



Uma abordagem interdisciplinar aos processos de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica

- An Interdisciplinary Approach to the Process of Production, Transmission, and Distribution of Electric Energy
- Un enfoque interdisciplinario de los procesos de producción, transmisión y distribución de electricidad



Forma de citar este artigo

Costa Silva, N. T., da Silva Rosa, P. R. e Guimarães Errobidart, N. C. (2026). Uma abordagem interdisciplinar aos processos de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (59), 88 - 109. <https://doi.org/10.17227/ted.num59-22176>

Resumo

A compartimentalização do currículo escolar tem, como um de seus efeitos, a falta de preparação dos estudantes para a abordagem de problemas que exigem a contribuição de diferentes disciplinas para sua solução. A questão é como desenvolver atividades interdisciplinares na escola respeitando suas características, tais como o tempo e os materiais disponíveis. Neste trabalho, descrevemos uma pesquisa de natureza empírica e qualitativa que investigou a efetividade de uma Sequência de Ensino Interdisciplinar para a construção de uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar em torno dos processos de produção, de transmissão e de distribuição de energia elétrica, planejada para ser executada no tempo de sala de aula, a partir da proposta Gérard Fourez e da Teoria Histórico-Cultural, utilizando como suporte Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. A pesquisa foi desenvolvida com 43 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. Os dados construídos a partir da análise de Mapas Mentais, elaborados colaborativamente pelos estudantes nos apontam que a Sequência de Ensino Interdisciplinar foi efetiva para levar os estudantes a construir uma representação interdisciplinar sobre a temática proposta, respeitadas as particularidades da escola e que incorpora conhecimentos curriculares.

Naltylene Teixeira Costa Silva*  

Paulo Ricardo da Silva Rosa**  

Nádia Cristina Guimarães Errobidart***  

* Doutora em Ensino de Ciências, professora da rede pública do Estado de Pernambuco, Brasil. naltylene_costa@ufms.br

** Doutor em Ciências, Professor Titular aposentado da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, paulo.rosa@ufms.br

*** Doutora em Educação, Professora Adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, nadia.guimaraes@ufms.br

Artigo de pesquisa

Data de recebimento: 26/09/2024
Data de aprovação: 01/12/2025
Data de publicação: 01/01/2026



Palavras-chave

sequência de ensino interdisciplinar; metodologia interdisciplinar; circuitos elétricos simples; ilha de racionalidade interdisciplinar

Abstract

One of the consequences of compartmentalizing the school curriculum is that students are unprepared to approach problems that require the contributions of different disciplines to solve them. The question is how to develop interdisciplinary activities in schools while respecting the specific characteristics of schools, such as available time and materials. In this paper, we describe an empirical, qualitative study that investigated the effectiveness of an Interdisciplinary Teaching Sequence for constructing an Island of Interdisciplinary Rationality around the processes of production, transmission, and distribution of electrical energy, designed to be implemented during classroom time. The study was designed based on Gérard Fourez's proposal and Historical-Cultural Theory, supported by Digital Information and Communication Technologies. The study was conducted with 43 third-year high school students at a public school. The data constructed from the analysis of Mental Maps, collaboratively prepared by the students, indicate that the Interdisciplinary Teaching Sequence was effective in leading students to build an interdisciplinary representation on the proposed theme, respecting the particularities of the school and with curricular knowledge.

Keywords

interdisciplinary teaching sequence; interdisciplinary methodology; simple electrical circuits; interdisciplinary rationality island

Resumen

Una de las consecuencias de compartimentar el currículo escolar es que los estudiantes no están preparados para abordar problemas que requieren la contribución de diferentes disciplinas para su solución. La pregunta es cómo desarrollar actividades interdisciplinarias en las escuelas, respetando sus características específicas, como el tiempo y los materiales disponibles. En este artículo, describimos un estudio empírico y cualitativo que investigó la efectividad de una Secuencia de Enseñanza Interdisciplinaria para construir una Isla de Racionalidad Interdisciplinaria en torno a los procesos de producción, transmisión y distribución de energía eléctrica, diseñada para su implementación en el aula. El estudio se diseñó con base en la propuesta de Gérard Fourez y la Teoría Histórico-Cultural, con el apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación Digitales. El estudio se realizó con 43 estudiantes de tercer año de secundaria en una escuela pública. Los datos, obtenidos a partir del análisis de Mapas Mentales, elaborados colaborativamente por los estudiantes, indican que la Secuencia de Enseñanza Interdisciplinaria fue eficaz para guiar a los estudiantes a construir una representación interdisciplinaria sobre el tema propuesto, respetando las particularidades de la escuela y con el conocimiento curricular.

Palabras clave

secuencia de enseñanza interdisciplinaria; metodología interdisciplinaria; circuitos eléctricos simples; isla de racionalidad interdisciplinaria

Introdução

A compartimentalização do ensino em nossas escolas, na forma de disciplinas, tem sido apontada como um dos fatores que impedem os estudantes de desenvolver uma visão global de seus problemas cotidianos. Uma das razões para isso é a falta de metodologias validadas, que levem em conta o currículo e a realidade escolar, e que permitam a construção de uma representação de situações complexas que integrem os conhecimentos disciplinares de forma a compor uma totalidade e não um simples amálgama. A essa representação chamamos de Ilha de Racionalidade Interdisciplinar – IRI (Fourez, 1997a).

As disciplinas escolares não são versões simplificadas das disciplinas de referência, mas o resultado de um processo de negociação que acontece no âmbito da sociedade na qual a escola se insere e incorporam, além dos conhecimentos das disciplinas de referência, transpostos para o conhecimento a ser ensinado, aspectos ligados ao que determinado grupo social deseja que seja ensinado nesta instituição (Chervel, 1988; Chevallard, 1991; Errobidart, 2010; Errobidart & Gobara, 2011; Errobidart & Rosa, 2020). Além disso, tanto as disciplinas de referência quanto as disciplinas escolares são modelagens simplificadas do real que, por si só, não dão conta da complexidade do mundo dos estudantes. Às situações que exigem a incorporação de aspectos particulares e a contribuição de diferentes disciplinas, chamamos de situação complexa e os problemas a elas associados de problemas complexos.

Um exemplo de situação complexa, objeto de análise deste trabalho, é como a energia utilizada nas residências dos estudantes é produzida, transmitida e distribuída e os impactos ambientais associados a esse processo. Os estudantes não têm ideia da origem dessa energia, como ela é produzida e distribuída, embora sejam capazes de realizar operações complexas sobre circuitos elétricos idealizados. Por exemplo, os estudantes não sabem que, no ano de 2024, a principal fonte de energia da matriz brasileira era a Hidráulica, com 55,3% do fornecimento, seguida da Eólica, com 14,1%, da Solar, com 9,3% e do Gás Natural, com 6,3%, com outras fontes contribuindo com percentuais inferiores a 5% (Empresa de Pesquisa Energética, 2025).

