreensão** da mensagem do ato sêmico, ao identificar que o interruptor provoca um segmento de resistência nula e explicar que, devido a essa ausência de resistência nele, não ocorre ddp entre suas extremidades, as quais correspondem às extremidades de R3, o que impede a circulação de corrente na lâmpada e, conseqüentemente, a sua ignição.

Na situação referida, e dentro do universo discursivo em exame, pode-se

dizer que o conjunto de atos sêmicos lançados (P4, P5 e P6) exibe forma de **indicação circunstancial**, tendo em vista o seu **objetivo** de tentar reforçar o significado por detrás do sinal originalmente pretendido em P3, já que os questionamentos trabalham indiretamente para que a mensagem transmitida pelo sinal originário seja aclarada e entendida. Com isso, em vez de emitir uma resposta direta na forma de sinal mediado pelo ato sêmico de informação como, por exemplo, “R3 não acende porque não há ddp em suas extremidades, portanto não há corrente fluindo para R3, mas sim pelo segmento do interruptor” ou por meio do ato sêmico de ordem - “Abra o interruptor do circuito que R3 acende” -, o professor preferiu priorizar o recurso da emissão de uma indicação circunstancial, subsidiada, em sua maioria, por atos sêmicos de interrogação para contextualizar e complementar o sinal, visando, com isso, a reflexão autônoma do estudante para alcançar a correta apreensão da sua mensagem.

Na busca por mais evidências de que o estudante havia compreendido as características do circuito em série e superado o equívoco ocorrido, prossegue-se a conversação:

(P7): “O que é necessário para que a corrente elétrica chegue até o R3?”

(E07_{7s}): “Eu abri a chave, agora tem ddp nos terminais de R3 e a corrente passa pelas três lâmpadas, mas se virar ele [interruptor] na horizontal, deixando só um caminho pra corrente passar, também dá certo. Por isso, quando você tirou uma lâmpada do circuito em série lá [referindo-se ao circuito apresentado na etapa da problematização], as outras lâmpadas apagaram, porque o caminho da corrente foi interrompido.” [O professor observa o procedimento realizado.]

(P8): “Isso mesmo. Você notou alguma outra alteração nas lâmpadas após a mudança no circuito?”

(E07_{9s}): “Sim. R3 brilha mais forte. Porque mesmo que a corrente seja a mesma em todas as lâmpadas, a ddp é dividida de acordo com as resistências de cada uma [lâmpada]. Como R3 tem resistência maior do que as outras, a potência dissipada nela também é maior, por isso o brilho é mais forte.”

O ato sêmico de **interrogação** em P7 **visa** verificar se o estudante consegue configurar o circuito corretamente, de modo que os três resistores acendam. A fala em E07_{7s} reforça a sua **compreensão**, ao reconfigurar o circuito corretamente e explicar que a corrente elétrica segue um único caminho e que, ao abrir o interruptor

ou alterar sua posição mantendo um único caminho, o fluxo de corrente pode ser direcionado, adequadamente, para que todas as lâmpadas acendam.

Após observar o procedimento realizado pelo estudante, o professor aproveita para emitir um ato sêmico de **informação** - “Isso mesmo” -, seguido de um novo ato de **interrogação** em P8. O seu **objetivo** é validar a resposta anterior apresentada e estimular o estudante a aprofundar sua análise sobre as alterações no circuito e suas implicações. A resposta em E07_{8s} reflete essa análise que ratifica **compreensão**, ao associar, acertadamente, o brilho de R3 à divisão da DDP proporcional às resistências e a maior potência dissipada no resistor de maior resistência.

Como se constata pelo relato da dinâmica discursiva ocorrida, uma vez que o estudante respondeu coerentemente, se pode alegar que, após a emissão da indicação circunstancial, subsidiada, em sua maioria, por atos sêmicos de interrogação, os quais desempenharam papéis complementares, foi bem sucedida para a finalidade de completar o significado do sinal, visando, com isso, à reflexão autônoma do estudante para alcançar a correta apreensão da mensagem e configurar corretamente o circuito integrando os três resistores. Além disso, evidencia como a articulação da indicação circunstancial e dos atos sêmicos potencializa o desenvolvimento do raciocínio e da autonomia do aprendiz.

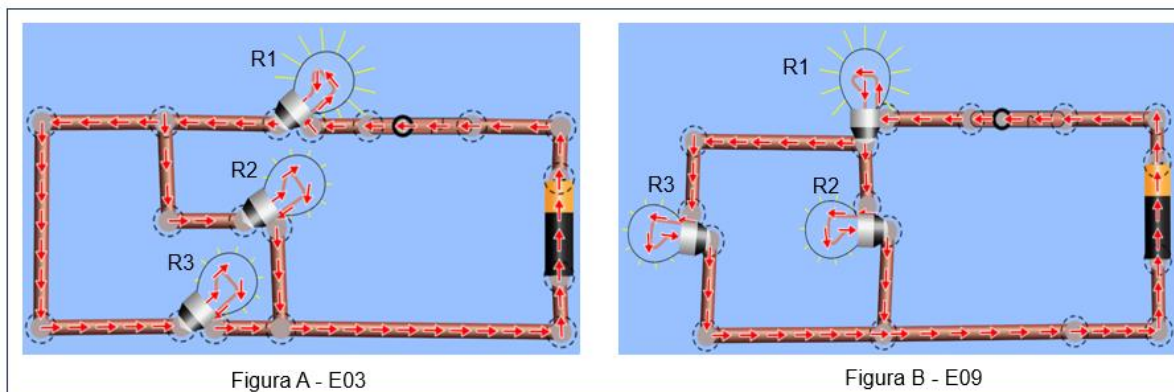
6.6 EPISÓDIO DE ENSINO: CIRCUITO EM PARALELO

Para o ensino de circuitos paralelos e associações de resistores, o professor ilustra as conexões corretas de um circuito em paralelo, com o auxílio do simulador PhET e revisa conceitos fundamentais, como a influência da DDP na corrente elétrica, destacando que a quantidade de corrente que flui por intermédio de um resistor depende de sua resistência. Em seguida, revisa a Lei de Kirchhoff para correntes e explica que uma corrente elétrica se divide nos pontos de ramificação, de modo proporcional à resistência de cada componente.

Diante desses esclarecimentos, o professor solicita aos estudantes que montem um circuito, em paralelo, com 3 lâmpadas de 20 Ω , uma fonte de energia (bateria) de 7 V e um interruptor.

Durante a execução prática, ao ser interpelado por dois estudantes para verificar se o circuito estava correto, o professor identifica que apenas duas lâmpadas estão em paralelo, como ilustra a Figura 10 abaixo.

Figura 10 – Circuitos montados pelos estudantes: a) E03; b) E09



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador (2025).

O equívoco apresentado pelos estudantes está relacionado à configuração elétrica do circuito. Na Figura A, verifica-se uma associação mista de resistores: R2 e R3 estão conectados em paralelo, pois a corrente divide-se antes de passar por ambos, enquanto R1 encontra-se em série com as lâmpadas equivalentes (R2 e R3). A Figura B, embora represente um formato diferente, apresenta um circuito com a mesma configuração elétrica das lâmpadas da Figura A.

Diante dessa situação, inicia-se o diálogo:

(P1): “Essas três lâmpadas estão mesmo em paralelo?”

(E03_{1s}): “Estão sim, olha só!” [O estudante passa o dedo sobre as lâmpadas, desenhando no ar linhas paralelas.]

(E09_{1s}): “Sim, a corrente é dividida nas três lâmpadas.”

(P2): “Pode explicar melhor?”

(E09_{2s}): “A corrente passa por R1 e se divide em R2 e R3. Passando pelas três lâmpadas.”

O ato sêmico de **interrogação** em P1 tem o **papel** de levar o estudante a refletir sobre a disposição das lâmpadas no circuito, incentivando-o a reexaminar o circuito. No entanto, a resposta de E03_{1s} indica **não compreensão**, ao afirmar que as três lâmpadas estão em paralelo. O gesto realizado - desenhar linhas paralelas no ar, enquanto passa a mão sobre as lâmpadas - refere-se a uma tentativa de

representar ou visualizar como as lâmpadas estão dispostas fisicamente, como se fossem paralelas umas às outras sem considerar a configuração elétrica real do circuito.

Diante da resposta pouco detalhada de E09_{1s}, o professor utiliza um ato sêmico de **interrogação** em P2, com o **objetivo** de estimular a reflexão do estudante e incentivá-lo a elaborar uma justificativa para a sua resposta. Como resultado, a fala de E09_{2s} oferece uma explicação mais elaborada, que revela **má compreensão** ao sugerir que o fato da corrente se dividir entre os resistores é suficiente para o circuito está em paralelo. Tal fala não leva em conta o sentido da corrente nos três resistores pois a corrente atravessa integralmente R1 e depois se divide para passar por R2 e R3. Em sequência ao discurso, o professor coloca:

(P3): “Em um circuito paralelo, um dos terminais de todos os resistores deve estar conectado a um segmento do condutor do circuito e o outro terminal de todos os resistores deve ser conectado a um segundo segmento, de modo que a tensão seja a mesma para cada um deles [resistores]. Já a corrente se divide de maneira inversamente proporcional à resistência de cada resistor.”

(E03_{2s}): “Mas o meu circuito está certo, porque as lâmpadas estão alinhadas uma ao lado da outra.”

(E09_{3s}): “Eu acho que está em paralelo professor, porque todas estão conectadas nos dois segmentos.”

Em P3, o professor emite um **signal** verbal por meio do ato sêmico de **informação**, cuja **função** é fornecer uma descrição das condições necessárias para que as lâmpadas estejam conectadas em paralelo e direcionar a atenção do estudante para a configuração correta do circuito. Como resultado, E03_{2s} apresenta **não compreensão** da mensagem do ato sêmico, ao reforçar a ideia da organização visual das lâmpadas (alinhadas) como um indicativo de que estão em paralelo, desconsiderando a configuração elétrica do circuito.

