

IDEAU

**FORMAS OPERATÓRIAS E PREDICATIVAS EM
ELETRODINÂMICA: CONTRIBUIÇÕES DE UMA ATIVIDADE
EXPERIMENTAL PARA A MOBILIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS
PRÉVIOS**

**OPERATORY AND PREDICATIVE FORMS IN
ELECTRODYNAMICS: CONTRIBUTIONS OF AN
EXPERIMENTAL ACTIVITY TO THE ACTIVATION OF PRIOR
KNOWLEDGE**

**FORMAS OPERATIVAS Y PREDICATIVAS EN
ELECTRODINÁMICA: CONTRIBUCIONES DE UNA ACTIVIDAD
EXPERIMENTAL A LA MOVILIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS
PREVIOS**

Gustavo Costa Silva de Oliveira

Mestre em Ensino de Ciências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: gustavocosta2009@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-6777-5234>

Lisiane Barcellos Calheiro

Doutora em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: liscalheiro@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7154-2574>

RESUMO

Este artigo investiga a mobilização de conhecimentos prévios em eletrodinâmica por estudantes do Ensino Médio, utilizando uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. O foco é identificar esquemas cognitivos ativados em situações com circuitos elétricos simples. A análise de dados considerou invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) expressos por regras condicionais. As formas: operatória (ações práticas) e predicativa (enunciados verbais) foram categorias analíticas para compreender a expressão dos esquemas dos estudantes. Os resultados indicam diferentes níveis de apropriação conceitual, desde descrições empíricas até explicações fundamentadas em conceitos como corrente, carga, energia e potência. A articulação entre ações e verbalizações revelou esquemas em construção e a importância de intervenções didáticas para a transição do senso comum para modelos científicos. Conclui-se que atividades

DOI:10.55905/reiv5n2-023

Submitted on: 10.11.2025 | Accepted on: 10.14.2025 | Published on: 12.1.2025

experimentais integradas à problematização são mediadoras eficazes na construção de significados no ensino de eletrodinâmica, destacando a relevância da Teoria dos Campos Conceituais e das UEPS no desenvolvimento de compreensões robustas sobre fenômenos físicos.

Palavras-chave: Eletrodinâmica. Conhecimentos Prévios. UEPS. Formas Operatórias. Teoria dos Campos Conceituais.

ABSTRACT

This article investigates the mobilization of prior knowledge in electrodynamics by high school students, using a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) and Vergnaud's Theory of Conceptual Fields. The focus is to identify cognitive schemes activated in situations with simple electric circuits. Data analysis considered operational invariants (concepts-in-action and theorems-in-action) expressed by conditional rules. The operator (practical actions) and predicative (verbal statements) forms were analytical categories to understand the expression of the students' schemes. The results indicate different levels of conceptual appropriation, from empirical descriptions to explanations grounded in concepts such as current, charge, energy, and power. The articulation between actions and verbalizations revealed schemes under construction and the importance of didactic interventions for the transition from common sense to scientific models. It is concluded that experimental activities integrated with problematization are effective mediators in the construction of meanings in the teaching of electrodynamics, highlighting the relevance of the Theory of Conceptual Fields and of PMTU in the development of robust understandings of physical phenomena.

Keywords: Electrodynamics. Prior Knowledge. PMTU. Operator Forms. Theory of Conceptual Fields.

RESUMEN

Este artículo investiga la movilización de conocimientos previos en electrodinámica por estudiantes de Educación Secundaria, utilizando una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa (UEPS) y la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. El foco es identificar esquemas cognitivos activados en situaciones con circuitos eléctricos simples. El análisis de datos consideró invariantes operatorios (conceptos-en-acción y teoremas-en-acción) expresados por reglas condicionales. Las formas operatoria (acciones prácticas) y predicativa (enunciados verbales) fueron categorías analíticas para comprender la expresión de los esquemas de los estudiantes. Los resultados indican diferentes niveles de apropiación conceptual, desde descripciones empíricas hasta explicaciones fundamentadas en conceptos como corriente, carga, energía y potencia. La articulación entre acciones y verbalizaciones reveló esquemas en construcción y la importancia de intervenciones didácticas para la transición del sentido común a modelos científicos. Se concluye que actividades experimentales integradas a la problematización son mediadoras eficaces en la construcción de significados en la enseñanza de la electrodinámica, destacando

la relevancia de la Teoría de los Campos Conceptuales y de las UEPS en el desarrollo de comprensiones robustas sobre los fenómenos físicos.

Palabras clave: Electrodinámica. Conocimientos Previos. UEPS. Formas Operatorias. Teoría de Los Campos Conceptuales.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de eletrodinâmica na Educação Básica enfrenta desafios na compreensão de fenômenos e grandezas, com conceitos como corrente, tensão, resistência e potência frequentemente desarticulados do entendimento dos estudantes (Andrade *et al.*, 2018). Essa lacuna entre senso comum e abstração científica impede a construção de esquemas conceituais funcionais (Souza; Amantes, 2024).

A valorização dos conhecimentos prévios é crucial. Estudantes chegam com explicações baseadas em experiências e senso comum (Brum; Da Silva, 2014), que, mesmo divergindo de modelos científicos, não devem ser ignoradas (Moreira; Masini, 2011). Esses conhecimentos, como estruturas cognitivas, organizam a ação e precisam ser mobilizados e reconfigurados por experiências didáticas (Moreira, 2011).

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) surgem como proposta metodológica que reconhece o papel ativo do estudante e a centralidade dos conhecimentos prévios para novos significados. UEPS, ao articular problematização, exploração e explicitação, favorecem a emergência de esquemas e ampliam a intervenção pedagógica (Moreira, 2011). Nelas, atividades experimentais atuam como organizadores prévios, desafiando decisões, hipóteses e justificativas (Holz, 2021).