Para levar os estudantes a construir uma representação interdisciplinar sobre essa situação, nosso trabalho faz uso de ferramentas digitais, em particular a plataforma *Tinkercad*¹, que permite realizar simulações de circuitos elétricos. O Quadro 1, nos traz trabalhos encontrados na literatura que fizeram uso de simuladores ao lidar com a temática circuitos elétricos no Ensino Médio. Um dos aspectos mostrados nesse quadro é a falta de referenciais teóricos que descrevam o desenvolvimento humano. Outro ponto a ser ressaltado, é que em nenhum deles simuladores foram utilizados no papel de especialistas ou abordaram a temática a partir de uma abordagem interdisciplinar.

1 <https://www.tinkercad.com>

Quadro 1.

Artigos que utilizaram TDIC no ensino de eletricidade no Ensino Médio

Autores	Referencial Teórico	Impactos na Aprendizagem
Ülen, Gerlic & Slavinec, 2017	Teoria da Aprendizagem Conceitual.	Eficácia no aprendizado sobre eletricidade mediado por <i>physlet</i> .
Permana <i>et al.</i> , 2019	–	Melhora no aprendizado após a utilização do livro de Física baseado na tecnologia de Realidade Aumentada (AR).
Santos & Dickman, 2019	Não indicam explicitamente, mas sugerem conceitos ausubelianos.	A experimentação, seja ela real ou virtual, é efetiva no aumento da compreensão dos alunos.
Sapriadil, <i>et al.</i> , 2019	–	Melhoria das habilidades de pensamento criativo dos estudantes que utilizaram o modelo do Laboratório Virtual de Pensamento de Ordem Superior (HOTVL) no conceito de circuito elétrico.
Mora <i>et al.</i> , 2021	–	Os autores indicaram que a experiência realizada utilizando simulações tem sido animadora.
Arias, 2021	–	Ao utilizar o Laboratório Virtual (LV) e Laboratório Real (LR) para simular conceitos de eletricidade foi possível tirar a maioria dos alunos de um padrão de respostas aleatórias para uma zona de um modelo de resposta correta.
Ortiz & Denardin, 2021	Teoria das Inteligências Múltiplas	Identificaram manifestações das inteligências espacial, corporal-cinestésica e interpessoal.

Fonte: Silva, Rosa & Errobidart (2023); Silva (2025).

Esses são dois diferenciais do trabalho descrito neste artigo: o uso da Teoria Histórico-Cultural como referencial teórico de aprendizagem e do simulador como um especialista, colaborando para a construção de uma representação interdisciplinar do problema complexo.

Considerando que uma extensa revisão sobre o uso do referencial para atividades interdisciplinares com base na proposta de Gérard Fourez foi publicada recentemente, não faremos aqui esse tipo de revisão, sugerindo ao leitor a leitura de Bodas e Errobidart (2023). Contudo, no meio acadêmico brasileiro, uma revisão da literatura nos mostra que poucos são os trabalhos que usam a teoria de Gérard Fourez como referencial teórico norteador. Em nenhum dos trabalhos analisados, a Teoria Histórico-Cultural foi utilizada em associação com a teoria de Gérard Fourez. Além disso, nestes trabalhos não é analisado o impacto de abordagens interdisciplinares na aprendizagem de conhecimentos curriculares (Silva, 2025).

A pesquisa relatada neste trabalho², parte de uma investigação mais ampla (Silva, 2025), que analisa qual a efetividade de uma Sequência de Ensino

2 Aprovada pelo parecer CAAE: 63723522.8.0000.0021 do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS.

Interdisciplinar (SEI) em levar os estudantes a construir uma IRI em torno dos processos de produção, de transmissão e de distribuição de energia elétrica. A questão que procuramos responder aqui é se a estratégia proposta é efetiva para a construção de uma representação interdisciplinar do problema complexo proposto que evidencie a aprendizagem de conhecimentos curriculares.

Referencial teórico

Interdisciplinaridade

O termo Ilha de Racionalidade Interdisciplinar designa uma representação que integra conhecimentos oriundos de diferentes disciplinas em uma totalidade, incorporando de forma orgânica as relações estabelecidas entre conhecimentos oriundos de pelo menos duas disciplinas (Fourez, 1997, 1997b, 2008; Lenoir, 2015; Fourez, Mathy & Englebert-Lecomte, 2016; Maingain, Dufour & Fourez, 2008; Dameão, Rosa & Errobidart, 2018). Essa representação depende do contexto, de quem a produz, de para quem está sendo construída e do produto que queremos construir. Processo interdisciplinar é aquele que permite a construção dessa representação.

Para que essa representação da situação complexa possa ser construída, um percurso pedagógico é sugerido por Fourez e colaboradores (Maingain, Dufour & Fourez, 2008, p.102-103), composto por cinco etapas: 1) Etapa Preliminar, é o encontro no qual a atividade interdisciplinar vai ser apresentada e negociada com os estudantes. 2) Etapa Clichê, envolve o levantamento dos conceitos cotidianos dos estudantes. 3) Panorama Espontâneo, tem por objetivo realizar uma exploração, guiada por um conjunto de questões, aos conceitos espontâneos elencados na etapa Clichê, procurando definir claramente o que

sabemos com certeza, o que sabemos parcialmente e o que não sabemos e que precisamos saber para compreender a situação complexa. Ao final desta etapa, um conjunto de conhecimentos necessários e não possuídos é listado, as Caixas Pretas. 4) A Abertura das Caixas Pretas consiste na procura em diferentes fontes dos conhecimentos (artigos, livros, etc.) necessários e que não dispomos. É nessa etapa que os conhecimentos disciplinares são buscados. 5) Síntese, consiste na corporificação da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar construída pelo(s) sujeito(s) (um mapa mental, um texto, um vídeo, um esquema, etc.). A etapa da Síntese compreende três momentos: a produção da Síntese, sua validação por especialistas e, caso seja necessário, sua reelaboração.

Uma atividade interdisciplinar comporta sempre duas dimensões formativas. Uma pedagógica, que diz respeito aos conhecimentos (conceitos, teorias, procedimentos), e outra epistemológica, relacionada ao próprio método de construção interdisciplinar, que também pode ser objeto de estudo (Dameão, Rosa & Errobidart, 2018). Na escola, mesmo no ensino disciplinar tradicional, a componente epistemológica está lá, mas não é trabalhada de forma explícita e objeto da razão dos estudantes.

A teoria histórico – cultural (THC)

A teoria do desenvolvimento humano proposta por Vygotsky é bem conhecida em nosso meio (Taille, Oliveira & Dantas, 1992; Vygotsky, 2001, 2007a, 2007b; Rosa, 2010; Luria, 2010) e uma discussão detalhada é apresentada em Silva (2025). Desta teoria, salientaremos alguns conceitos que são importantes tanto para o planejamento da SEI como para os procedimentos de pesquisa:

1. Mediação: Na THC a interação do sujeito com os objetos de conhecimento

nunca é direta, mas sempre mediada, ou por instrumentos ou por sistemas de signos, dos quais a linguagem é o principal. Este processo de mediação ocorre no ambiente social e tem caráter histórico. O sujeito constrói conhecimento interagindo com outros sujeitos, em um espaço de trocas, o espaço intersubjetivo. A partir dessa interação, o conhecimento passa por um processo de internalização, ao interagir com os conceitos e as crenças que o sujeito já carrega, o espaço da intrasubjetividade.

2. Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e Zona de Desenvolvimento Real (ZDR): definidos em função das tarefas que o sujeito consegue ou não resolver. No primeiro caso, pertencem à ZDP aquelas funções cognitivas e conceitos necessários para a realização de uma tarefa que o sujeito consegue desenvolver desde que auxiliado. Isso acontece porque o processo de construção do conhecimento, durante a internalização, ainda não foi completado. Por outro lado, quando ele consegue resolver uma tarefa de forma autônoma, então as funções e conceitos necessário estão na ZDR do sujeito e o processo de internalização do conhecimento foi completado. Isto coloca um desafio ao sistema de ensino, o de trabalhar na ZDP dos estudantes e organizar o ensino de forma que duas condições sejam satisfeitas: a) Espaços de interação entre os estudantes devem estar presentes e, b) Os estudantes devem ser colocados em contato com aqueles que têm as competências necessárias na sua ZDR ou em estágio avançado de construção em suas ZDP (em geral, no espaço didático, professores, monitores ou outros estudantes).
3. Conceito Científico, Conceito Cotidiano e Conceito Verdadeiro. Enquanto os dois primeiros dizem respeito à origem dos conceitos, se formal ou a partir do cotidiano dos sujeitos, o último diz respeito à capacidade de trabalhar relações entre os conceitos.

Delineamento da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida ao longo do ano de 2024, com uma turma de terceiro ano do Ensino Médio diurno de uma escola pública urbana em um dos municípios que fazem parte da região metropolitana de Recife (Brasil). O grupo era composto por 43 estudantes, com idades entre 16 e 18 anos, alguns provenientes da zona rural do município.

A pesquisa foi de caráter empírico, a partir da observação dos eventos no local em que aconteceram, e qualitativa, pois foram usadas técnicas interpretativas para analisar os dados, não sendo usadas técnicas da Estatística Inferencial (Moreira & Rosa, 2013). Focaremos aqui nas produções inicial e final dos estudantes (Mapa Mental). Analisamos se houve ou não a construção de uma representação interdisciplinar.

A SEI era composta por nove encontros de 50 minutos cada. O primeiro foi dedicado à apresentação da pesquisa aos estudantes e à obtenção dos consentimentos necessários. Os restantes foram dedicados ao desenvolvimento da SEI e ocorreram durante o horário das aulas regulares de Física: a) Um para as etapas Clichê e Panorama Espontâneo; b) Cinco para a etapa de Abertura das Caixas Pretas; e, c) Dois para a construção da Síntese. A professora, uma das autoras, atuou em alguns momentos como orientadora das atividades e em outros executando atividades didáticas com os estudantes.

A etapa Abertura das Caixas Pretas foi desenvolvida no laboratório de informática da escola. Dessas, quatro (Geração e Transmissão de Energia Hidrelétrica, Matriz Energética Brasileira, História da Energia Elétrica e Impactos no Modo de Vida e Normas Brasileiras Regulamentadoras - NBR) foram abertas pelos estudantes divididos em grupos, uma por grupo, definidos após a etapa Clichê a partir de roteiros³ elaborados pela professora e disponíveis na Internet. A Caixa Preta: "Circuitos Elétricos Simples"⁴ foi aberta coletivamente, sob orientação da pesquisadora.

Em cada grupo, os estudantes ficaram livres quanto à forma de organizar o trabalho de consulta aos especialistas (páginas indicadas, NBR, plataforma de simulação online e outras páginas acessadas pelos estudantes) e na execução das tarefas, sugeridas em cada roteiro. Apesar de haver um modelo de síntese no roteiro, cada grupo poderia elaborar sua

própria síntese parcial em forma de mapa mental. A Síntese final também foi elaborada na forma de um mapa mental.

Para a análise dessas representações, foi realizado um mapeamento no Currículo do Ensino Médio do Estado de PE (2021), para identificar a qual disciplina curricular cada objeto de conhecimento presente nos mapas se relaciona.

Para classificar as Sínteses produzidas como interdisciplinares, foram empregados os critérios listados por Maingain, Dufour e Fourez (2008) associando-os a indicadores (Quadro 2).

Quadro 2.

Grelha de autoavaliação das competências interdisciplinares

Critérios	Indicadores
Formular e contextualizar a problemática	Formular com suas palavras a situação de partida colocando as questões "do que se trata?" e "o que vai ser considerado?"
Produzir uma síntese apropriada	- Apresentar, por escrito ou oralmente, uma síntese da pesquisa conduzida; e, - Estabelecer correlações entre diferentes pontos de vista disciplinares e/ou dimensões da problemática. - O grupo foi capaz de utilizar disciplinas com conhecimento de causa, tendo em conta a linguagem e o vocabulário adequados; - O grupo compreendeu e foi capaz de explicar os conceitos, leis, modelos e saberes particulares das disciplinas envolvidas; e, - O grupo foi capaz de colocar em correlação as caixas pretas abertas de forma a evidenciar as interações, tensões e divergências de ponto de vista.
Utilizar as disciplinas	- O grupo foi capaz de reformular as informações recolhidas em um texto coerente, em função do projeto; - O grupo foi capaz de fazer uma recolha de fontes em relação com a problemática e de operar uma classificação racional dessas fontes; e, - Teve o cuidado de confrontar diversas fontes ou pontos de vista, sem esquecer os <<utilizadores >> da situação.
Consultar fontes e especialistas	

Fonte: Adaptado de Maingain, Dufour & Fourez (2008, p. 184 – 185).

3 Roteiro 1: <https://sites.google.com/view/gerao-e-transmissao-de-energia-/gera%C3%A7%C3%A3o-e-transmiss%C3%A3o>

Roteiro 2: <https://sites.google.com/view/caracteristicas-matrizenergetic/formas-de-gera%C3%A7%C3%A3o>

Roteiro 3: <https://sites.google.com/view/historiaeletricidade-impactos/hist%C3%B3ria-da-eletricidade>

Roteiro 4: <https://sites.google.com/view/nbr-energia-eltrica/normas-regulamentadoras>

4 Roteiro 5: <https://sites.google.com/view/circuito-eltrico/circuito-el%C3%A9trico-simples>

Segundo Marques (2008), um Mapa Mental é uma ferramenta que possibilita:

organizar de forma não linear, ou seja, em forma de teia ou rede [...] os tópicos de um assunto, ao mesmo tempo que sintetiza, fornecendo a visão global, mostra os detalhes e as interligações do assunto e, com a utilização (opcional) de imagens e cores.(p. 36).

A exemplo dos Mapas Conceituais (Gobara, 1984; Rosa, 2010), dos quais se diferenciam por não apresentarem uma estrutura hierárquica, os Mapas Mentais são sempre um “instantâneo” de como os conceitos estão estruturados nas ZDP e ZDR dos estudantes. Deste modo, não há um mapa mental certo ou errado.

No nosso caso, os Mapas Mentais, sendo sínteses produzidas coletivamente pelos grupos, trazem componentes das ZDP e ZDR dos diferentes estudantes e são resultado do processo de negociação no espaço intersubjetivo do grupo.