A resposta de E09_{3s}, igualmente, apresenta **má compreensão** da mensagem do ato sêmico, ao interpretar, incorretamente, que os resistores estão conectados entre os segmentos. Na verdade, apenas R2 e R3 estão conectados ao segmento superior e ao segmento inferior do circuito, enquanto R1 está exatamente sobre o segmento superior e não possui conexão direta com o segmento inferior.

Nesse momento do discurso, P4 emite um signo na forma de indicação

circunstancial.

(P4): “Observem o circuito que vocês fizeram. Há apenas duas lâmpadas conectadas em paralelo.”

A fala em P4 atua como uma **indicação circunstancial**, na forma verbal oral, por causa da sua atuação como um indicador complementar indireto - ou “dica” nas palavras do professor -, para favorecer o entendimento da pretendida mensagem do sinal comunicado em P3. Esse favorecimento fica evidenciado, uma vez que o professor delimita o escopo da mensagem ao destacar que há apenas duas lâmpadas conectadas em paralelo. Logo, há duas lâmpadas (R2 e R3) que podem ser localizadas entre os segmentos superior e inferior no caso do circuito configurado por E09. Já no caso do circuito configurado por E03, é possível perceber, pelas indicações do simulador, que a corrente se divide entre as lâmpadas R2 e R3. Seu **objetivo** é promover a reflexão dos estudantes sobre a configuração elétrica do circuito e, ao mesmo tempo, fazer com que eles cheguem, por conta própria, ao entendimento da mensagem comunicada.

A indicação circunstancial em P4 é mediada por atos sêmicos de ordem e informação, que atuam de forma complementar. O ato sêmico de **ordem**, expresso em “Observem o circuito que vocês fizeram”, tem a **função** de atrair a atenção dos estudantes para focarem na configuração elétrica do circuito. Esse comando é acompanhado pelo ato sêmico de **informação** - “Há apenas duas lâmpadas conectadas em paralelo” -, cuja **intenção** é direcionar o raciocínio dos estudantes e levá-los a enxergar as características essenciais do circuito em paralelo.

Diante desse ato sêmico, o professor pergunta:

(P5): “Conseguem identificar qual é a lâmpada que não está conectada em paralelo?” [aponta para E03 e E09]

(E09_{4s}): “Estou tentando, mas tá difícil.”

(E03_{3s}): “Não faz sentido, quando olho para as três lâmpadas, ainda consigo traçar retas paralelas entre elas.” [Repete o gesto feito anteriormente em E03_{1s}.]

O ato sêmico de **interrogação** em P5 tem o objetivo de verificar se os estudantes identificam qual lâmpada não está conectada corretamente no circuito. A resposta de E09_{4s} reflete **não compreensão** da mensagem, ao expressar

dificuldade na identificação.

A fala de E03_{3s}, novamente, indica **não compreensão** da mensagem do ato sêmico. Sua resposta sugere que ele não compreende a configuração elétrica correta do circuito. Logo, para E03 e E09, a indicação circunstancial não foi suficiente para alcançar a compreensão da mensagem.

Percebendo a insuficiência do efeito pretendido pela indicação circunstancial emitida em P4, o professor emite, na sequência, uma segunda indicação circunstancial:

(P6): “Utilizem o multímetro no simulador para medir a corrente total que circula pelo circuito, assim como a corrente que passa por cada um dos resistores. Em seguida, usem o voltímetro para medir a tensão total do circuito e a tensão em cada resistor. Podem me dizer o que vocês observaram?”

(E03_{4s} e E09_{5s}): “A corrente total é 0,23 A. No R2 e R3 está passando 0,12 A, mas no R1 está passando 0,23 A. E a ddp total é 7V. Para R1 está dando 4,67 e para R2 e R3 é 2,33 V.” [Respondem com os mesmos valores.]

O ato sêmico de **ordem** em P6 - “Utilizem o multímetro no simulador para medir a corrente total que circula pelo circuito, tal como a corrente que passa por cada um dos resistores” -, é acompanhado de um segundo ato sêmico de **ordem** - “Em seguida, usem o voltímetro para medir a tensão total do circuito e a tensão em cada resistor” -, funcionando como uma **indicação circunstancial** na forma verbal oral, ao delimitar a mensagem do sinal. Seu **objetivo** é direcionar o raciocínio dos estudantes para a interpretação autônoma dos valores observados no simulador. Com efeito, o signo emitido pelo professor - o uso do multímetro e do voltímetro - é um elemento contextual que permite aos aprendizes descobrir, por conta própria, que um dos resistores não está conectado em paralelo. O multímetro, ao indicar a passagem da corrente total, e o voltímetro, ao mostrar valores de ddp divergentes em cada resistor, complementam a mensagem do sinal em P3, sem que o professor emita um novo sinal, como “O R1 não está em paralelo”. Um sinal utilizado dessa maneira tornaria passiva a posição dos estudantes no processo discursivo. Por último, um ato sêmico de **interrogação** é emitido - “Podem me dizer o que vocês observaram?” -, com o **objetivo** de levar os estudantes a manifestarem suas observações. Isso é concretizado em E03_{4s} e E09_{5s}.

Após as medições efetuadas, o professor prossegue:

(P7): “Então, o que podemos concluir?”

(E03_{5s}): “Que a R1 não está em paralelo com os outros (resistores), porque como as resistências são iguais e todas estão ligadas a mesma ddp, a tensão deveria ser a mesma em todas as lâmpadas, e a corrente dividida igualmente em todos os resistores. Mas a tensão em R1 é maior do que em R2 e R3, isso quer dizer que R1 está em série no circuito, por isso ela está recebendo a corrente total do circuito.”

(E09_{6s}): “Também acho que a primeira [R1] não está em paralelo. Por isso ela tá brilhando mais.”

(P8): “Como assim?”

(E09_{7s}): “Como o brilho é maior em R1 ela tem uma potência maior, que acontece por ela ter uma ddp e corrente maior. Já que R1 tem uma ddp diferente de R2 e R3 ela não está em paralelo com as duas. Então ela não está conectada entre os segmentos.”

O ato sêmico de **interrogação** em P7 tem a **intenção** de estimular a reflexão dos estudantes e engajá-los no processo de construção de significado. A resposta de E03_{5s} confirma essa intenção. Ao identificar e explicar, apropriadamente, o motivo de a R1 não estar em paralelo com R2 e R3, ele reforça o entendimento sobre as características do circuito em paralelo, como a distribuição de corrente e a igualdade de tensão. Logo, para E03_{5s}, a mensagem do ato sêmico atinge a **compreensão**.

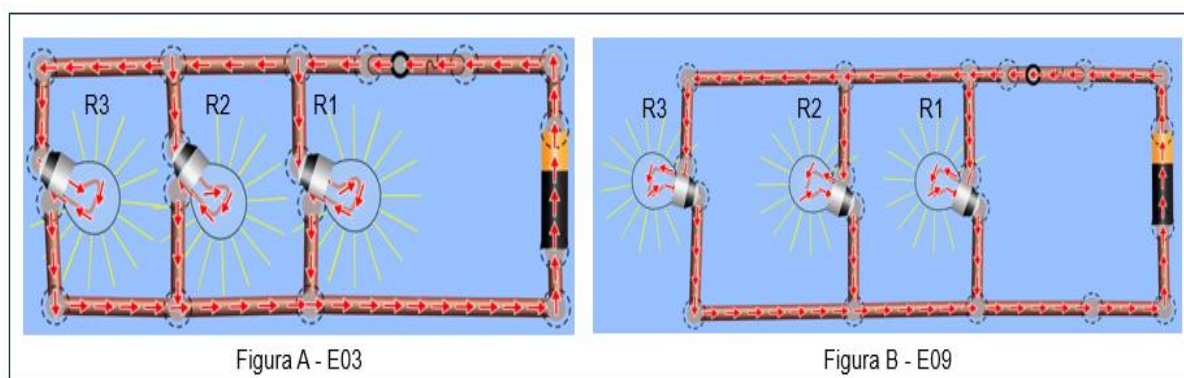
Diante da resposta pouco detalhada de E09_{6s}, o professor emite o ato sêmico de **interrogação** em P8. Sua **finalidade** é incentivar o estudante a articular seus argumentos com mais precisão e profundidade. A fala subsequente em E09_{7s} apresenta uma explicação mais aprofundada que denota **compreensão** ao relacionar as propriedades físicas do circuito, como a divisão da tensão e a dissipação de potência (conceito já estudado), com o comportamento observado no brilho desigual das lâmpadas.

Buscando mais evidências de que os estudantes haviam compreendido as características fundamentais do circuito em paralelo e superado o equívoco ocorrido, o professor emite um ato sêmico de informação e interrogação em (P9).

(P9): “Muito bem! Agora que vocês sabem disso, me mostrem como fica a configuração elétrica correta do circuito com os três resistores em paralelo?”

O ato sêmico de **informação** - “Muito bem!” - desempenha o **papel** de validar os relatos dos estudantes. Esse ato é acompanhado do ato sêmico de **interrogação** - “Agora que vocês sabem disso, me mostrem como fica a configuração elétrica correta do circuito com os três resistores em paralelo?” -, com o **objetivo** de verificar se os estudantes são capazes de aplicar o conhecimento adquirido sobre as propriedades fundamentais do circuito em paralelo e realizar o procedimento correto de montagem. Essa aplicação é verificada quando os estudantes montam o circuito de forma correta, conforme ilustrado na Figura 11 abaixo:

Figura 11 – Circuitos configurados corretamente pelos estudantes: a) E03; b) E09



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador (2025).