Para compreender a mobilização, interpretação e transformação dos conceitos de eletrodinâmica, este estudo adota a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1993, 2017). Essa perspectiva vê o conhecimento como esquemas construídos na atividade do sujeito, organizados por invariantes operatórios: conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. Tais

esquemas se manifestam nas condutas diante de situações-problema (Grings; Caballero; Moreira, 2006).

A análise considera elementos conceituais mobilizados e a estrutura discursiva, reconhecendo que a elaboração conceitual varia conforme o modo de enunciação (Vergnaud, 2012). A articulação entre forma operatória e predicativa permite compreender a construção de sentido nos fenômenos da eletrodinâmica. A análise das respostas estudantis considera tanto a ação sobre o fenômeno quanto a estrutura verbal que a acompanha (Oliveira; Araujo; Veit, 2020). A distinção entre essas formas permite acessar como os sujeitos organizam cognitivamente sua relação com os conceitos, possibilitando ao ensino atuar sobre estruturas de pensamento (Pantoja, 2023).

A aprendizagem de conceitos científicos depende da ativação e reestruturação de esquemas existentes. Esta pesquisa propõe uma análise centrada na interação dos estudantes com situações didáticas que exigem decisão, interpretação e justificativa (Oliveira; Araujo; Veit, 2020).

A articulação entre atividade experimental e situações-problema explicita conhecimentos prévios, permitindo examinar a mobilização e expressão de esquemas. À luz da Teoria dos Campos Conceituais, o estudo objetiva examinar a manifestação de conhecimentos prévios de estudantes do Ensino Médio, em forma operatória e predicativa, por meio da mobilização de invariantes operatórios durante uma atividade experimental de eletrodinâmica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

O A Teoria dos Campos Conceituais, proposta por Gérard Vergnaud (1993; 2009; 2017), oferece um referencial para compreender como os estudantes mobilizam conhecimentos a partir de situações. Ao invés de considerar a aprendizagem como a aquisição isolada de definições formais, a teoria entende que os sujeitos constroem esquemas organizados por meio da ação e da interpretação de situações que exigem decisões, justificativas e

generalizações (Moreira, 2002).

Esses esquemas são compostos por invariantes operatórios, que incluem os conceitos-em-ação, ou seja, as noções que o sujeito considera pertinentes para interpretar a situação, e os teoremas-em-ação, que funcionam como proposições implícitas do tipo “se..., então...” (Pantoja, 2023). A análise dos esquemas utilizados pelos estudantes busca identificar esses invariantes com base no que foi feito ou dito diante das situações-problema, sem exigir explicitações formais completas (Vergnaud 2009).

Além de identificar os conceitos mobilizados, observar e analisar a forma como o estudante manifesta o seu conhecimento. A forma operatória diz respeito à ação realizada pelo estudante: acender uma lâmpada, inverter uma fonte, testar uma hipótese, mesmo quando não acompanhada de verbalização.

Já a forma predicativa corresponde à explicitação verbal ou escrita daquilo que o sujeito entende ou acredita compreender (Pantoja, 2023). A presença de uma ou outra forma, ou sua combinação, oferece indícios sobre o grau de elaboração dos esquemas ativados. Por isso, a análise das respostas neste estudo considerou tanto o que os estudantes fizeram quanto o que disseram ao justificar suas ações, com base nesse enquadramento teórico.

2.2 ELETRODINÂMICA

O campo da eletrodinâmica, abordado no Ensino Médio, concentra-se em circuitos simples para introduzir conceitos fundamentais como carga elétrica, diferença de potencial, corrente elétrica, potência elétrica, circuito e curto-circuito (Brasil, 2018). Esses conceitos estruturam as situações-problema desta pesquisa.

A carga elétrica é uma propriedade intrínseca de partículas, responsável por interações elétricas (Hewitt, 2002), com cargas opostas se atraindo e iguais se repelindo (Nussenzveig, 2002). A ideia de “algo passa pelo fio” ou “energia circulando” associa-se à movimentação de cargas.

A diferença de potencial elétrico (tensão) é a energia por unidade de carga de uma fonte, essencial para o deslocamento de cargas (Halliday; Resnick;

Walker, 2016).

Estudantes frequentemente a associam a "Volts" ou "voltagem". A corrente elétrica é o fluxo ordenado de cargas em um condutor fechado, impulsionado pela diferença de potencial, dependendo da continuidade do circuito e da natureza dos materiais. No ensino de Ciências, a corrente é associada a dispositivos visíveis, como lâmpadas, para compreensão empírica (Hewitt, 2002).

A potência elétrica é a taxa de transformação de energia (luz, calor) nos elementos do circuito, percebida no brilho da lâmpada e proporcional à tensão e corrente. A equação

$$P = UI \quad (1)$$

é referência para associar grandezas elétricas ao desempenho de dispositivos (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

O circuito elétrico é o arranjo físico que permite a circulação da corrente, exigindo um circuito fechado e uma fonte de diferença de potencial (Hewitt, 2002). A compreensão de sua estrutura, conexões e função dos componentes é crucial. O curto-circuito ocorre quando a corrente encontra um caminho de baixa resistência, desviando-se e impedindo o funcionamento do dispositivo principal, podendo gerar sobrecargas ou falhas (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Esses conceitos foram integrados às atividades experimentais para favorecer a mobilização de esquemas dos estudantes em situações-problema. A sequência didática, ao propor tarefas que exigem ação e justificção, permitiu a manifestação de conhecimentos prévios em eletrodinâmica. A análise buscou compreender como esses conceitos foram acionados, implícita ou parcialmente, e como se expressaram nas ações e verbalizações dos sujeitos ao longo da proposta.