Para analisá-los, além dos critérios citados no Quadro 2, usaremos o “Índice de Interdisciplinaridade” (IndI), que procura refletir o nível de integração e interdisciplinaridade dos mapas mentais construídos pelos estudantes, nos permitindo compará-los. Os fatores que contribuem para este índice são mostrados no Quadro 3.

O IndI será nulo quando: a) O fator 1 for menor que 2; b) Os fatores 2 e 3 forem ambos nulos.

Quadro 3.

Critérios de pontuação das sínteses

Item	Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Disciplinas que contribuíram para o mapa mental.	1,0 ponto por disciplina
2	Conexões Disciplinares (CD)	Conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	0,5 pontos por conexão
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área.	1,0 ponto por conexão
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas.	1,5 ponto por conexão

Fonte: autores

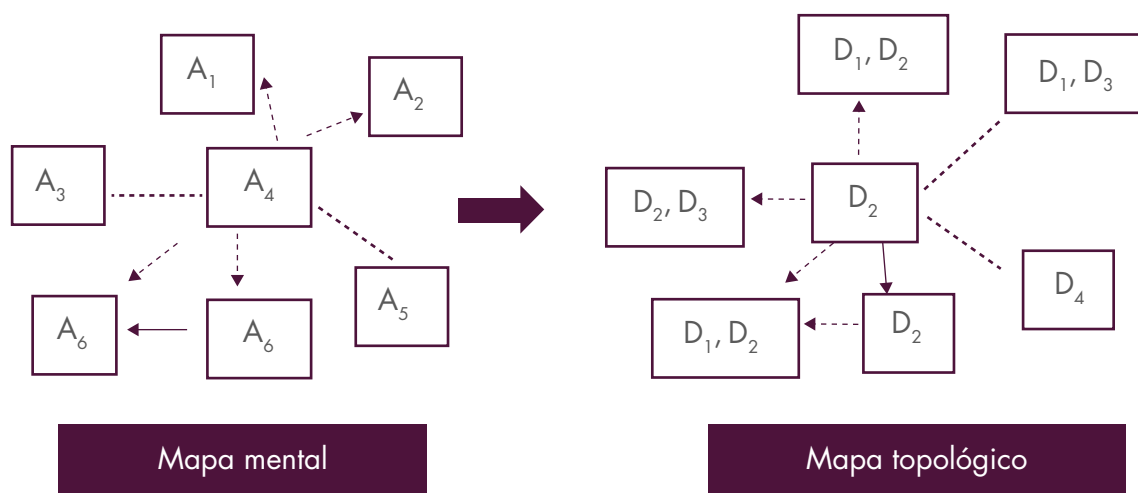
Este índice difere de outros identificados na literatura, como o de Martins e Brando (2024). Naquele trabalho, os autores apresentam um conjunto de indicadores para avaliar a atividade interdisciplinar enquanto ela está acontecendo. O índice que propomos aqui tem por objetivo analisar o grau de interdisciplinaridade presente no produto final do processo, a Síntese, quando na forma de um Mapa Mental.

Para a construção do Indl, vamos traduzir os Mapas Mentais em Mapas Topológicos. Esses mapas trazem qual a origem disciplinar de cada elemento presente na representação, mapeando as relações entre os elementos do mapa mental em relações entre disciplinas do currículo. A Figura 1 traz um modelo desse tipo de mapeamento. O objetivo desse mapeamento é explicitar as fontes disciplinares e as relações entre as disciplinas presentes no

Mapa Mental, evidenciando as relações percebidas pelos estudantes entre as disciplinas e expressas pelos elementos gráficos do mapa (linhas e setas de conexão).

Quando dois ou mais elementos do Mapa Mental forem conectados por uma definição estes serão considerados como uma única entidade. Isso será assinalado por um retângulo tracejado entorno desses elementos no Mapa Topológico.

Figura 1.
Mapa Topológico



Fonte: Elaborado pelos autores (A: Asserções, Di: Disciplinas; Linhas: contínuas - conexões disciplinares; tracejadas – conexões entre disciplinas de uma mesma grande área; pontilhadas - conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas).

Análise dos resultados

Etapa clichê

Esta etapa foi desenvolvida a partir de uma charge⁶, na qual o personagem vive uma situação de falta de energia elétrica. Os estudantes foram capazes de perceber a mensagem da charge: nossa dependência da

energia elétrica para a realização de tarefas e que desaprendemos a realizar atividades que não dependem dela.

A seguir, os 36 estudantes presentes na aula elaboraram, individualmente, um texto sobre “O que eu sei sobre a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica para o consumo em uma residência?”.

Nos textos, os estudantes apontaram como formas de geração de energia elétrica: a) Hidrelétrica (21); b) Eólica (14) e, c) a Solar (1). Quatorze não se referiram a nenhuma das

6 <https://pt-static.z-dn.net/files/d69/abc6024fe9bd-d9562cc4ac6debfc9da0.jpg>.

formas de geração de energia elétrica, embora três desses estudantes tenham citado as usinas hidrelétricas como espaço de geração de energia elétrica.

Quanto à transmissão da energia elétrica até suas residências, 28 estudantes apontaram para a utilização de componentes interligados nas redes de eletricidade: torres (9), geradores (9), transformadores (2), disjuntores (1), cabos de alta tensão (5), fios (22) e postes (17).

Quatorze estudantes descreveram o processo de transmissão de energia elétrica de forma muito próxima ao cientificamente aceito, envolvendo o transporte de energia entre dois pontos (da usina ao consumidor) por linhas de alta tensão. Isso nos indica que esses estudantes já possuem na suas respectivas ZDR conhecimentos básicos sobre o assunto. Dois estudantes afirmaram não saber como ocorre o processo e seis não se referiram a ele.

Referente à distribuição da energia elétrica, nenhum dos estudantes indicou ocorrer por meio de circuitos elétricos e, muito menos, citaram os circuitos em série e em paralelo. Apesar disso, quatro estudantes citaram elementos que fazem parte de circuitos elétricos, como disjuntores (2), tomadas (2), interruptores (2), resistores (2), contador (1). Esses estudantes fazem parte dos 28 estudantes que indicaram os componentes utilizados na transmissão de energia elétrica.

Quanto ao consumo, 16 estudantes indicaram ser por meio de resistores (1), tomadas (1), interruptores (1), lâmpadas (4) e utilidades eletrodomésticas (12) e eletrônicas (10). Os demais não se expressaram.

Com base nos dados levantados, foi percebido que as ideias iniciais dos estudantes estavam ancoradas no senso comum, indicando que em suas respectivas ZDR há distintos níveis de compreensão em relação aos conceitos envolvidos.

Os estudantes têm nas suas respectivas ZDR o conhecimento das fontes renováveis de energia elétrica, destacando as formas de geração hidrelétrica, eólica e solar. Todavia, enunciaram de modo superficial como ocorre a produção de energia elétrica por essas fontes. Referente ao processo de transmissão, eles apontaram fios, geradores, postes, torres e outros elementos utilizados de forma conexa entre as usinas e as residências. Já em relação à distribuição da energia elétrica nas residências, nenhum dos estudantes fez menção aos circuitos elétricos. Eles também não indicaram conhecer o percurso histórico do uso da energia elétrica e nem da problemática ambiental relacionada à geração de energia.