Pelo relato exposto, conclui-se que a segunda indicação circunstancial, reforçada por atos sêmicos de ordem e interrogação, contribuiu para que os aprendizes, por meio de suas próprias reflexões, compreendessem a mensagem do sinal originário e corrigissem o equívoco de maneira bem-sucedida. Com isso, se quer dizer que o professor atinge seu objetivo quando promove a compreensão autônoma dos estudantes sobre como montar corretamente o circuito em paralelo.

6.7 EPISÓDIO DE ENSINO: IMPORTÂNCIA DA POLARIZAÇÃO DE DIODOS

Antes de iniciar a montagem do circuito elétrico em série, o professor revisou o conceito de polarização direta em diodos, abordado na aula anterior. Durante a execução prática de um circuito em série no *protoboard*, um grupo de estudantes enfrentou dificuldades, pois o LED não acendia. Ao ser chamado para resolver o

problema, o professor examinou cuidadosamente as conexões dos componentes. Após verificar cada um deles, constatou que a única conexão incorreta era a do LED, que estava com a polaridade invertida.

Aproveitando esse uso inadequado da polaridade, o professor utilizou-se dessa situação para problematizá-la junto aos estudantes. Ora, o não funcionamento do LED permite duas interpretações: a polarização do LED está invertida, sugerindo um erro na conexão, ou que o LED está queimado. Diante dessa situação, o professor compartilha a dificuldade do grupo com a turma:

*(P1): “Alguém sabe explicar por que o LED não está acendendo?”
(E04_{1s}, E09_{1s} e E12_{1s}): “Acho que ele [LED] está queimado.” [Os três estudantes do grupo com o problema ocorrido respondem quase ao mesmo tempo.]*

O ato sêmico de **interrogação** em P1 tem o **papel** de incentivar a reflexão e a participação dos estudantes, estimulando-os a analisarem o problema e a compartilharem sua hipótese. Esta se manifesta nas contribuições de E04_{1s}, E09_{1s} e E12_{1s}, que sugerem a possibilidade de que o LED esteja queimado, indicando **não compreensão** da mensagem.

Diante desse ato sêmico, o professor pede:

*(P2): “Peguem o multímetro e conectem as pontas de prova aos terminais do LED. E agora, o que vocês me dizem?”
(E12_{2s}): “Não está queimado, porque tem corrente passando pelos terminais do LED.”*

Nesse momento do discurso, P2 emite um signo na forma de indicação circunstancial.

O ato sêmico de **ordem** em P2 - “Peguem o multímetro e conectem as pontas de prova aos terminais do LED” - atua como uma **indicação circunstancial** na forma verbal oral, ao delimitar a mensagem do sinal e direcionar o raciocínio dos estudantes para a interpretação autônoma de não estar havendo passagem de corrente elétrica. Logo, o signo emitido pelo professor (usar o multímetro) é assim classificado, pois o uso do multímetro é um elemento contextual, cujo **papel** permite o aprendiz a descobrir a resposta, autonomamente, do problema (LED apagado), na medida em que o multímetro indica a não passagem de corrente elétrica, sem que o

professor emita diretamente um ato sêmico de informação, como “o LED não acende porque está com a polarização invertida”.

À indicação circunstancial, segue o ato sêmico de **interrogação** - “E agora, o que vocês me dizem?” -, com o **objetivo** de incentivar a reflexão e a participação dos estudantes. Como resultado, E12_{2s} apresenta **má compreensão** da mensagem do ato sêmico. A conclusão dá-se, pois, o estudante, ao reconhecer que o LED não está queimado ao observar que há corrente passando pelos terminais, ainda não chega ao entendimento de que o motivo do LED não acender é a polarização invertida. Diante da ausência de manifestação por parte de E04 e E09, consideramos como **não compreensão**.

Frente a essa situação, o professor age da seguinte maneira:

(P3): “Olha o que vou fazer.” [O professor pega o circuito que não acende, retira o LED e o inverte, conectando o ânodo ao terminal positivo e o cátodo ao terminal negativo do circuito.]

A manipulação em P3 opera como uma **indicação circunstancial** na forma representacional no modo gestual e seu **papel** é complementar a mensagem do ato sêmico em P1 para conduzir o pensamento dos estudantes rumo ao entendimento do problema: o LED não acende porque está com a polaridade invertida. O ato sêmico de **ordem** em P3 tem a **função** de direcionar a atenção dos estudantes para a manipulação apropriada do LED (conectado os terminais de maneira correta).

Em seguida começa nova interação:

(P4): “Então, qual é a conclusão que podemos tirar disso?”

(E04_{2s}): “Que a corrente elétrica flui em uma direção, por isso quando você conectou o ânodo no terminal positivo e o cátodo no terminal negativo do circuito, o LED acendeu.”

(E09_{2s}): “É isso mesmo, o LED funciona como um diodo, então só deixa a corrente passar em uma direção, do lado positivo para o negativo. Quando a gente colocou o LED ao contrário, com a polaridade invertida, ele bloqueou a corrente, por isso não acendeu.”

(E12_{3s}): “Como as perninhas do LED estavam conectadas nos terminais errados, ele não deixava a corrente passar, porque estava agindo como um diodo com polarização reversa. A polarização não era direta.”

(P5): “Todos concordam?” [Os estudantes respondem afirmativamente com a cabeça].

Em P4, é emitido um ato sêmico de *interrogação*, cujo *objetivo* é promover a reflexão dos estudantes, a fim de levá-los à solução do problema. Isso se reconhece na fala de E04_{2s}, que revela *compreensão* da mensagem do ato sêmico em P1, ao relacionar, corretamente, a direção da corrente elétrica à conexão adequada dos terminais do LED e explicar por que ele acende.

Para E09_{2s}, a mensagem do ato sêmico gera *compreensão*. Isso se verifica em sua fala, quando é dito que o LED, como diodo, conduz corrente apenas com a polaridade certa, do ânodo para o cátodo, e que, quando polarizado inversamente, bloqueia a corrente, impedindo-o de acender.

Pode-se dizer que a resposta de E12_{3s} denota igualmente *compreensão*, ao afirmar que, devido à conexão incorreta das hastes, o LED se comportava como um diodo em polarização reversa, bloqueando o fluxo de corrente, o que explicita entendimento do papel da polaridade no funcionamento do LED.

Ademais, o ato sêmico em P5 classifica-se como um ato de *interrogação*. Seu *papel* é comum no ritual de perguntas do professor em sala de aula para verificar a posição dos estudantes e dar continuidade à aula.

Após duas indicações circunstanciais subsidiadas por vários atos sêmicos produzidos, o professor alcança seu objetivo, ao fazer com que os estudantes compreendam de forma autônoma a causa do problema do LED apagado. O uso do multímetro e o manuseio do LED levam os aprendizes a concluir que a falha na iluminação se deve à polarização invertida.

6.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos a síntese dos dados, no quadro 3 a seguir, e discutimos, de forma geral, os resultados obtidos e as percepções sobre os elementos semióticos investigados na dinâmica discursiva. Na primeira coluna do quadro, indicamos o momento do ensino trabalhado. A segunda coluna traz os elementos semióticos identificados durante o discurso e as categorias sociais do ato sêmico predominantes, ordem, afirmação ou interrogação. Na terceira coluna, especificamos a forma representacional desses elementos. A quarta coluna oferece uma breve descrição do papel desempenhado pelos elementos semióticos e, por

fim, a última coluna evidencia sua influência na aprendizagem relacionada a cada episódio de ensino abordado. Para destacar essa influência, utilizamos a cor vermelha para indicar não compreensão, verde para má compreensão e azul para compreensão.

Quadro 3 – Síntese dos elementos semióticos na dinâmica discursiva

EPISÓDIO DE ENSINO	ELEMENTOS SEMIÓTICOS	FORMA REPRESENTACIONAL	PAPEL	INFLUÊNCIA NO APRENDIZADO
<i>Diferença de Potencial</i>	Sinal Ato sêmico: informação	Verbal oral	Fornecer uma explicação precisa do conceito aos estudantes	E08 _{4s} não compreensão E10 _{2s} má compreensão
	Indicação circunstancial (analogia) Ato sêmico: interrogação	Verbal oral	Guiar o pensamento dos estudantes e promover a reflexão.	E08 _{7s} compreensão E10 _{4s} compreensão
<i>Corrente elétrica</i>	1° Sinal Ato sêmico: informação	Verbal oral e escrita	Fornecer uma introdução clara e precisa do conceito aos estudantes	E06 _{1s} não compreensão E09 _{1s} não compreensão E11 _{1s} não compreensão
	2° Sinal Ato sêmico: informação	Verbal oral	Complementar a mensagem do sinal originário.	E06 _{2s} má compreensão E09 _{2s} má compreensão E11 _{2s} má compreensão
	3° Sinal Ato sêmico: informação	Imagético	Direcionar o pensamento dos estudantes	E06 _{3s} compreensão E09 _{3s} compreensão E11 _{4s} má compreensão
	Indicação circunstancial Ato sêmico: interrogação	Verbal oral	Complementar a mensagem do sinal originário e direcionar o pensamento do estudante	E11 _{6s} compreensão
<i>Resistência elétrica</i>	1° Sinal Ato sêmico: informação	Verbal oral	Corrigir equívocos e fornecer uma explicação precisa do conceito	E01 _{2s} má compreensão E03 _{1s} não compreensão E07 _{1s} não compreensão E08 _{1s} não compreensão