3 METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido em uma escola pública de Mato Grosso do Sul,

envolvendo 54 estudantes (15-19 anos) de duas turmas do segundo ano do Ensino Médio. As atividades ocorreram em aulas de Física, com 50 minutos por encontro.

A proposta investigou conhecimentos prévios em eletrodinâmica em três etapas: 1) resposta a uma situação-problema aberta; 2) atividade experimental com baterias, fios e lâmpadas (figura 1), permitindo exploração livre com orientações pontuais; 3) questionário final com questões baseadas em situações similares para ampliar a manifestação de esquemas.

Figura 1: Aparato experimental - circuitos elétricos



Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

Esta atividade experimental integrou uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), estruturada por Moreira (2011) com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O foco da pesquisa foi a etapa inicial da UEPS, investigando conhecimentos prévios e estimulando a explicitação de esquemas e invariantes operatórios em eletrodinâmica.

A primeira situação-problema, contextualizada, buscou mobilizar conhecimentos prévios sobre eletrodinâmica, questionando a função da bateria em um circuito simples:

“Você está investigando o funcionamento de um brinquedo eletrônico que é alimentado por uma bateria. Ao desmontar o brinquedo, você percebe que é um circuito elétrico simples composto por uma lâmpada e uma bateria, a partir disso, surge a seguinte pergunta: Qual a função da bateria nesse circuito

elétrico?”

O objetivo era favorecer a explicitação de conceitos e identificar esquemas antes da atividade experimental. Após a resolução individual, os estudantes, em duplas, realizaram a atividade experimental. Em seguida, responderam individualmente a um questionário de quatro situações (Quadro 1), variações da situação-problema inicial.

As perguntas visavam retomar conceitos mobilizados e ampliar a manifestação de esquemas, permitindo observar se os conhecimentos foram expressos predominantemente em forma operatória ou predicativa.

Quadro 1 - Questionário final: situações-problema para análise dos conhecimentos prévios

Questionário
Questão 1: Descreva o que acontece com o funcionamento da lâmpada ao remover a bateria do circuito. Justifique sua resposta com base no funcionamento do circuito elétrico simples.
Questão 2: Qual a diferença de brilho da lâmpada quando utilizamos duas baterias? Além do brilho, outros fenômenos se alteram?
Questão 3: Ao inverter os polos da bateria conectada ao circuito, o que ocorre com o funcionamento da lâmpada? Há alguma mudança perceptível no brilho ou no comportamento do circuito? Justifique sua resposta.
Questão 4: É possível utilizar diferentes tipos de baterias no circuito elétrico? Em caso afirmativo, como o desempenho da lâmpada pode ser afetado por essas variações? Justifique sua resposta.

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

Neste estudo, a atividade experimental foi concebida como estratégia didática para favorecer a manifestação dos conhecimentos prévios dos estudantes, atuando como organizador prévio. A liberdade de investigação em ações práticas visou mobilizar esquemas cognitivos existentes. A posterior retomada dos conceitos via questionário ampliou e explicitou essas manifestações, permitindo identificar as formas operatória e predicativa do conhecimento.

A análise dos dados da situação-problema e do questionário será conduzida pela Teoria dos Campos Conceituais, focando em conceito-em-ação e teorema-em-ação. Para anonimato, os nomes dos participantes foram substituídos por códigos alfanuméricos (E1, E2, E3, etc.).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Este estudo analisou a mobilização de conhecimentos prévios em eletrodinâmica por estudantes do Ensino Médio, via interação com circuitos elétricos simples. Baseado na Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1993; 2009; 2017), identificou-se esquemas cognitivos ativados por invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação).

A metodologia empregou análise focada em regras de ação “se..., então...”, que expressam regularidades inferidas nas justificativas dos estudantes (Delgado; Calheiro; Gonçalves, 2024). Distinguiu-se conhecimento operatório (ação) e predicativo (verbalização/escrita).

Dados foram divididos em dois blocos: situação-problema inicial (pré-atividade experimental) e respostas ao questionário final. Respostas agrupadas por semelhança semântica formaram conjuntos interpretativos de níveis de elaboração conceitual. Cada grupo foi analisado quanto ao invariante operatório, regras condicionais e forma predominante de manifestação do conhecimento.

A situação-problema inicial buscou mobilizar conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos, solicitando a função da bateria em um circuito lâmpada-fonte. A análise das respostas revelou esquemas de interpretação, baseados em regras condicionais e na natureza conceitual das justificativas. Enunciados foram agrupados por regularidades conceituais (conceito-em-ação), estruturais (teorema-em-ação) e pela forma (operatória, predicativa ou ambas).

O Quadro 2 apresenta a organização das respostas, os conceitos mobilizados e a frequência de ocorrência em cada grupo.

Quadro 2 - Análise das respostas da situação-problema inicial

Situação-problema: Você está investigando o funcionamento de um brinquedo eletrônico que é alimentado por uma bateria. Ao desmontar o brinquedo, você percebe que é um circuito elétrico simples composto por uma lâmpada e uma bateria, a partir disso surge a seguinte pergunta: Qual a função da bateria nesse circuito elétrico?				
Grupo	Conceito-em-Ação	Teorema-em-Ação	Forma	Frequência
1.1	Acionamento do circuito ou funcionamento do dispositivo	Se a fonte de energia (bateria) está conectada, então o circuito funciona e o dispositivo liga.	Predicativa	8
1.2	Fornecimento de energia	Se a bateria está no circuito, então ela fornece energia	Predicativa	26

		para o funcionamento dos componentes.		
1.3	Fornecimento de carga elétrica	Se a bateria está no circuito, então ela fornece carga elétrica ao circuito e seus componentes	Ambas	9
1.4	Geração de corrente elétrica	Se a bateria é conectada, então ela fornece corrente elétrica ao circuito e componentes.	Ambas	8
1.5	Não se aplica	Não se aplica	Indefinida	3

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

A análise da compreensão estudantil sobre a função da bateria em circuitos elétricos revelou distintos níveis de mobilização de conhecimentos prévios, categorizados em grupos com base na Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1993; 2009; 2017).