A partir da análise desses textos, foram formados quatro grupos permanentes, com onze estudantes em três grupos e um grupo com dez, para a Abertura de Caixas Pretas e Síntese, agrupando estudantes que mostraram maior aproximação com os conceitos científicos com estudantes cujos conceitos apontavam menor aproximação.

Etapa panorama espontâneo

A Grelha Interdisciplinar de Análise era composta por nove questões (Quadro 3).

Quadro 3.

Grelha interdisciplinar de análise

-
- i - Como é produzida a energia elétrica consumida nas casas?
 - ii - O que caracteriza as formas de geração de energia elétrica?
 - iii - Como ocorre a transmissão da energia elétrica que chega na nossa casa?
 - iv - Como é distribuída a energia elétrica quando chega nas residências?
 - v - O que é circuito elétrico?
 - vi - Quais normas de segurança exigidas pela legislação “brasileira” para uma residência (disjuntores, fiação, posicionamento e tipo de tomadas etc.)?
 - vii - É possível trabalhar no ensino médio a problemática geração, transporte e consumo de energia elétrica somente a partir do ponto de vista da Física?
 - viii - Quais seriam as pessoas, fontes de informação ou disciplinas que poderiam ser consultadas sobre geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica em residências?
 - ix - Que conhecimentos disciplinares devemos aprofundar sobre a problemática geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica que no momento são conhecimentos globais? Circuitos elétricos?
-

Fonte: autores.

Apresentamos agora um resumo do que foi obtido nessa etapa: 1) Os estudantes já tinham ouvido falar sobre fontes renováveis e não renováveis (hidrelétricas, solares e as eólicas), mas não as conceituaram, descrevendo de modo genérico como a energia é produzida por elas. 2) Apontaram a necessidade de cabos, fiação, geradores, postes, contadores e torres de alta tensão para a transmissão da energia elétrica. 3) Não conseguiram associar o processo de distribuição aos circuitos elétricos (mesmo apontando elementos constituintes de circuitos). Nenhum estudante mostrou possuir o conceito de circuito elétrico no nível dos conceitos verdadeiros, tampouco similares aos conceitos científicos ou ancorados nos conhecimentos disciplinares. 4) Indicaram como aparelhos consumidores de energia elétrica: televisão, celular, fogão elétrico, tv, máquina de lavar roupa, liquidificador, micro-ondas e outros. 5) Mostraram total desconhecimento das normas de segurança para o manuseio da

energia elétrica em residências. 6) Mostraram desconhecimento de aspectos históricos relacionados ao uso da energia elétrica. 7) Têm consciência da problemática ambiental relacionada à produção de energia elétrica e reconheceram a necessidade da busca de conhecimentos nas disciplinas para entender o problema complexo, citando os impactos das usinas hidrelétricas. Quanto às usinas eólicas e solares, apenas o impacto visual foi citado.

A partir das respostas às questões da grelha interdisciplinar, uma síntese coletiva (Figura 2) foi elaborada, mostrando o que sabiam com certeza, o que era ainda parcial e o que desconheciam e o que precisariam saber. Mostra, também, as caixas pretas a serem abertas e quais as fontes de conhecimentos a serem consultadas como especialistas. Na síntese, as conexões entre as caixas pretas e as disciplinas do currículo escolar são indicadas pelas linhas as conectando.

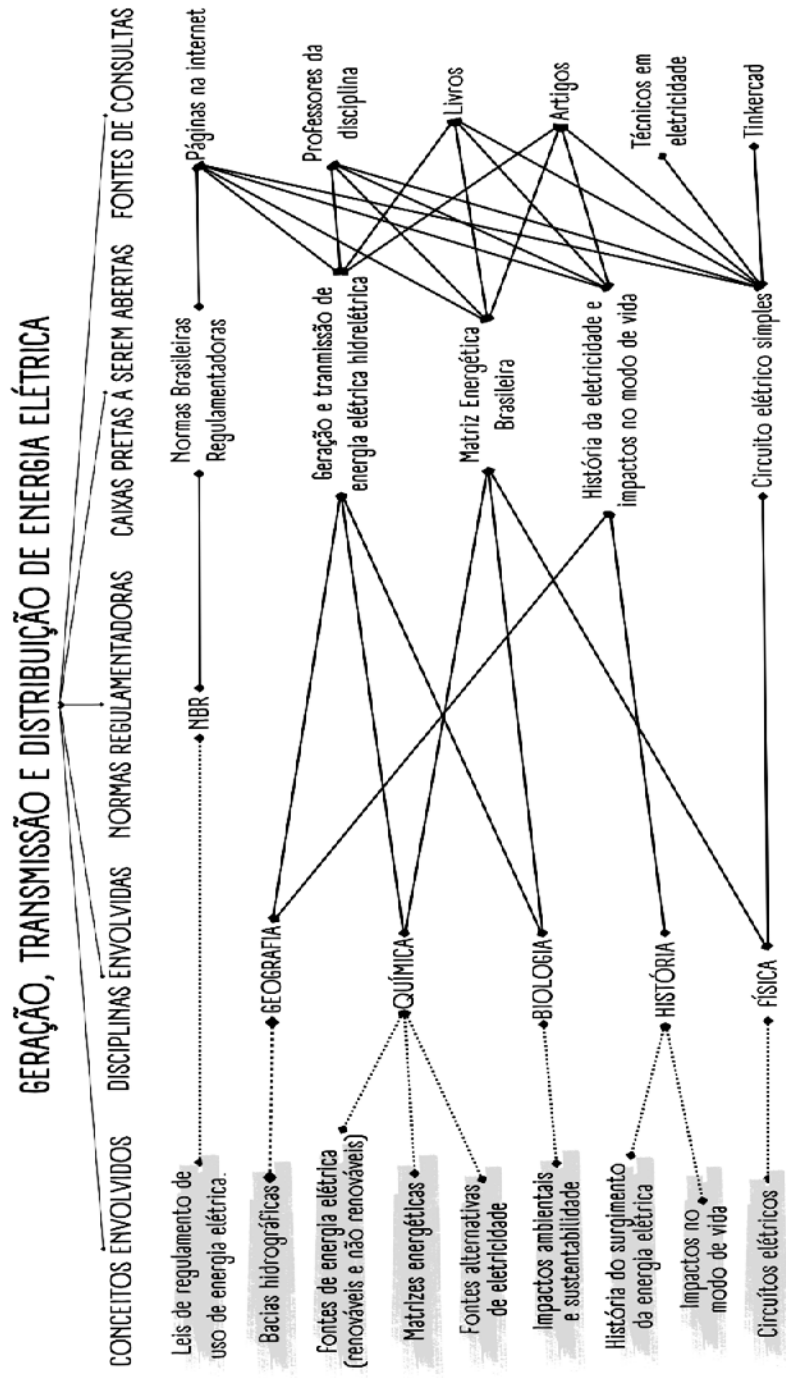


Figura 2.
Síntese do Panorama Espontâneo

Fonte: autores.

Etapa Síntese Final

Analisamos os Mapas Mentais construídos pelos quatro grupos a partir da grelha de análise (Quadro 3) e dos valores do Indl (Quadro 4), construídos a partir dos Mapas Topológicos (Figura 5). Apresentamos aqui apenas os dos grupos 2 e 4 (Figuras 3 e 4), escolhidos por terem o maior e o menor Indl respectivamente.