	2° Sinal Ato sêmico: informação, interrogação e ordem	Visual interativo (Simulador)	Complementar a mensagem do sinal anterior e guiar o pensamento dos estudantes	E01 _{3s} compreensão E03 _{2s} compreensão E07 _{3s} compreensão E08 _{2s} compreensão
<i>Potência elétrica</i>	1° Sinal Ato sêmico: Informação	Verbal oral	Explicitar o conceito aos estudantes	E01 _{1s} não compreensão E06 _{1s} não compreensão E09 _{2s} má compreensão
	2° Sinal Ato sêmico: informação	Verbal oral e matemático	Complementar a mensagem do sinal originário	E01 _{3s} compreensão E06 _{2s} má compreensão E09 não compreensão
	3° Sinal Ato sêmico: informação e interrogação	Verbal oral	Corrigir equívocos e aprofundar a compreensão do tema	E06 _{5s} compreensão E09 _{3s} compreensão
<i>Circuito em série</i>	Sinal Ato sêmico: Informação	Verbal oral	Esclarecer as características básicas de um circuito em série e guiar o raciocínio do estudante	E07 _{3s} má compreensão
	Indicação circunstancial Ato sêmico: interrogação	Verbal oral	Direcionar o raciocínio do estudante e estimular a reflexão	E07 _{6s} compreensão
<i>Circuito paralelo</i>	Sinal Ato sêmico: Informação	Verbal oral	Fornecer uma descrição das condições necessárias para que as lâmpadas estejam conectadas em paralelo	E03 _{2s} não compreensão E09 _{3s} má compreensão
	1° Indicação circunstancial Ato sêmico: Ordem e informação	Verbal oral	Promover a reflexão dos estudantes sobre a configuração elétrica do circuito	E03 _{3s} não compreensão E09 _{4s} não compreensão
	2° Indicação circunstancial Ato sêmico: Ordem	Verbal oral	Direcionar o raciocínio dos estudantes	E03 _{5s} compreensão E09 _{7s} compreensão
<i>Importância da</i>	1° Indicação circunstancial Ato sêmico: Ordem	Verbal oral	Direcionar o raciocínio dos estudantes	E04 não compreensão E09 não compreensão E12 _{2s} má compreensão

<i>Polarização em diodos</i>	2º Indicação circunstancial Ato sêmico: Ordem	Gestual	Conduzir o pensamento dos estudantes rumo ao entendimento do problema	E04 _{2s} compreensão E09 _{2s} compreensão E12 _{3s} compreensão
------------------------------	--	---------	---	---

Fonte: Elaboração própria (2025).

A análise da dinâmica discursiva nos revela que tanto as indicações circunstanciais quanto os sinais desempenharam papéis que orientam o diálogo para uma abordagem reflexiva. Embora a essência de um sinal seja transmitir uma mensagem direta, sem rodeios, com uma característica menos reflexiva, evidenciamos que os sinais, quando somados a atos sêmicos de interrogação e ordem, ganham potência discursiva e assumem um papel ativo na construção do raciocínio dos estudantes. Isso se constata nos momentos de ensino de resistência elétrica e potência elétrica, nos quais os sinais, subsidiados por atos sêmicos de ordem e interrogação, moldam o corpo do discurso, direcionando a atenção dos estudantes para aspectos conceituais relevantes, ao mesmo tempo em que provocam a reflexão e a aprendizagem autônoma. A indicação circunstancial, por sua vez, devido à sua natureza enviesada e complementar à mensagem do sinal, potencializa o discurso e contribui significativamente para uma abordagem mais reflexiva e contextualizada, moldando o sentido da mensagem conforme as condições do momento comunicativo.

Ainda em relação aos sinais e indicações circunstanciais, constatamos que nos discursos estruturados por esses elementos, apenas a emissão de uma indicação circunstancial ou de um sinal não é por si só suficiente para garantir que os estudantes compreendam plenamente a mensagem transmitida na interação dialógica. O sucesso na comunicação depende da forma como esses elementos são articulados no fluxo discursivo e contextualizados na dinâmica da aula. Logo, cabe ao professor enquanto emissor no ambiente da sala de aula perceber como os estudantes respondem às mensagens transmitidas por meio desses signos e ajustar o discurso em tempo real, promovendo uma comunicação que favoreça a aprendizagem.

Percebemos que as categorias sociais do ato sêmico, principalmente interrogação e ordem, funcionaram como elementos semióticos de controle e

acompanhamento mútuo com relação à compreensão, má compreensão ou não compreensão por parte dos estudantes a respeito das mensagens transmitidas nos 3MPs por meio dos sinais e indicações circunstanciais. Na categoria social ordem, formulamos explicitamente diretrizes de ação que os estudantes teriam que realizar, por exemplo, “abram o simulador”, “prestem atenção”, “observem a imagem”, “Peguem o multímetro e conectem as pontas de prova aos terminais do LED”. Embora diretas e operativas, ao serem emitidas em momentos-chave da aula, funcionaram como âncoras para reorganizar o discurso e estimular a ação, ampliando as oportunidades de aprendizagem.

Outro mecanismo de concretização do acompanhamento do aprendizado utilizado foi a interrogação. Por meio de perguntas como “consegue explicar melhor?”, “como assim?”, “você pode dizer o que entendeu agora?” ou “o que vocês entendem por diferença de potencial?”, não se limitam a simples pedidos de esclarecimento. As respostas formuladas pelos estudantes e os argumentos apresentados permitiam ao docente acessar os conhecimentos prévios mobilizados durante a interação, identificar lacunas na compreensão e promover ajustes no entendimento de conceitos e procedimentos. Esses questionamentos, no contexto discursivo, simultaneamente estimulavam o raciocínio reflexivo dos estudantes e os orientavam na construção de significado em torno da mensagem transmitida. Ainda, ao fomentar a busca ativa por respostas, alguns questionamentos formulados pelos próprios estudantes, como “mas por que a corrente é o símbolo de I e não C de corrente professor?” ou “então a lâmpada converte toda a energia recebida em luz e a quantidade de energia convertida é a potência?”, abriram espaço para novas discussões e compreensões acerca dos conceitos abordados. Em alguns momentos, os próprios estudantes passaram a conduzir as discussões sem a mediação direta do professor, sinalizando e caracterizando o pensamento autônomo.

A categoria social informação subsidiava principalmente o discurso realizado por meio de sinais. A introdução dos conceitos, como definições ou explicações, dava-se primeiramente por meio de um sinal (informação) complementado por meio de uma indicação circunstancial subsidiada por interrogação ou ordem ou por outros sinais.

Em relação aos multimodos representacionais utilizados nos momentos de

ensino, destaca-se a predominância do modo verbal oral como principal meio de veiculação das mensagens durante a mediação dos conceitos científicos. No entanto, o discurso não se restringiu a esse único modo, incluindo outros modos e representações, como o gestual, imagético e os visuais interativos, que também desempenharam um papel relevante no processo de ensino e aprendizagem. Os gestos, por exemplo, foram incorporados de forma estratégica para apoiar a indicação circunstancial. Já os recursos imagéticos, como imagens e esquemas, e o modo visual interativo, com o uso do simulador, contribuíram para tornar mais concreto o raciocínio abstrato requerido pelos conceitos físicos. O simulador, em particular, nos permitiu criar um ambiente de experimentação que favoreceu a aplicação prática dos conceitos envolvidos na configuração de circuitos elétricos.

Sob o ponto de vista que nos interessa, a dinâmica discursiva estruturada pelos elementos semióticos ultrapassa a mera transmissão do conhecimento, pois estimula nos estudantes a reflexão, a elaboração de hipóteses e a construção de significados. Ao interagir com os signos presentes no discurso, os estudantes não apenas recebem informações, mas também as interpretam, relacionam com seus conhecimentos prévios e reestruturam suas compreensões sobre os conceitos abordados. Nessa perspectiva, a construção de significados ocorre de forma dialógica, à medida que os sinais, as indicações circunstanciais e os atos sêmicos operam em articulação para dar forma à mensagem científica. A linguagem, nesse processo, deixa de ser apenas um meio de comunicação e passa a constituir-se como instrumento de elaboração do pensamento, servindo de base para o desenvolvimento de compreensões sobre os conceitos trabalhados em sala de aula.

Dessa forma, a articulação entre os elementos semióticos configura a dinâmica discursiva, transformando o conjunto de práticas comunicativas em sala de aula em um ambiente de significação, no qual o conhecimento é constantemente (re)negociado e ressignificado, consolidando-se como uma experiência formativa e reflexiva.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica discursiva em sala de aula é constituída por um conjunto de práticas comunicativas que envolvem tanto o educador quanto os aprendizes. Há um consenso na literatura de que, sob a orientação do professor, essas práticas devem transcender a mera transmissão de informações e adotar uma abordagem dialógica que promova a participação dos estudantes e a construção de significados (Mortimer; Scott, 2002; Scott; Mortimer; Aguiar, 2006; Quadros; Mortimer, 2018). Nesse contexto, o discurso do professor incorpora diversos elementos semióticos para comunicar o conhecimento científico e favorecer a construção dos significados em sala de aula.

Diante disso, entendemos que a construção do significado no discurso ocorre por meio da relação dialética entre educador e aprendizes, na qual a mensagem transmitida pelo professor, por meio de diversos recursos semióticos, ocupa um papel central nesse processo. De fato, a semiologia é uma referência cognitiva que fornece recursos para compreender a construção de sentidos no processo dialógico, a partir de elementos semióticos. Como vimos, a linguagem molda o pensamento, e, no contexto científico, os elementos semióticos mobilizados no discurso são compreendidos como sistemas organizados de signos, os quais contribuem, cada qual a seu modo, para formar um sistema único de construção de significados científicos.

Embasados nisso, ao investigar como os elementos da semiótica comunicativa estruturam a dinâmica discursiva e influenciam a aprendizagem, identificamos, classificamos e examinamos o papel dos atos sêmicos e dos signos que atuam como sinais e indicações circunstanciais, emergentes na interação dialógica entre o professor e os estudantes. Os resultados da pesquisa revelam que os sinais e indicações circunstanciais, apoiadas por atos sêmicos de informação, interrogação e ordem, funcionam como elementos catalisadores do processo dialógico e da construção de significados. O ato sêmico de informação subsidiava, principalmente, o discurso realizado por meio de sinais, direcionando o foco do diálogo para os conteúdos científicos, enquanto as indicações circunstanciais, mediadas por atos sêmicos de informação, interrogação e ordem, organizavam o

discurso e promoviam a progressão dos conteúdos, ao mesmo tempo fomentavam a participação dos estudantes, estimulando a reflexão e a construção de significados.