O Grupo 1.1 associou o funcionamento do circuito ao acionamento da bateria "*Se a bateria está conectada, então o brinquedo funciona*", com exemplos como "*Ligar a lâmpada*" (E10) e "*Ela serve para ligar esse brinquedo*" (E25), indicando a bateria como condição para operação. A forma predicativa (E25) verbaliza essa causa-efeito (Vergnaud, 2009; Pantoja, 2021).

O Grupo 1.2, o mais frequente (26 ocorrências), identificou a bateria como fonte de energia "*Se a bateria está no circuito, então ela fornece energia*", com exemplos como "*Serve como fonte de energia para acender a lâmpada*" (E4) e "*Ligar a lâmpada com a sua energia armazenada*" (E20). Predominou a forma predicativa causal, aproximando-se do conceito científico sem especificar o tipo de energia (Pantoja, 2023; Vergnaud, 2009).

O Grupo 1.3 associou a bateria à carga elétrica "*Se a bateria está no circuito, então ela fornece carga elétrica*", como em "*A bateria dá carga ao circuito*" (E8) e "*Dar carga para ligar as coisas*" (E23). Embora não totalmente correta, essa noção mais específica demonstra avanço conceitual, com a forma predicativa gradualmente se transformando em operatória (Vergnaud, 2009, 2012).

O Grupo 1.4 demonstrou um esquema mais elaborado, ligando a bateria à corrente elétrica "*Se a bateria é conectada, então ela fornece corrente elétrica*", exemplificado por "*A bateria faz ele funcionar, ela fornece eletricidade*" (E6) e

"Ligar a lâmpada, passa a corrente elétrica" (E30). Essa articulação causa-efeito, com termos eletrodinâmicos, indica compreensão do fluxo de corrente, consolidando formas operatória e predicativa alinhadas aos conceitos científicos (Vergnaud, 1993).

Por fim, o Grupo 1.5 apresentou respostas desconectadas, sem esquema operatório coerente, como "*Quando você conecta dá um pequeno circuito elétrico*" (E1) e "*Produzir um circuito elétrico*" (E6). Teoremas-em-ação imprecisos impediram a identificação de conceitos-em-ação estáveis, restringindo a compreensão à observação isolada, sem elaboração conceitual (Vergnaud, 1993).

A análise geral revelou níveis variados de compreensão: Grupos 1.1 e 1.5 exibiram esquemas frágeis, sem invariantes operatórios relevantes e formas predicativas descritivas/indefinidas (De Carvalho; Gomes, 2022). Grupos 1.2 e 1.3 acionaram conceitos de energia e carga, com invariantes incipientes. O Grupo 1.4 foi o único a estruturar uma explicação baseada na corrente elétrica, aproximando-se do domínio conceitual. O predomínio do Grupo 1.2 sugere que a ideia de "energia" como explicação pode derivar do senso comum (Andrade; *et al.*, 2018).

Após a situação-problema inicial, os estudantes exploraram livremente um aparato experimental, com sugestões pontuais como inverter polaridade ou usar duas fontes.

Concluída essa atividade investigativa, cada dupla respondeu a um questionário composto por novas situações. A seguir, apresenta-se a análise das respostas obtidas a partir dessa segunda etapa da proposta didática. O Quadro 3, apresenta a questão 1.

Quadro 3 - Análise das respostas mobilizadas pelos estudantes na Questão 1.

Questão 1: Descreva o que acontece com o funcionamento da lâmpada ao remover a bateria do circuito. Justifique sua resposta com base no funcionamento do circuito elétrico simples.				
Grupo	Conceito-em-ação	Teorema-em-ação	Forma	Frequência
1.1	Acionamento e funcionamento do circuito	Se a bateria é removida, então a lâmpada se apaga porque o circuito é interrompido.	Predicativa	4
1.2	Fonte de energia	Se a bateria é removida, então a fonte de energia deixa de <i>estar presente</i> e a lâmpada não acende.	Predicativa	39
1.3	Fornecimento de carga elétrica	Se a bateria é removida, então não há carga elétrica suficiente para acender a lâmpada.	Ambas	4
1.4	Interrupção da corrente elétrica	Se a bateria é removida, então não há corrente elétrica no circuito e a lâmpada se apaga.	Operatório	3
1.5	Não se aplica	Não se aplica.	Indefinido	4

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

A análise das respostas revelou distintos níveis de raciocínio sobre o funcionamento do circuito após a remoção da bateria:

O Grupo 1.1 demonstrou raciocínio descritivo, focado no efeito visível do desligamento da lâmpada. O teorema-em-ação "*Se a bateria é removida, então a lâmpada se apaga porque o circuito é interrompido*" é exemplificado por "*Quando a bateria é removida, a lâmpada para de funcionar*" (E44) e "*Não, porque a bateria foi removida*" (E44). Esta estrutura básica, com forma predicativa observacional e ausência de forma operatória, reflete um estágio inicial de desenvolvimento de esquemas (Grings, Caballero e Moreira, 2006; Vergnaud, 1993, 2009).

O Grupo 1.2, o mais numeroso (39 ocorrências), explicou o apagamento da lâmpada pelo conceito de fonte de energia. A regra "*Se a bateria é removida, então a fonte de energia deixa de estar presente e a lâmpada não acende.*" é ilustrada por "*A lâmpada desliga porque não tem energia*" (E52) e "*Não, pois não tem fonte de energia para o funcionamento*" (E47). Embora o termo "*energia*" seja comum, sua amplitude dificulta a precisão conceitual (Barbosa; Borges, 2006). Caracteriza-se como forma predicativa causal genérica, com invariante operatório incipiente, indicando estágio intermediário de esquematização (Vergnaud, 2009).