Os Mapas Mentais são compreensíveis e incorporam conhecimentos oriundos de diferentes disciplinas, o que é confirmado pelos Mapas Topológicos mostrados na Figura 5. As setas empregadas nos mapas mostram as conexões percebidas pelos estudantes entre os conhecimentos oriundos de diferentes grandes áreas do conhecimento, mostrando que as representações construídas transcendem a simples justaposição de disciplinas.

Outro ponto comum nos mapas é a utilização dos conhecimentos oriundos dos especialistas propostos, conforme listados na fase Panorama Espontâneo. Por exemplo, o conceito de corrente elétrica que está definido no roteiro da Caixa Preta 5 como correspondente “ao movimento ordenado de partículas com carga elétrica, normalmente elétrons, por meio de um material condutor, como por exemplo, fios de metais”, aparece nos Mapas Mentais dos grupos 2 e 4.

Outra característica importante dos mapas é que eles trazem contribuição dos conhecimentos elaborados pelos outros grupos durante a fase de Abertura das Caixas Pretas. Por exemplo, nos mapas mostrados nas

Figuras 3 e 4, foi possível verificar a presença de conhecimentos discutidos da caixa preta “Geração e Transmissão de Energia Hidrelétrica” aberta por eles com os conhecimentos mobilizados nas demais caixas pretas abertas, principalmente, com a de circuitos elétricos simples.

1. Formulação e contextualização da problemática

Os grupos foram capazes de formular por escrito, usando palavras suas, a contextualização do problema complexo. Isto pode ser observado analisando-se os títulos das sínteses e as paráfrases empregadas na construção dos blocos inseridos nos mapas.

2. Produção de uma síntese apropriada

Para este critério, usamos como indicadores: o uso da linguagem científica, a correção conceitual e a correta interligação entre os diferentes blocos do mapa.

Em todos os mapas a linguagem utilizada foi a científica, com a correta enunciação de conceitos em vocabulário adequado. Os mapas estão graficamente bem produzidos, com os blocos interligados de forma coerente e os conhecimentos abordados são relacionados com a temática proposta.

Podemos identificar nos mapas a interligação de conhecimentos referentes às matrizes energética e elétrica, fontes renováveis e não renováveis, aspectos históricos do uso da energia elétrica, impactos sociais do uso da energia elétrica, definições referentes a circuitos elétricos.

Matriz Energética e Elétrica

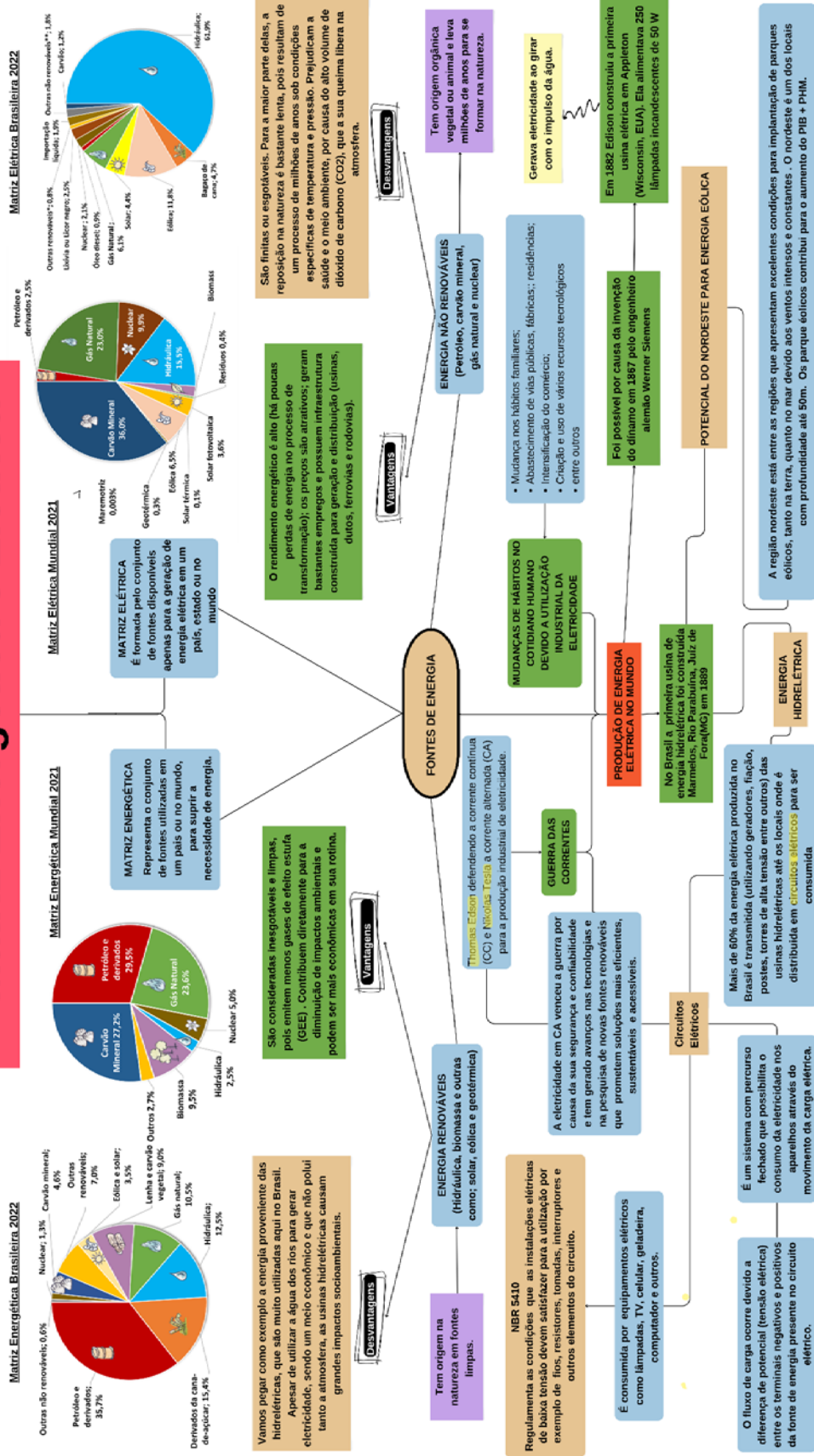


Figura 3.
 Síntese final mapa mental grupo 2
 Fonte: Dados da Pesquisa.



Figura 4.
Síntese final mapa mental grupo 4

Fonte: Dados da pesquisa.

3. Utilização das disciplinas

Todos os grupos produziram mapas mentais interdisciplinares (Indl diferente de zero), porém os grupos 2 e 3 obtiveram uma pontuação alta, em comparação com os grupos 1 e 4. Esses dois grupos produziram mapas que têm um grande número de conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas do conhecimento. Mesmo com a baixa pontuação relativa, os grupos 1 e 4 produziram mapas que contêm conexões entre disciplinas de diferentes áreas. Nos mapas produzidos pelos quatro grupos, o número de conexões estritamente disciplinares é pequeno, sendo nula para o grupo 4.