Como base na análise dos episódios de ensino, fica evidenciado que, à medida que os sinais e as indicações circunstanciais são emitidos no processo discursivo em conjunto com as categorias sociais de atos sêmicos, esses elementos semióticos estruturam a dinâmica discursiva, orientando-a para uma abordagem reflexiva, na qual os estudantes tornam-se protagonistas na construção do conhecimento. Esse direcionamento é claro na dinâmica discursiva, quando o professor emite a definição dos conceitos ou oferece uma “pista”, por meio do ato sêmico de informação, que, por sua vez, é mediada por atos sêmicos de interrogação e ordem, que não se limitam a simples pedidos de esclarecimento ou orientações superficiais: antes, eles fornecem *feedback* para ajustes na compreensão dos conceitos e procedimentos, ao mesmo tempo em que desafiam os estudantes a refletirem sobre o conteúdo abordado, maximizando seu pensamento reflexivo e direcionando seu raciocínio para compreensão da mensagem.

Outro ponto a se destacar sobre os elementos semióticos no processo dialógico é o papel das categorias sociais do ato sêmico, especialmente interrogação e ordem, como mecanismos de controle e monitoramento da aprendizagem. Esses atos semióticos, como já dito, orientaram o fluxo do discurso, funcionando como indicadores de compreensão dos estudantes, ao permitirem ao professor avaliar em tempo real se os conceitos estavam sendo assimilados corretamente. Dessa forma, ambos atuaram como mediadores do diálogo, ajustando o discurso às necessidades dos estudantes e favorecendo um aprendizado mais significativo.

No que se refere à influência dos elementos semióticos na aprendizagem, particularmente, durante o ensino de resistência elétrica e potência elétrica, observa-se que a sequência de sinais emitidos foi suficiente para que os estudantes compreendessem a mensagem pretendida. No entanto, em outros momentos do ensino, constatamos que a emissão de um único sinal ou indicação circunstancial, muitas vezes, não era suficiente, levando-nos a lançar uma segunda indicação circunstancial ou sinal para complementar a mensagem. De forma geral, podemos inferir que os elementos semióticos utilizados nesta pesquisa possibilitaram a

articulação e a construção dos significados durante a dinâmica comunicativa.

No que diz respeito às dificuldades enfrentadas nesta investigação, destaca-se o desafio de manter a maioria dos estudantes engajados no diálogo, mesmo com o uso de representações imagéticas, visuais e 3D. Embora esses recursos demonstrassem potencial para a compreensão dos conceitos e uma maior participação dos envolvidos, fatores externos impactavam seu engajamento em determinadas situações. Acreditamos que um desses fatores esteja relacionado ao fato das aulas não serem geminadas, sendo uma delas ministrada após o intervalo. Durante a pesquisa, observamos que os estudantes tiveram maior engajamento na aula anterior ao intervalo, enquanto que, na aula subsequente, ao retornarem à sala de aula, frequentemente, demonstravam sinais de desinteresse ou cansaço, o que, possivelmente, impactava, de modo negativo, o nível de participação. Outra dificuldade encontrada refere-se ao tempo limitado para ministrar os conteúdos de física, o que torna praticamente impossível explorar todas as nuances de um conceito ou procedimento de forma aprofundada, o que nos obrigou a priorizar determinados aspectos do conteúdo, deixando de lado outros que poderiam possibilitar uma discussão mais desenvolvida ou atividades que pudessem fornecer uma compreensão mais completa e reflexiva.

A principal contribuição que o estudo deixa para as áreas de ensino de ciências e educação matemática é auxiliar os educadores a compreender o papel desses elementos na construção do conhecimento científico, permitindo-lhes aprimorar suas abordagens pedagógicas. Ao ter ciência e considerar a funcionalidade do sinal, da indicação circunstancial e dos atos sêmicos, os professores podem estabelecer um ambiente em que o conhecimento científico seja, efetivamente, co-construído entre docentes e discentes.

Dito de outra forma, é possível oferecer sugestões para a prática docente em Ciências. Os professores podem, por exemplo, planejar suas intervenções discursivas com maior consciência do papel dos elementos semióticos, adotando intencionalmente atos sêmicos de interrogação para provocar conflitos cognitivos e estimular a reflexão ou atos de ordem e informação para organizar a participação e direcionar a construção coletiva do conhecimento. Ademais, recomenda-se o uso estratégico de sinais bem como de indicações circunstanciais para reforçar conceitos

e orientar a atenção dos estudantes durante momentos-chave da aula. Ao integrar esses elementos ao planejamento pedagógico, o professor transforma o discurso em uma ferramenta de mediação ativa que promove um ambiente mais dialógico, responsivo e bem-sucedido para a aprendizagem científica.

Novas abordagens podem ser elaboradas, com base nos elementos semióticos analisados nesta pesquisa, ampliando, por exemplo, a aplicação dos modos representacionais que não foram incluídos ou explorados neste estudo. Uma direção para futuros estudos seria examinar como os sinais, indicações circunstanciais e atos sêmicos influenciam na alternância entre discursos interativos e não interativos, avaliando de que forma essa dinâmica impacta a motivação e a aprendizagem dos estudantes. Com esses estudos, intuimos que ampliariam a compreensão sobre o papel dos elementos semióticos na prática pedagógica, revelando percepções valiosas que podem favorecer o desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes.

Esperamos, finalmente, que esta investigação contribua para os profissionais e pesquisadores da educação científica com subsídios sobre os elementos da semiótica comunicativa e seus papéis e influências durante interações dialógicas no ensino de Física. Embora a pesquisa tenha se concentrado no conteúdo dessa ciência, os processos de significação investigados transcendem esse domínio, pois os mecanismos subjacentes à produção de sentidos se relacionam tanto com os princípios da semiótica comunicativa quanto com a abordagem da Análise do Discurso, que busca compreender como os sentidos são gerados e quais fatores possibilitam esses processos. Apesar dos elementos semióticos estarem vinculados, neste trabalho, à interação discursiva entre professor e estudante no ensino de Física, ressalta-se que eles desempenham um papel flexível na estruturação do diálogo. Essa flexibilidade permite que sua funcionalidade seja adaptada a diferentes temas ou disciplinas, favorecendo a construção de significados em diversos contextos de ensino. Logo, sua aplicação em contextos como o ensino de biologia e química, entre outros, deve ocorrer sem grandes dificuldades.

REFERÊNCIAS

AGUIAR JUNIOR, O. G.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 179-207, 2005.

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v.33, n.2-3, p.131-152, 1999.

ALBUQUERQUE, K. B.; SANTOS, P. J. S.; FERREIRA, G. K. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 461-482, 2015.

AMADOR, F.; CARNEIRO, M. H. O papel das imagens nos manuais escolares de ciências naturais do ensino básico: uma análise do conceito de evolução. **Revista de Educação**, v. 8, n. 2, p. 119-129, 1999.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. **Educación Química**, México, v. 15, n. 3, p. 1-75, 2004.

ANDRADE, M. V.; PAZ, F. S. O ensino de Física no contexto do Novo Ensino Médio na educação do campo. **Vitruvian Cogitationes**, Maringá, v. 5, n. 1, p. 31-48, 2024.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003. (Original: The acquisition and retention of knowledge. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000).

AZEVEDO, L. L.; MARTINS, P. C.; MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. de; SÁ, E. F. de; MORO, L.; PEREIRA, R. R. Recursos de expressividade usados por uma professora universitária. **Distúrbios da Comunicação**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 777-789, 2014.

BAILIN, S. Critical thinking and science education. **Science & Education**, v. 11, p. 361-375, 2002.

BAKHTIN, M. M. **Estética da criação verbal**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

BAKHTIN, M. M. (VOLOCHÍNOV). **Marxismo e filosofia da linguagem**. Problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. 13. ed. Trad. Michel Lahud e Yara Frateschi Vieira. São Paulo: HUCITEC, 2009.

BARTHES, R. **Elementos de Semiologia**. Editora Cultrix, 19. Ed., São Paulo, 2012.

BIANCHESSI, R. Métodos instrucionais baseados em tecnologia para o ensino da Física. **Revista Foco Tecnológico**, v. 16, n. 1, p. 14–20, 2023.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Trad.: Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Portugal: Porto Editora, 1994.

BUYSSSENS, E. **Semiologia & comunicação linguística**. Editora Cultrix, 2. Ed., São Paulo, 1974.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 171-189, 2000.

CARVALHO, S. A.; ARAGÃO, C. O. Os caminhos do letramento visual: uma análise de material didático virtual. **Revista Estudos Anglo-Americanos**, Florianópolis, UFSC, n. 44, p. 9-34, 2015.

COELHO, R. O. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

COLL, C.; ONRUBIA, J. A construção de significados compartilhados em sala de aula: atividade conjunta e dispositivos semióticos no controle e no acompanhamento mútuo entre professores e alunos. In.: COLL, C. (org.). **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 75-106.

COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B.; WALLS, E. **Os conteúdos na reforma**: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Tradução Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed, 2000.

COLL, C.; VALLS, E. A aprendizagem e o ensino dos procedimentos. *In.*: COLL, C. *et al.* **Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Tradução Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 73-118.

CORRÊA, C. A. **Aprendizagem da Conservação da Energia Mecânica à luz da Leitura Conotativa de um Signo Artístico**. 2016. 133f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

CORRÊA, C. A.; LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Leitura conotativa de um signo artístico: estratégia para potencializar o debate de conteúdos científicos nas aulas de física, **Revista Ciência e Ideias**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p.106-124, 2018.