O Grupo 1.3 utilizou o conceito de carga elétrica para justificar a interrupção do circuito, com o teorema-em-ação: "*Se a bateria é removida, então não há carga elétrica suficiente para acender a lâmpada*". Expressões como "*Não tem carga necessária para acender a lâmpada*" (E41) e "*Não, porque não tem carga o bastante para acender a lâmpada*" (E33) indicam esforço de explicitação conceitual. Há indício de forma operatória em construção, articulada a uma forma predicativa com conhecimento prévio, sugerindo tentativa de elaboração causal, ainda que instável (Vergnaud, 1993, 2009).

O Grupo 1.4 articulou explicitamente o conceito de corrente elétrica ao funcionamento da lâmpada, via teorema-em-ação: "*Se a bateria é removida, então não há corrente elétrica no circuito e a lâmpada se apaga*". Afirmativas como "*A lâmpada se apaga porque não há corrente elétrica*" (E18) e "*Não, pois sem eletricidade, não acende*" (E27) demonstram organização cognitiva próxima aos modelos cientificamente corretos. A presença de forma operatória estruturada e predicativa causal adequada indica avanço na elaboração conceitual (Vergnaud, 2009; Moreira, 2002).

Finalmente, o Grupo 1.5 apresentou ausência de esquemas conceituais consistentes. Frases como "*Não, pois não tem onde tirar força para ligar a lâmpada*" (E30) revelam explicações vagas, com termos imprecisos e estrutura predicativa indefinida. Não há forma operatória identificável ou predicação conceitual clara, permanecendo no nível da intuição informal, marcado por senso comum ou dificuldades de expressão (Pantoja, 2020; Vergnaud, 2009).

A análise geral aponta níveis variados de apropriação conceitual: Grupos 1.1 e 1.5 operam com forma predicativa descritiva, sem mobilização significativa de invariantes operatórios (De Carvalho; Gomes, 2022). O Grupo 1.2, embora numericamente predominante, baseia-se em um conceito amplo de energia, com invariantes operatórios pouco desenvolvidos. Grupos 1.3 e 1.4 evidenciam avanços em formas operatórias e predicações mais próximas da conceitualização científica, com o Grupo 1.4 destacando-se pela integração correta do conceito de corrente elétrica. Esses resultados reforçam a função diagnóstica da atividade e a importância de intervenções pedagógicas para transição da predicação

empírica para o domínio de esquemas conceituais integrados (Vergnaud, 1993, 2009; Moreira, 2002).

Quadro 4 - Análise das respostas mobilizadas pelos estudantes na Questão 2.

Questão 2: Qual a diferença de brilho da lâmpada quando utilizamos duas baterias? Além do brilho outros fenômenos se alteram?				
Grupo	Conceito-em-ação	Teorema-em-ação	Forma	Frequência
1.1	Aumento do brilho da lâmpada	Se duas baterias são conectadas, então a lâmpada brilha com mais intensidade.	Predicativa	29
1.2	Energia	Se há duas baterias, então a energia fornecida ao circuito é maior, intensificando o brilho.	Ambas	14
1.3	Corrente elétrica	Se a tensão do circuito aumenta com duas baterias, então a corrente elétrica também aumenta.	Operatória	1
1.4	Efeitos secundários observados	Se duas baterias são utilizadas, então outros fenômenos podem ocorrer, como piscadas ou alteração de polaridade.	Predicativa	5
1.5	Ausência de alteração ou resposta inconsistente	Não se aplica.	Indefinida	5

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

A análise das respostas sobre o efeito de duas baterias no circuito revelou diferentes níveis de compreensão:

O Grupo 1.1, o maior, associou o aumento do brilho da lâmpada ao uso de duas baterias. O teorema-em-ação "*Se duas baterias são conectadas, então a lâmpada brilha com mais intensidade*" é exemplificado por "*O brilho fica mais forte porque está conectado duas baterias*" (E1) e "*A luz fica mais forte*" (E3). Este raciocínio empírico, baseado na observação, demonstra uma compreensão básica do efeito da variação da fonte de alimentação, permanecendo no nível descritivo (Vergnaud, 2017). A forma operatória é evidente na observação direta do fenômeno, com pouca explicitação causal.

O Grupo 1.2 avançou para uma compreensão mais estruturada, mobilizando o conceito de energia fornecida. O teorema-em-ação "*Se há duas baterias, então a energia fornecida ao circuito é maior, intensificando o brilho*" é ilustrado por "*a energia no circuito aumenta e a lâmpada ganha mais*

intensidade" (E15) e *"a energia mandada por duas pilhas logicamente é maior"* (E22). Embora não usem termos como tensão ou corrente, as respostas articulam causa e efeito entre a fonte de energia e a intensidade luminosa. Predomina a forma predicativa, com um esforço em articular verbalmente a relação causa-efeito.

O Grupo 1.3, com apenas uma resposta (E39), explicitou o aumento da corrente elétrica: *"A diferença é que aumenta a intensidade e a corrente aumenta"* O teorema-em-ação *"Se a tensão do circuito aumenta com duas baterias, então a corrente elétrica também aumenta"* demonstra a mobilização de um conceito científico mais específico, indicando o início de um domínio conceitual elaborado (Sestari, 2021) e a capacidade de integrar observação e conhecimento teórico. Esta resposta traz a forma operatória em evidência, articulada a uma forma predicativa mais precisa.