Quadro 4.

Índice de Interdisciplinaridade

Grupo	Disciplinas	CD	CMA	CDA	Indl
1	6,0 (B, F, G, H, NBR, Q)	0,5	1,0	7,5	15
2	6,0 (B, F, G, H, NBR, Q)	2,0	0	34,5	42,5
3	6,0 (B, F, G, H, NBR, Q)	5,5	5,0	28,5	45
4	5,0 (F, G, H, NBR, Q)	0	3,0	3,0	11,0

Fonte: os autores (CD: Conexões Disciplinares; CMA: Conexões Mesma Área; CDA: Conexões Diferentes Áreas; B: Biologia; F: Física; G: Geografia; H: História; NBR: Normas Brasileiras; Q: Química).

A análise dos blocos mostra que cinco disciplinas são comuns aos quatro mapas: Física, Geografia, História, Química e das Normas Brasileiras que regulamentam a segurança em serviços de eletricidade nas instalações residenciais (ABNT, 2004). A disciplina Biologia aparece nos mapas dos grupos 1, 2 e 3, mas não para o grupo 4.

Associado à Biologia, foi identificado o objeto do conhecimento recursos naturais interligado às novas tecnologias energéticas e às consequências ambientais. Nessa direção, apresentaram a forma hidrelétrica como exemplo de geração de energia elétrica no Brasil e ressaltaram a informação de que no Brasil 60% da energia elétrica gerada vem da fonte renovável “energia hidrelétrica”.

No caso da Física, foram identificados os objetos do conhecimento: matrizes energéticas aplicada a geradores (usina hidroelétrica); corrente elétrica; circuitos elétricos; componentes de um circuito e associações (série, paralelo e mista). Além desses, foram contemplados os componentes de um circuito elétrico básico: condutores e isolantes, dispositivos de segurança (chave e/ou interruptor, fusível e disjuntor), resistores, Lei de Ohm.

O objeto do conhecimento “Fontes abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo” também é apontado, ao serem abordadas as matrizes energética e elétrica associadas à disponibilidade de fontes de energia renováveis (hidrelétrica, solar, eólica) e não renováveis (nuclear, gás natural, carvão e outras). Isto sinalizou a mobilização da habilidade de discutir a produção de energia elétrica

a partir de fontes naturais renováveis e não renováveis associada à Química.

Na História, conhecimentos ligados à revolução técnico-científica (invenção do dínamo, em 1867, pelo engenheiro Werner Siemens), é proposto no Currículo de PE. Nesse documento, a habilidade associada é a possibilidade de identificar e analisar os impactos das transformações históricas ocorridas nos séculos XIX, XX e XXI, principalmente as decorrentes dos avanços tecnológicos e científicos.

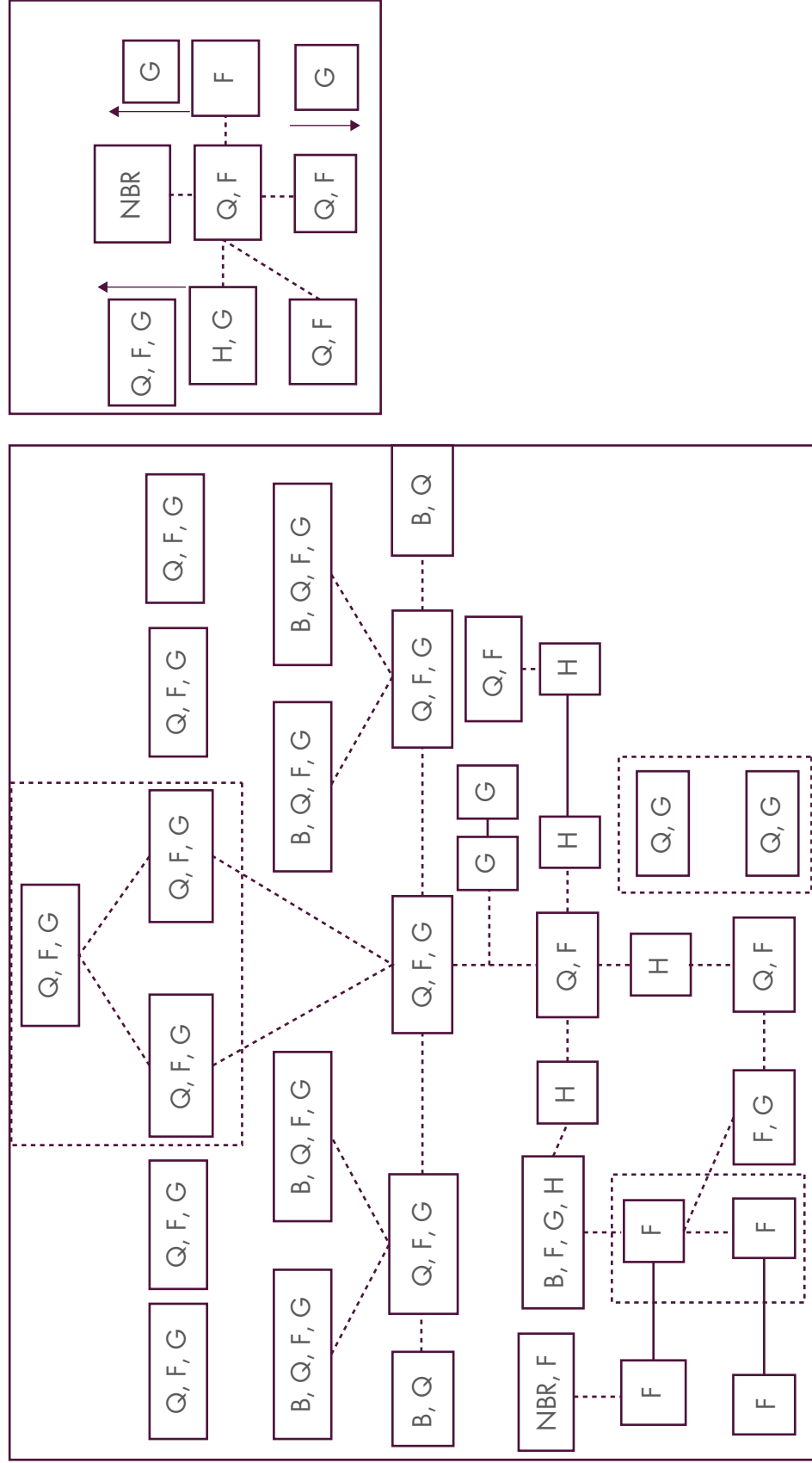
Um dos mapas (Figura 3) mostra os objetos do conhecimento “Fontes de energia e globalização” e “Os avanços tecnológicos e a economia mundial”, que são atribuídos à Geografia, associados às habilidades de analisar as peculiaridades produtivas no mundo globalizado, dando ênfase à produção local, e avaliar os avanços do meio técnico-científico-informacional, relacionando sua influência no modo de vida e na organização espacial humana. Ainda nesse mapa aparece o objeto do conhecimento “revolução técnico-científica” atribuído à História.