DAVIS, N. T. Transição do objetivismo para o construtivismo na educação científica. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 6, p. 627-636, 1993.

DELIZOICOV., D.; ANGOTTI, A. J. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

DRIVER, R.; HILARY; A. LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

ECO, U. **O signo**. Lisboa: Editorial Presença, LDA, 1985.

ECO, U. **Tratado Geral de Semiótica**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.

EDWARDS, D.; MERCER, N. **Common knowledge, the development of understanding in the classroom**. London: Routledge, 1993.

FERREIRA, J. C.; ALMEIDA, M. E. B. Modelos de ensino e a interação em sala de aula: uma análise do ensino médio. **Revista de Educação Científica**, v. 24, n. 2, p. 123-134, 2018.

FIDALGO, A. **Semiótica: a lógica da comunicação**. Covilhã, Portugal: Universidade

da Beira Interior, 1998.

FIDALGO, A.; GRADIM, A. **Manual da Semiótica**. 2005. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/fidalgo-antonio-manual-semiotica-2005.pdf>. Acesso em 25 ago. 2024.

FRASSON, F.; LABURÚ, C. E.; ZÔMPERO, A. F. Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal: uma releitura da Teoria Ausubeliana. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 108, p. 303-318, 2019.

FRAUZINO, M. de F. M. **Significados de Solubilidade manifestados por meio das representações verbal e gestual de estudantes do Ensino Médio**. 2018. 178f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed.. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, M. T. **Indicações circunstanciais como signos potencializadores da aprendizagem significativa de conceitos na experimentação animal**. 2016. 259f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

GONÇALVES, L. J. *et al.* Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de Física térmica no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre v. 1, n. 1, p. 33-42, 2006.

GOUVEIA, A. A.; LABURÚ, C. E. A Aprendizagem da Representação dos Circuitos Elétricos Mediada por Símbolos-Ponte. *In.*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica, 5., 2005. Bauru. **Anais [...]**. Bauru: Abrapec, 2005.

GREGÓRIO, A. P. H. **Identificação e superação dos equívocos conceituais e procedimentais influenciados por *affordances* negativos no processo de ensino e aprendizagem de química**. 2021. 192f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

HECKLER, V. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de eletromagnetismo**. 2004. 229f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HERNANDES, J. L. **Leitura semiológica de analogias pictóricas utilizadas no ensino de química**. 2023. 205f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

HJELMSLEV, L. **Prolegômenos a uma teoria da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1961.

JAIPAL, K. Meaning making through multiple modalities in biology classroom: a multimodal semiotics discourse analysis. **Science Education**, v. 94, n. 1, p. 48-72, 2010.

JOLY, M. **Introdução à análise da imagem**. 7. ed. São Paulo: Papirus, 2004.

KAWALKAR, A.; VIJAPURNAR, J. Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 12, p. 2004-2027, 2013.

KIM, M.; ROTH, W. M.; THOM, J. Children's gestures and the embodied knowledge of geometry. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 9, n. 1, p. 207-238, 2011.

KLEIN, P. D. Rethinking Rethinking the multiplicity of cognitive resources and curricular representations: Alternatives to "learning styles" and "multiple intelligences". **Journal of Curriculum Studies**, v. 35, n. 1, p. 45–81, 2003.

KLEIN, T. A. S.; LABURÚ, C. E. Imagem e ensino de ciências: análise de representações visuais sobre DNA e biotecnologia segundo a retórica da conotação. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis-SC. **Anais [...]**. v. 7, Florianópolis: ABRAPEC, 2009, p. 1-11.

KLEIN, T. A. S. **Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia por alunos do ensino médio**. 2011. 197f Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) -

Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

KRAMER, S. **Por entre as pedras: arma e sonho na escola**. São Paulo: Ática, 1993.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011.

LABURÚ, C. E.; ZÔMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 7-24, 2013.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Construção dos conceitos de física de estudantes apoiada em relações sintagmáticas e paradigmáticas. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 16, n. 1, p. 93-113, 2014.

LABURÚ, C. E.; GODOY, M. T.; ZÔMPERO, A. F. Caracterização das indicações circunstanciais emitidas durante atividade discursiva por um professor de ciências: uma leitura semiótica. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 31-50, 2016.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; ZÔMPERO, A. F. Significados de eletrostática interpretados por meio da gesticulação de estudantes. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 4, p. 851-867, 2015.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; CAMARGO FILHO, P. S. **Semiótica aplicada à Educação Científica**: signos de tipo indicações circunstanciais emitidos pelo professor em atividade discursiva. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

LEMKE, J. L. Mathematics in the middle: Measure, picture, gesture, sign, and word. Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing. In.: ANDERSON, M.; SÀENZ-LUDLOW, A.; ZELLWEGER, S.; CIFARELLI, V.V. **Educational Perspectives on Mathematics as Semiosis**: From Thinking to Interpreting to Knowing. Ottawa: Legas Publishing, 2003. p. 215-234.

LIMA, L.; PRADO, G. Imagens Digitais Interativas: do simulacro à imersão **DATJournal**, v. 3, n. 2, p. 43-71, 2018.

MACÊDO, J. A. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino**

de conceitos básicos de eletromagnetismo: elaboração de um roteiro de atividades para professores do Ensino Médio. 2009. 136f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MALONEY, J.; SIMON, S. Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1817-1841, 2006.

MARTINS, P. C. M. **Abordagem de conteúdos conceituais e procedimentais em física através de simulações computacionais baseadas em atividades investigativas.** 2018. 85f. Dissertação. (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

MARTINS, I. *et al.* Contribuições da análise crítica do discurso para uma reflexão sobre questões do campo da educação ambiental: olhares de educadores em ciências. **Pesquisa em Educação Ambiental**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 1, p. 129-154, 2008.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005.

MONACO, S. Compreender la educación para enseñar mejor. Acciones docentes apoyadas em la psicolinguística. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 31, n. 2, p. 209-227, 2013.

MORRIS, C. **Fundamentos de la teoria de los signos.** Barcelona: Paidós Iberica, 1994.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MORTIMER, E. F.; MORO, L.; SÁ, E. F. Referenciais teóricos utilizados na pesquisa: discurso, semiótica social e multimodalidade. *In.*: MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. de (orgs.). **Multimodalidade no ensino superior.** Ijuí: Unijuí, 2018. 17-53.

MORO, L.; MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L.; COUTINHO, F. A. Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 9-32, 2015.

ORLANDI, E. **Discurso e leitura**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento**: as formas do discurso. Campinas: Pontes, 1996.

PACCA, J. L.; FUKUI, A.; BUENO, M. C. F.; COSTA, R. H. P.; VALÉRIO, R. M.; MANCINI, S. Corrente Elétrica E Circuito Elétrico: Algumas Concepções Do Senso Comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 151-167, 2003.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2017.

PINTÓ, R.; AMETLLER, J. Students' difficulties in readings images. Comparing results from four national research groups. **International Journal Of Science Education**, London, n. 24, p. 333-341, 2002.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. Na exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary Science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

PRIETO, L. J. **Mensagens e sinais**. São Paulo: Editora Cultrix, 1973.

RADFORD, L.; BARDINI, C.; SABENA, C. Perceiving the general: the multisemiotic dimension of student's algebraic activity. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 38, n. 5, p. 507-530, 2007.

RADFORD, L. Why do gestures matter? Sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings. **Journal Educational Studies in Mathematics**, v. 70, n. 2, p. 111-126, 2009.

RADFORD, L.; EDWARDS, L.; ARZARELLO, F. Introduction: beyond words. **Journal Educational Studies in Mathematics**, v. 70, n. 2, p. 91-95, 2009.

ROTH, W. M.; LAWLESS, D. Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. **Learning and instruction**, v. 12, n. 3, p. 285-304, 2002.

QUADROS, A. L.; MORTIMER, E. F. **Aulas no ensino superior**: estratégias que envolvem os estudantes, Curitiba: Appris, 2018.

RODRIGUES, F. A.; BAZZO, W. A. **A prática de ensino na Física**: abordagens e perspectivas. Florianópolis: Editora Científica, 2011.

ROJO, R. Gêneros do discurso no círculo de Bakhtin: ferramentas para a análise transdisciplinar de enunciados em dispositivos e práticas didáticas. *In.*: BONINI, A. *et al.* (orgs.). Simpósio Internacional de Estudos de Gêneros Textuais, 4, 2007, Tubarão, SC. **Anais [...]**. 4, Tubarão, SC: UNISUL, 2007. p. 1761-1775.

SABBADINI, F.; OLIVEIRA, M. J. F. Simulação interativa visual: uma ferramenta para tomada de decisão. *In.*: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, n. 4, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2006. p. 51-72.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

SAUSSURE, F. D. **Curso de Linguística Geral**. 27. ed. São Paulo: Cultrix, 2006.

SCOTT, P. H.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR, O. G. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high science lessons, **Science Education**, v. 90, n. 7, p. 605-631, 2006.

SHAH, P.; HOEFFNER, J. Review of graph comprehension research: implication for instruction: education. **Psychology Review**, Washington, n. 14, p. 47-69, 2002.

SIEGEL, H. Pensamento crítico como ideal de educação. **The Educational Forum**, West Lafayette, v. 45, n. 1, 7-23, nov., 1980.

SILVA, H. C. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1, p. 71-83, 2006.

SILVA, A. C. A. **A dialogia no Ensino de Ciências**: um estudo do desenvolvimento

do discurso em sala de aula. 2015. 298f. Tese (Doutorado – Programa de Pós Graduação em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SILVA, M. F.; LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. Metáforas para interação discursiva no ensino de ciências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 14, n. 32, p. 5-18, 2018.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, M. F. Tipologia discursiva por troca de representação de um signo artístico como indicador de aprendizagem: um estudo de caso no ensino de ciências. **Revista Didática Sistêmica**, v. 22, n. 2, p. 193-203, 2020.