O Grupo 1.4 focou em efeitos secundários, como piscadas ou falhas de polaridade. O teorema-em-ação *"Se duas baterias são utilizadas, então outros fenômenos podem ocorrer, como piscadas ou alteração de polaridade"* é visto em *"a luz fica bem mais intensa e em alguns casos dão uma leve piscada"* (E13) e *"se colocar errado pode apagar"* (E29). Essas respostas mostram atenção a aspectos não evidentes para a maioria, embora sem articulação precisa com conceitos científicos. A forma predicativa é observável nas articulações das respostas escritas (Vergnaud, 2007), demonstrando sensibilidade a aspectos não evidenciados pela maioria.

Por fim, o Grupo 1.5 apresentou respostas inconsistentes ou vagas, sem conceito-em-ação claro ou raciocínio fundamentado. Exemplos como *"aumenta o brilho. Não, não sei"* (E50) ou *"continua do mesmo jeito se altera duas filhas"* (E53) revelam incertezas ou dificuldades de expressão, impedindo a inferência de esquemas operatórios e associadas a lacunas conceituais ou falta de engajamento (De Carvalho; Gomes, 2022). Não há forma operatória identificável ou predicação conceitual clara, permanecendo no nível da intuição informal.

A análise geral (Quadro 4) evidencia que, apesar da maioria perceber o aumento do brilho, poucos justificam com conceitos físicos. A progressão conceitual de 1.1 a 1.3 sugere construção gradual de esquemas, enquanto 1.4 e

1.5 indicam observações marginais ou respostas incipientes. A singularidade do Grupo 1.3 ressalta a necessidade de intervenções pedagógicas para explicitar conceitos de tensão e corrente elétrica. Os grupos 1.1 e 1.5 operam com formas predominantemente operatórias ou sem formas claras, com pouca explicitação causal. O grupo 1.2 e 1.4 demonstram formas predicativas mais desenvolvidas, enquanto o grupo 1.3 articula ambas as formas, indicando um avanço na elaboração conceitual.

A terceira questão (Quadro 5) investiga os efeitos da inversão dos polos da bateria, buscando identificar esquemas sobre simetria, polaridade e intensidade luminosa, focando na variação do sistema frente a uma intervenção direta.

Quadro 5 - Análise das respostas mobilizadas pelos estudantes na Questão 3.

Questão 3: Ao inverter os polos da bateria conectada ao circuito, o que ocorre com o funcionamento da lâmpada? Há alguma mudança perceptível no brilho ou no comportamento do circuito? Justifique sua resposta				
Grupo	Conceito-em-ação	Teorema-em-ação	Formas	Frequência
1.1	Alteração da intensidade luminosa da lâmpada	Se os polos da bateria forem invertidos, então o brilho da lâmpada se altera.	Operatória	29
1.2	O brilho permanece o mesmo	Se os polos da bateria forem invertidos, então o brilho da lâmpada permanecerá inalterado.	Predicativa	15
1.3	Interrupção do funcionamento devido à inversão de uma bateria	Se apenas uma das pilhas for invertida, então a lâmpada deixará de acender.	Ambas	5
1.4	Não se aplica	Não se aplica	Indefinida	5

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

A análise da inversão de polos da bateria revelou diferentes percepções sobre a intensidade luminosa da lâmpada:

O Grupo 1.1 percebeu alteração na intensidade luminosa. O teorema-em-ação "*Se os polos da bateria forem invertidos, então o brilho da lâmpada se altera*" é exemplificado por "*Sim, de maneira que a intensidade diminui*" (E35) e "*Sim, a lâmpada fica um pouco mais forte*" (E36). As respostas, predominantemente operatórias, indicam um raciocínio funcional baseado na observação, sem modelo conceitual sistematizado.

O Grupo 1.2 afirmou que a inversão não altera o circuito. O teorema-em-ação "*Se os polos forem invertidos, então o brilho permanecerá o mesmo*" é sustentado por "*Quando a polaridade é invertida, a lâmpada continua acesa com a mesma intensidade*" (E4) e "*Não, fica do mesmo jeito*" (E2). As respostas, predominantemente predicativas, revelam um discurso articulado e um esquema estável sobre o comportamento elétrico em sistemas simples.

O Grupo 1.3 sugeriu que a inversão parcial (uma pilha) pode interromper o circuito. O teorema-em-ação "*Se apenas uma das pilhas for invertida, então a lâmpada deixa de acender*" é exemplificado por "*Quando deixamos negativo com negativo a luz apaga, e positivo com negativo ela fica ligada mais forte*" (E26) e "*Se for uma bateria ela continua ligada, se for duas pode apagar se não colocar positivo e negativo certo*" (E29). As respostas articulam formas operatória e predicativa, com tentativas de explicitação causal, indicando um esquema parcialmente estruturado.

As respostas classificadas como "Não se aplica" não apresentaram estrutura explicativa ou não responderam à situação-problema. Frases como "*A luz da lâmpada se alterna, variando sua posição*" (E8) ou a ausência de resposta (E46) impediram a identificação de conceitos-em-ação ou teoremas-em-ação, sem formas operatórias ou predicativas coerentes.

A questão revelou níveis distintos de compreensão da polaridade. O Grupo 1.1 operou por observação direta (predominantemente operatória). O Grupo 1.2 verbalizou uma justificativa estável (forma predicativa clara). O Grupo 1.3 apresentou a resposta mais articulada, combinando observação e justificativas de polaridade (formas operatória e predicativa combinadas). O Grupo 1.4 não forneceu elementos para indicar esquemas conceituais. A combinação de ação e discurso indica esquemas em consolidação (Vergnaud, 1993; Moreira, 2002).

A quarta questão (Quadro 6) propõe a reflexão sobre o uso de diferentes tipos de bateria e seu impacto no desempenho da lâmpada, visando identificar esquemas sobre grandezas da eletrodinâmica e níveis de generalização conceitual.

Quadro 6 -Análise das respostas mobilizadas pelos estudantes na Questão 4.

Questão 4: É possível utilizar diferentes tipos de baterias no circuito elétrico? Em caso afirmativo, como o desempenho da lâmpada pode ser afetado por essas variações? Justifique sua resposta				
Grupo	Conceito-em-ação	Teorema-em-ação	Formas	Frequência
1.1	Energia	Se a bateria fornecer diferentes níveis de energia, então o desempenho da lâmpada mudará.	Predicativa	14
1.2	Potencia elétrica	Se a bateria apresentar diferentes potências, então a intensidade luminosa da lâmpada será alterada.	Predicativa	1
1.3	Carga elétrica	Se a bateria variar a carga elétrica, então a lâmpada acenderá com mais ou menos intensidade.	Ambas	6
1.4	Corrente elétrica	Se houver passagem de corrente elétrica, então a lâmpada funcionará normalmente.	Predicativa	1
1.5	Tensão elétrica	Se a voltagem da bateria variar, então o desempenho da lâmpada será afetado.	Predicativa	12
1.6	Não se aplica	Não se aplica	Indefinida	20

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

A análise da variação de tipos de bateria revelou diferentes esquemas conceituais:

O Grupo 1.1 mobilizou o conceito de energia, com o teorema-em-ação "*Se a bateria fornecer diferentes níveis de energia, então o desempenho da lâmpada mudará*". Exemplos como "*O desempenho da lâmpada é alterado de acordo com a capacidade de energia*" (E4) e "*Sim, pois depositou mais energia, ela cada vez ganhará mais brilho*" (31) indicam explicação causal predominantemente predicativa, apontando para esquemas em transição.

O Grupo 1.2 acionou o conceito de potência elétrica, com o teorema-em-ação "*Se a bateria apresentar diferentes potências, então a intensidade luminosa será alterada*". A resposta "*É possível sim, é afetado, pois muda a potência*" (E44) demonstra uso causal do vocabulário técnico, com predicação explicativa clara, indicando aproximação com o modelo científico.

O Grupo 1.3 associou o desempenho da lâmpada à carga elétrica da bateria, com o teorema-em-ação "*Se a carga variar, então a lâmpada acenderá com mais ou menos intensidade*". Respostas como "*É possível, a lâmpada pode ficar mais forte porque a bateria está com mais carga*" (E10) e "*Cargas mais altas*"

podem queimar lâmpadas menores" (E41) indicam relações causais baseadas na experiência prática, com articulação entre forma operatória e predicativa, sugerindo esquemas em consolidação (Moreira, 2002).

O Grupo 1.4 mobilizou o conceito de corrente elétrica, com o teorema-em-ação *"Se houver passagem de corrente elétrica, então a lâmpada funcionará normalmente"*. A resposta *"Sim, com tanto que ocorra a passagem de corrente elétrica"* (E35) articula uma proposição explicativa predicativa, mostrando articulação entre conceito e causalidade.

O Grupo 1.5 associou a variação de desempenho à diferença de tensão elétrica, com o teorema-em-ação *"Se a voltagem da bateria variar, então o desempenho da lâmpada será afetado"*. Exemplos como *"Depende do tanto de volts"* (E33) e *"Depende da voltagem"* (E42) indicam familiaridade com o vocabulário técnico, com forma predicativa concisa e indícios de esquema funcional verbalizável.

O Grupo 1.6 apresentou respostas vagas ou inconsistentes, como *"Acho que sim"* (E2) e *"Seria afetada dependendo da marca usada"* (E6), sem conceitos-em-ação ou teoremas-em-ação claros, revelando ausência de esquemas cognitivos consistentes (Grings, Caballero e Moreira, 2006).

A análise geral evidencia diferentes formas de organização conceitual. Grupos 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5 apresentaram formas predicativas com justificativas discursivas variadas. O Grupo 1.3 destacou-se pela articulação de explicações causais e observações práticas (forma operatória e predicativa), indicando avanço qualitativo. O Grupo 1.4, embora sintético, demonstrou predicação mínima. O Grupo 1.6 não mobilizou formas de resposta relevantes (Vergnaud, 1993; Moreira, 2002).

Os dados revelaram que os estudantes mobilizam conhecimentos sobre eletrodinâmica, variando entre descrições empíricas, senso comum e explicações conceituais. As formas operatórias e predicativas indicaram diferentes níveis de apropriação conceitual. A Teoria dos Campos Conceituais permitiu interpretar as verbalizações como manifestações de invariantes operatórios (Vergnaud, 1993), com teoremas-em-ação e conceitos-em-ação (Vergnaud, 1990; Moreira, 2002) apontando para a emergência de esquemas.

Os resultados reforçam a importância da mediação docente para estimular a verbalização e a reconstrução de explicações (Moreira, 2011; Grings, Caballero; Moreira, 2006). As atividades investigativas da UEPS favoreceram a mobilização de esquemas operatórios, funcionando como transição entre saber cotidiano e modelos científicos. Este capítulo contribui para o planejamento pedagógico, reiterando que a aprendizagem envolve reorganização cognitiva não linear, com a explicitação de teoremas e conceitos-em-ação como indicadores da construção significativa do conhecimento em física.

5 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a mobilização de conceitos de eletrodinâmica por estudantes do Ensino Médio via UEPS, baseada na Teoria dos Campos Conceituais. A análise revelou diversas formas de organização conceitual, incluindo esquemas em construção e estruturas operatórias/predicativas articuladas à resolução de problemas.

Atividades experimentais contextualizadas identificaram teoremas-em-ação e conceitos-em-ação com distintos níveis de elaboração. Observou-se a coexistência de respostas empíricas e proposições abstratas, indicando que a mediação docente e a estrutura da UEPS favorecem o desenvolvimento de esquemas consistentes.