SILVA, O. H. M. Proposta de ensino do ciclo Stirling reunindo duas máquinas térmicas na perspectiva da multimodalidade representacional com avaliação formativa. **Revista Ciências & Ideias**, v. 14, n. 1, p. 1-21, 2023.

SINCLAIR, J. McH.; COULTHARD, R. M. **Towards an analysis of discourse: the english used teachers and pupils**. London: Oxford University Press, 1975.

TABENSKY, A. Gesture and speech rephrasings in conversation. **Gesture**, v.1, n. 2, p. 213-235, 2001.

TEIXEIRA, R. Abordagem alternativa para o ensino da transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas. **Physica e Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 5, n. 2, p. 79–88, 2019.

THOMPSON, J. B. **Ideologia e Cultura Moderna**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

TOMIO, D.; GRUMES, C.; RONCHI, D. L.; PIAZZA, F.; REINICKE, K.; PECINI, V. As imagens no ensino de ciências: o que dizem os estudantes sobre elas? **Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 10, n. 1, p. 25-40, 2013.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, v. 37, n. 3, p. 313-331, 2007.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; HUBBER, P.; WALDRIP, B. **Constructing representations**

to learn in science. Rotterdam: Sense Publishers, 2013.

UNSWORTH, L. **Teaching multiliteracies across the curriculum.** Buckingham: Open University Press, 2001.

VERGENNES, D. S. **Diversidade representacional no ensino de física:** um estudo fundamentado nos conceitos de *affordance*, multimodalidade e semiótica acerca da produção de equívocos. 2024. 148f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

VOLLI, U. **Manual de semiótica**, 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2012.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning junior secondary science through multi-modal representations. **The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education**, 2006.

WELLS, G. Da adivinhação à previsão: discurso progressivo no ensino e na aprendizagem de ciências. *In.*: COLL, C. (org.). **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula.** Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 143-169.

ZABALA, A. **A prática educativa:** como ensinar. Tradução Ernani Rosa. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Declaração de Concordância de Coparticipação Institucional

Londrina, ____ de ____ de 2023

Ilma. Sra. Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo
Coordenadora do CEP/UEL

Senhora Coordenadora

Declaramos que nós do(a) _____, estamos de acordo com a condução do projeto de pesquisa “Indicações circunstanciais e suas implicações na construção conceitual e procedimental de circuitos elétricos no ensino de física” sob a responsabilidade de Álex de Carvalho Ferreira, nas nossas dependências, tão logo o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, até o seu final.

Estamos cientes que as unidades de análise da pesquisa serão com os alunos do terceiro ano do ensino médio bem como de que o presente trabalho deve seguir a Resolução 466/2012 do CNS e complementares.

Atenciosamente,

Diretora do Colégio Estadual.

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “INDICAÇÕES CIRCUNSTANCIAIS E SUAS IMPLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CONCEITUAL E PROCEDIMENTAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO DE FÍSICA”, a ser realizada no _____. O objetivo da pesquisa é “identificar as indicações circunstanciais emitidas durante o ensino de Física e suas implicações para construção conceitual e procedimental na temática de circuitos elétricos”. A pesquisa se justifica pela necessidade de explorar o uso das indicações circunstanciais como uma abordagem inovadora no ensino de Física, especialmente no contexto de circuitos elétricos que possuem conceitos abstratos. A abordagem tradicional, com explicações abstratas, pode dificultar a compreensão e a aplicação prática desses conceitos. Assim, explorar o potencial das indicações circunstanciais como um recurso para envolver os estudantes de forma mais ativa em seu processo de aprendizagem, pode tornar o ensino mais efetivo e relevante para o cotidiano dos alunos.

Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: a coleta de dados para a pesquisa consistirá na realização de diferentes atividades individuais e em grupos. As atividades individuais serão questões relacionadas aos conceitos trabalhados no conteúdo de circuitos elétricos e o uso de simuladores para montar circuitos. As atividades em grupos referem-se a montagem de circuitos elétricos com os materiais disponíveis na instituição de ensino. O tempo médio que o participante deverá dispor para a realização da pesquisa será de aproximadamente dez horas.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa (ou para esta e futuras pesquisas) e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Caso decida não participar da pesquisa, você

não será retirado da sala de aula, participará das aulas e atividades normalmente, mas os seus dados não serão recolhidos para os fins da pesquisa. Será feito a gravação de áudio e vídeo das ações dos estudantes durante atividades a serem realizadas na sala de aula. (Os registros de áudio e vídeo que serão coletados terão destino particular e exclusivo do pesquisador, para análise, de modo a manter o anonimato de cada estudante participante. Quanto ao uso de imagem (áudio e vídeo) em relação aos direitos dos participantes, dispostos na Resolução CSN de 2016 em seu artigo 9 “de terem sua privacidade respeitada; de terem garantida a confidencialidade das informações pessoais; e de decidirem, dentre as informações que fornecerem, quais podem ser tratadas de forma pública, você pode autorizar a divulgação da sua imagem e/ou voz, caso decida autorizar marque sim, do contrário marque não: “sim” () e “não” (). Estes registros serão armazenados pelo pesquisador por um período de cinco anos, para eventuais necessidades de análises desses dados. Os resultados serão divulgados numa palestra a ser realizada 8 meses após o último contato com os participantes, referente a produção dos dados, e disponibilizada no canal. Ainda, os resumos dos dados serão disponibilizados no e-mail da turma. Esclarecemos ainda, que você não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração.

Os benefícios esperados são: tornar o momento instrucional significativo e diferenciado para o estudante. Quanto aos riscos, este estudo pode apresentar um certo desconforto pelo nervosismo no momento de responder os questionamentos do professor ou no uso do simulador, pois não é algo comum no ensino médio. E para amenizar os riscos existentes, as perguntas podem ser refeitas de modo a amenizar isso e instruções mais claras serão dadas.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Eu, _____,
fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e por que precisa da minha colaboração e entendi a explicação. Por isso, eu concordo de livre e espontânea vontade em participar da pesquisa, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim sem qualquer pressão ou coerção e pelo pesquisador

responsável, ficando uma via com cada um de nós.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar (Álex de Carvalho Ferreira, Rua Delaine Negro, nº 50, telefone [(77) 99107 35 91] e e-mail aledcferreira@hotmail.com, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa que é uma instância responsável por avaliar, analisar e acompanhar projetos de pesquisa que envolva seres humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Londrina, ____ de ____ de 2023.

Assinatura do(a) estudante (a) participante

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “INDICAÇÕES CIRCUNSTANCIAIS E SUAS IMPLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CONCEITUAL E PROCEDIMENTAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO DE FÍSICA”, a ser realizada no _____. O objetivo da pesquisa é “identificar as indicações circunstanciais emitidas durante o ensino de Física e suas implicações para construção conceitual e procedimental na temática de circuitos elétricos”. A pesquisa se justifica pela necessidade de explorar o uso das indicações circunstanciais como uma abordagem inovadora no ensino de Física, especialmente no contexto de circuitos elétricos que possuem conceitos abstratos. A abordagem tradicional, com explicações abstratas, pode dificultar a compreensão e a aplicação prática desses conceitos. Assim, explorar o potencial das indicações circunstanciais como um recurso para envolver os estudantes de forma mais ativa em seu processo de aprendizagem, pode tornar o ensino mais efetivo e relevante para o cotidiano dos alunos.

Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: a coleta de dados para a pesquisa consistirá na realização de diferentes atividades individuais e em grupos. As atividades individuais serão questões relacionadas aos conceitos trabalhados no conteúdo de circuitos elétricos e o uso de simuladores para montar circuitos. As atividades em grupos referem-se a montagem de circuitos elétricos com os materiais disponíveis na instituição de ensino. O tempo médio que o participante deverá dispor para a realização da pesquisa será de aproximadamente dez horas.

Esclarecemos que a participação do estudante é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa (ou para esta e futuras pesquisas) e serão tratadas com

o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Caso decida não participar da pesquisa, você não será retirado da sala de aula, participará das aulas e atividades normalmente, mas os seus dados não serão recolhidos para os fins da pesquisa. Será feita a gravação de áudio e vídeo das ações dos estudantes durante atividades a serem realizadas na sala de aula.

Os registros de áudio e vídeo que serão coletados terão destino particular e exclusivo do pesquisador, para análise, de modo a manter o anonimato de cada estudante participante. Quanto ao uso de imagem (áudio e vídeo) em relação aos direitos dos participantes, dispostos na Resolução CSN de 2016 em seu artigo 9 “de terem sua privacidade respeitada; de terem garantida a confidencialidade das informações pessoais; e de decidirem, dentre as informações que fornecerem, quais podem ser tratadas de forma pública, você pode autorizar a divulgação da sua imagem e/ou voz, caso decida autorizar marque sim, do contrário marque não: “sim” () e “não (). Estes registros serão armazenados pelo pesquisador por um período de cinco anos, para eventuais necessidades de análises desses dados. Os resultados serão divulgados numa palestra a ser realizada 8 meses após o último contato com os participantes, referente a produção dos dados, e disponibilizada no canal. Ainda, os resumos dos dados serão disponibilizados no e-mail da turma. Esclarecemos ainda, que você não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração.

A pesquisa em questão atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990. Esses direitos incluem garantias fundamentais para a vida, saúde, alimentação, educação, esporte, lazer, profissionalização, cultura, dignidade, respeito, liberdade e convivência familiar e comunitária. Ao participar desta pesquisa, você terá seus direitos protegidos e respeitados de acordo com as disposições do ECA. Isso significa que sua vida, saúde, alimentação, educação e outros aspectos importantes serão levados em consideração e priorizados durante todo o processo. Ao participar da pesquisa, ressalto que será atendido o Artigo 18 do ECA. Conforme esse artigo, é dever de todos zelar pela dignidade da criança e do adolescente, protegendo-os de qualquer tratamento que seja desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor. Isso significa que durante toda a pesquisa, serão adotadas medidas

para garantir que você seja tratado com respeito, consideração e dignidade.