Os dados sugerem que práticas didáticas baseadas em atividades investigativas e análise teórica contribuem para a construção de significados conceituais e fortalecimento da compreensão física. A articulação entre ação e linguagem (formas operatórias e predicativas) é um indicador crucial do avanço na aprendizagem, reforçando a importância da integração entre fazer e compreender no ensino de Ciências.

Como continuidade, parte dos resultados já foi aprovada para publicação, e um segundo manuscrito aguarda avaliação. Esses desdobramentos visam ampliar as contribuições da pesquisa para a educação em Ciências, aprofundando a compreensão sobre a significação no ensino de eletromagnetismo mediado por experimentação e situações-problema.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Francisco Andreázio Lôbo; BARBOSA, Geovani Ferreira; SILVEIRA, Fernando Lang da; SANTOS, Carlos Alberto dos. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 2018, 40: e3406. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/ZVFxLsZmrLRRSRvXjcFYHkN/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 01 de Out. de 2025

BARBOSA, João Paulino Vale; BORGES, Antonio Tarciso. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2006, 23.2: 182-217. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6275/12765> Acesso em: 01 de Out. de 2025

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC/SEB, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 1 out. 2025.

BRUM, Wanderley Pivatto; DA SILVA, Sani de Carvalho Rutz. Os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto referencial para o planejamento de aulas de matemática: Análise de uma atividade para o estudo de geometria esférica. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, 2014, 9.1: 43-57. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2014v9n1p43> Acesso em: 01 de Out. de 2025

DE CARVALHO, Bianca Cintra; GOMES, Luciano Carvalhais. Um estudo dos invariantes operatórios mobilizados por estudantes da terceira série do Ensino Médio sobre o efeito fotoelétrico. **Ensino & Pesquisa**, 2022, 20.1. Disponível em: Acesso em: 01 de Out. de 2025

DELGADO, Patrick Luiz Guevara; CALHEIRO, Lisiane Barcellos; GONÇALVES, Além-Mar Bernardes. O Arduino como recurso tecnológico para explicitação de invariantes operatórios relacionados à Teoria da Relatividade. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, 2024, 10.jan./dez.: e231624-e231624. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/2316> Acesso em: 01 de Out. de 2025

GRINGS, Edi T. de Oliveira, CABALLERO, Concesa., MOREIRA, Marco Antonio. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, p. 463-471, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/6YfQSFwm7WvtnXtq85MjJfG/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 01 de Out. de 2025

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7–29, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/6YfQSFwm7WvtnXtq85MjJfG/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 01 de Out. de 2025

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2009.

MOREIRA, Marco Antônio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf Acesso em: 01 de Out. de 2025

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 3. ed. São Paulo: Centauro, 2011.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – Volume 3: Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, Paul. G. **Física Conceitual**. 10. ed. São Paulo: Bookman, 2002.

HOLZ, Sheila Magali. **Atividades práticas de física e motivação: uma abordagem didático-pedagógica**. Tese (Doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021. Disponível em: Acesso em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/22606> 01 de Out. de 2025

NUSSENZVEIG, Moyses. **Curso de Física Básica – Volume 3: Eletromagnetismo**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, Vagner; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 42: e20200043, 2020. Disponível em: Acesso em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/SXTGFfNMNRywc6z9QTWSTpj/?format=html&lang=pt> 04 de Ago. de 2025

PANTOJA, Glauco Cohen. Campos Conceituais e Indução Eletromagnética: classificação de problemas em Eletrodinâmica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021, e24370-33. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/24370> Acesso em: 01 de Out. de 2025

PANTOJA, Glauco Cohen Ferreira. O Conceito De Representação Na Perspectiva Da Teoria Dos Campos Conceituais De Vergnaud. **Investigações Em Ensino De Ciências**, 2023, 28.3: 01-23. Disponível em:

<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/download/3217/873/9173> Acesso em: 01 de Out. de 2025.

SESTARI, Fabiane Beatriz. Integração de UEPS e projetos experimentais de aprendizagem no ensino de física no contexto do ensino médio integrado. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23402?show=full> Acesso em: 5 Ago. 2024.

SOUZA, Ericarla de Jesus; AMANTES, Amanda. Analisando o entendimento de estudantes do terceiro ano do Ensino Médio sobre circuitos e corrente elétrica: um estudo exploratório. **RECH – Revista de Ensino de Ciências e Humanidades**, v. 9, n. 2, 2024. Disponível em:

<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/rech/article/view/16006>. Acesso em: 12 jul. 2025.

VERGNAUD, Gérard. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990. Disponível em: http://www.numdam.org/item/PSMIR_1989__S6_47_0.pdf. Acesso em: 5 Ago. 2024.

VERGNAUD, Gérard. **Structures conceptuelles et activités mentales**. In: PERRENOUD, Philippe et al. (dir.). Les compétences au cœur de l'enseignement. Bruxelles: De Boeck, 1993. p. 177–196.

VERGNAUD, Gérard. ¿ En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo?. **Investigações em ensino de ciências**, 2007, 12.2: 285-302. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/475> Acesso em: 01 de Out. de 2025

VERGNAUD, Gérard. **Cognição e desenvolvimento: conceitos, esquemas de ação e campos conceituais**. Tradução de Francisco Varela. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VERGNAUD, G. Forme opératoire et forme prédictive de la connaissance. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 287-304, 2012. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/187> Acesso em: 01 de Out. de 2025

VERGNAUD, Gérard. **Teoria dos Campos Conceituais e Educação**. In: MACHADO, Nara Fernanda Barbosa; BAUER, Adriana Aparecida (org.). As teorias de aprendizagem na prática docente. Curitiba: CRV, 2017. p. 45–66.