Os benefícios esperados são: tornar o momento instrucional significativo e diferenciado para o estudante. Quanto aos riscos, este estudo pode apresentar um certo desconforto pelo nervosismo no momento de responder os questionamentos do professor ou no uso do simulador, pois não é algo comum no ensino médio. E para amenizar os riscos existentes, as perguntas podem ser refeitas de modo a amenizar isso e instruções mais claras serão dadas.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar este termo de assentimento. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Eu, _____
fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar (Álex de Carvalho Ferreira, Rua Delaine Negro, nº 50, telefone [(77) 99107 35 91] e e-mail aledcferreira@hotmail.com, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa que é uma instância responsável por avaliar, analisar e acompanhar projetos de pesquisa que envolvam seres humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Londrina, ____ de _____ de 2023.

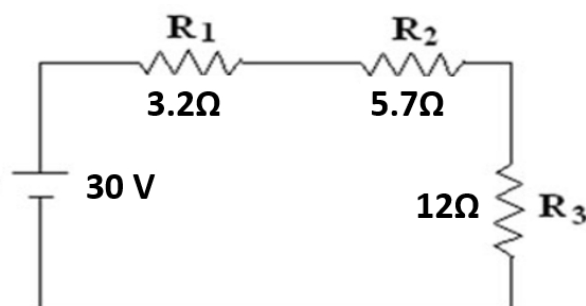
Assinatura do responsável pelo(a) menor

Assinatura do(a) menor participante

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE D – Atividade avaliativa individual

Questão 1. Analise o circuito abaixo esquematizado:



**Todas as questões que exija justificativa e esta não seja apresentada, a correção será feita de forma parcial*.*

a) Esse circuito é do tipo série ou paralelo? Justifique sua resposta

b) Determine a resistência equivalente. (apresentar cálculos)

c) Determine a intensidade da corrente total que sai da bateria. (apresentar cálculos)

d) Qual o valor da corrente que passa em cada resistor? Justifique sua resposta.

e) Determine a potência total do circuito. (apresentar cálculos)

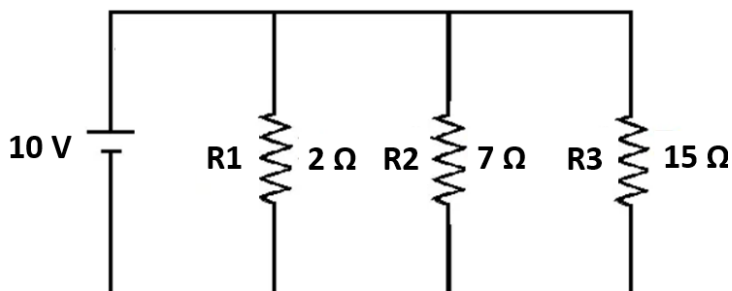
f) Calcule a queda de tensão em cada resistor. (apresentar cálculos)

g) Determine a potência dissipada em cada resistor. (apresentar cálculos).

h) Qual resistor dissipa a maior potência? Por quê? Justifique sua resposta

i) Caso a resistência R_3 apresentasse defeito, e chegasse a queimar, o que aconteceria com o circuito? Justifique sua resposta.

Questão 2. Analise o circuito abaixo esquematizado.



a) Esse circuito é do tipo série ou paralelo? Justifique sua resposta

b) Determine a resistência equivalente. (apresentar cálculos)

c) Determine a intensidade da corrente total que sai da bateria. (apresentar cálculos)

d) Qual o valor da corrente que passa em cada resistor? Justifique sua resposta.

e) Determine a potência total do circuito. (apresentar cálculos)

f) Calcule a queda de tensão em cada resistor. (apresentar cálculos)

g) Determine a potência dissipada em cada resistor. (apresentar cálculos).

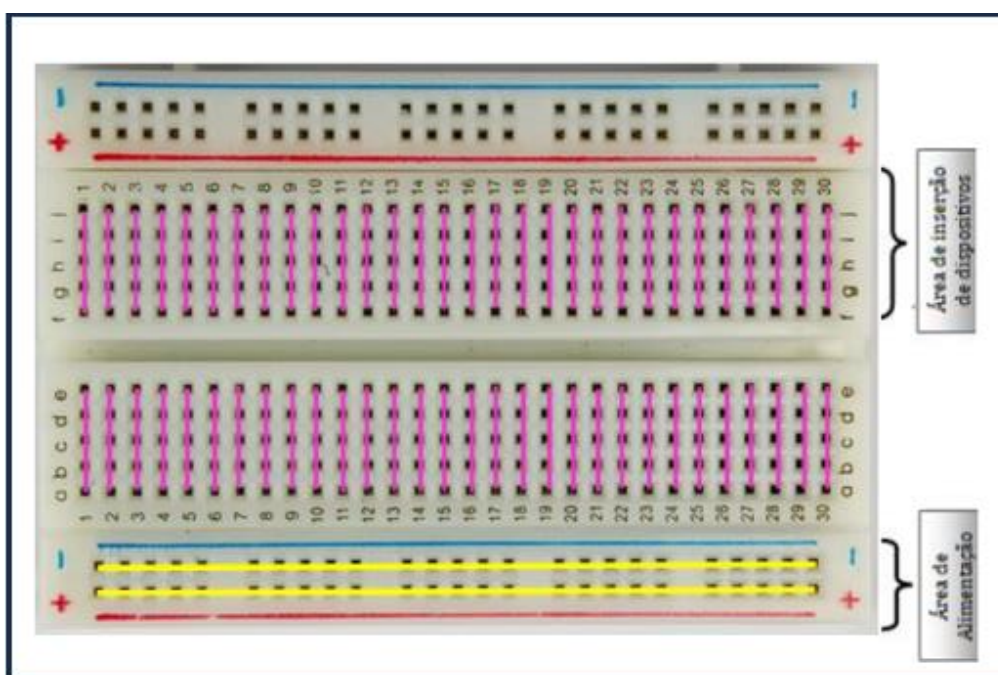
h) Qual resistor dissipa a maior potência? Por quê? Justifique sua resposta

i) Caso a resistência R_2 apresentasse defeito, e chegasse a queimar, o que aconteceria com o circuito? Justifique sua resposta.

APÊNDICE E – Roteiro experimental

Lembrete: Na área de alimentação, todos os orifícios de uma mesma coluna estão internamente conectados. No entanto, os orifícios de uma coluna não têm conexão interna com os orifícios de outras colunas. Na área de inserção de dispositivos, há uma conexão entre os orifícios de uma mesma linha, mas essas conexões são independentes, como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Representação das ligações internas no Protoboard



Fonte: Adaptado de Souza (2018).

MATERIAL UTILIZADO:

Placa Protoboard;
 2 LEDs;
 1 resistor 47 Ω
 3 pilhas AA (4,5V total)
 Fios para conexão e multímetro.

PROCEDIMENTO:

Passo 1: Selecione um ponto na coluna negativa e conecte uma extremidade do fio.

Em seguida, conecte a outra extremidade a uma das 65 linhas disponíveis para inserção de dispositivos.

Passo 2: Insira o primeiro LED conectando seu terminal negativo (cátodo) na mesma linha onde o fio foi inserido. Agora, o terminal positivo (ânodo) do LED deve ser conectado a uma nova linha disponível na área de inserção de dispositivos.

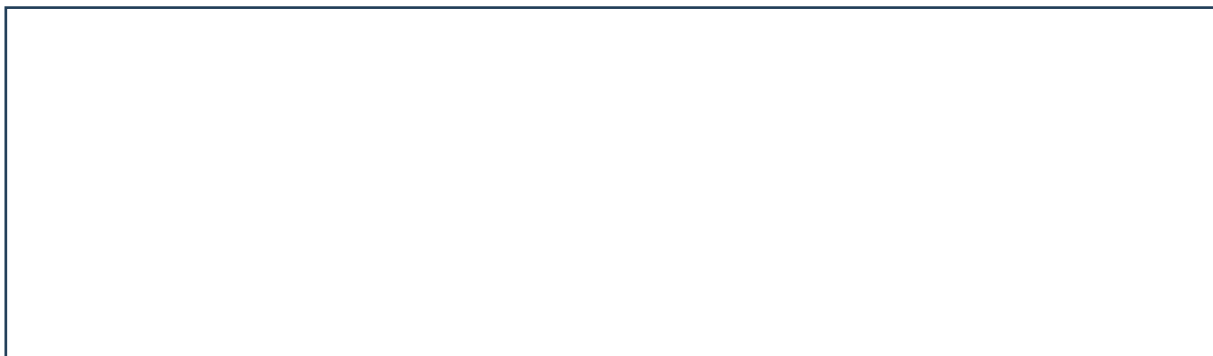
Passo 3: Conecte o segundo LED em série com o primeiro. Para isso, ligue o terminal negativo do segundo LED na mesma linha em que o terminal positivo do primeiro LED está conectado. O terminal positivo do segundo LED deve ser posicionado em uma nova linha disponível.

Passo 4: Conecte uma extremidade do resistor na mesma linha onde está o terminal positivo do segundo LED. A outra extremidade do resistor deve ser conectada à coluna positiva do protoboard.

Passo 5: Conecte o terminal positivo (+) da fonte na coluna positiva da protoboard e o terminal negativo (-) da fonte na coluna negativa do protoboard.

QUESTÕES

- 1) Faça uma representação esquemática do circuito montado.



- 2) O que acontece se um dos LEDs queimar? Explique.
- 3) Como seria a distribuição da tensão se houvesse três LEDs em série?
- 4) Qual a função do resistor no circuito?
- 5) O que mudaria se os LEDs fossem conectados em paralelo?