Embora não seja um objeto do conhecimento do currículo de PE, os mapas também mostram blocos relacionados à segurança das instalações elétricas (sugerido na fase Panorama Espontâneo). Esse aspecto mostra que a estratégia sugerida, além de cobrir os conteúdos curriculares oficiais, é capaz de levar os estudantes a explorarem outras disciplinas não presentes no currículo.

4. Consulta a fontes e especialistas

Os objetos de conhecimento presentes nos mapas apontam para o uso dos links indicados como especialistas nos roteiros fornecidos aos estudantes na fase de Abertura das Caixas Pretas. Observa-se, também, a presença de objetos do conhecimento que eram ausentes nas fases Clichê e Panorama Espontâneo, como, por exemplo, a definição científica de circuitos elétricos.

Ao comparar a Síntese de cada um dos grupos com a síntese elaborada coletivamente após a discussão da grelha interdisciplinar de avaliação, é possível apontar que essa SEI agregou conhecimentos disciplinares na ZDP desses estudantes que foram, ao mesmo tempo, produtores e consumidores desta IRI.



(a) Grupo 2

(b) Grupo 4

Figura 5.
 Mapas Topológicos

Fonte: Dados da Pesquisa

Considerações Finais

Neste trabalho, analisamos a eficácia de uma Sequência de Ensino Interdisciplinar em promover a construção de uma IRI sobre o problema complexo da produção, distribuição e consumo de energia elétrica em residências em estudantes de nível médio.

A SEI se mostrou eficaz em levar os estudantes a construir representações interdisciplinares sobre a situação problema proposta, na forma de Mapas Mentais. A caracterização das Sínteses como representações interdisciplinares foi feita a partir da aplicação dos critérios propostos por Maingain, Dufour e Fourez (2008), satisfeitos em todas Mapas Mentais apresentados e da análise do Indl.

As Sínteses produzidas pelos estudantes envolveram várias disciplinas da área Ciências da Natureza e suas tecnologias (Biologia, Física e Química), da área de Ciências Humanas (História e Geografia) e das Normas Brasileiras Regulamentadoras para eletricidade em instalações residenciais, ultrapassando a simples superposição de disciplinas. Indicam, também, que a estratégia proposta permite que o currículo seja coberto.

Quanto a consultar as fontes e os especialistas e reformular as informações recolhidas em um texto coerente em função do problema complexo, se verificou na análise das sínteses que a seletividade intrínseca à recolha de informações fora delimitada pelas contribuições das disciplinas e que os conceitos abordados por eles foram apresentados reformulados e permeados pela presença de termos científicos.

A SEI se mostrou adequada para ser desenvolvida no tempo e nas condições didáticas das escolas públicas, não tendo sido utilizado nenhum tempo extra ou material que não estivesse disponível na escola. Este é um ponto importante neste trabalho, pois a SEI não foi desenvolvida

em condições especiais, o que permite que seja reproduzível por outros docentes.

Um ponto a ser salientado é que a SEI foi desenvolvida por uma única pessoa, professora da rede pública de ensino de Pernambuco, o que indica sua viabilidade para ser reproduzida em outras escolas. Portanto, a SEI pode servir de modelo a professores que queiram desenvolver atividades interdisciplinares na escola, mesmo que sozinhos. Por outro lado, a SEI foi conduzida por uma das autoras desse trabalho, com domínio de toda a metodologia. Nas condições reais das escolas, seria necessário capacitar os docentes para a execução desse tipo de abordagem. Outro ponto que limita a validade dos nossos resultados é o fato de ter sido desenvolvida com uma turma específica. Outros trabalhos precisam ser desenvolvidos para obter um grau de generalidade maior.

A construção dos Mapas Topológicos e do Indl para analisar a integração de conhecimentos disciplinares são aspectos não identificados na literatura e inovadores neste artigo (Silva, 2025). Consideramos como uma contribuição para a análise dos resultados obtidos em propostas com a abordagens interdisciplinares. Contudo, o Indl foi concebido para analisar Mapas Topológicos, portanto precisa ser generalizado para abranger outras formas discursivas, tais como o texto escrito ou multimodal, transcrições de falas dos sujeitos e outras formas de coleta de dados em práticas interdisciplinares. Esse ponto será objeto de futuros trabalhos.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão* (2ª ed.). ABNT.
- Arias, E. (2021). Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad Electricidad

- en un colegio científico de Costa Rica. *Revista de enseñanza de la Física*, 33(2), 55-62. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35175/35306>
- Bodas, F. R., & Errobidart, N. C. (2023). As pesquisas em ensino de ciências que empregam a abordagem didática da interdisciplinaridade de Gerard Fourez. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 15, p. 34. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n9-009>
- Ministério da Educação [MEC]. Conselho Nacional de Educação [CNE]. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Ensino médio*. <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc-eta-pa-ensino-medio>
- Chevallard, Y. (1991). *La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Enseigné*. La Pensée Sauvage.
- Dameão, A. P., Rosa, P. R., & Errobidart, N. C. (2018). Formação inicial de professores para a interdisciplinaridade pela interdisciplinaridade. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Extraordinário*, p. 1. <https://doi.org/10.22533/at.ed.9941926112>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2025, 3 de outubro). *Matriz energética e elétrica*. <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>
- Errobidart, N. C. (2010). *O estudo qualitativo das transformações pelas quais passam os saberes até chegarem à sala de aula no conteúdo Física Ondulatória*. UFMS/CCHS.
- Errobidart, N. C., & Gobara, S. T. (2011). Aspectos da transposição didática de ondas sonoras em livros didáticos de Física (PNLEM). En *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CIEC)*. https://abrapec.com/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R1330-1.pdf
- Errobidart, N. G., & Rosa, P. R. (2020). A teoria da transposição didática e a formação de professores em cursos de licenciatura. En M. M. Moraes, J. R. Santos, N. C. Errobidart, & P. R. Rosa (Eds.), *Impactos do Prodocência na política de formação de professores da/na UFMS: Reflexões críticas* (pp. 33–64). Editora UFM.
- Fourez, G. (1997a). Qu'entendre par «l'îlot de rationalité»? Et par «l'îlot interdisciplinaire de rationalité»? *ASTER*. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1997_num_25_1_1111
- Fourez, G. (1997b). Îlots de rationalité interdisciplinaires. *Recherche en soins infirmiers*, (50). <https://stm.cairn.info/revue-recherche-en-soins-infirmiers-1997-3-page-131?lang=fr>
- Fourez, G. (2008). A interdisciplinaridade em sentido estrito. Em G. Fourez, A. Maingain, & B. Dufour, *Abordagens didáticas da interdisciplinaridade*. Instituto Piaget.
- Fourez, G., Mathy, P., & Englebert-Lecomte, V. (2016b). Um modelo para um trabalho interdisciplinar (P. R. Rosa, Trad.). *Labore em Ensino de Ciências*, 1(3). <https://periodicos.ufms.br/index.php/labore/article/view/3993>

- Gobara, S. T. (1984). *Mapas conceituais como instrumentos didáticos no ensino de Física*. Instituto de Física UFRGS (Dissertação de Mestrado).
- Gouvêa, S. M., & Errobidart, N. C. (2013). Estudo do calor: Aspectos da transposição didática materializados em livros didáticos de Física. En *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)* (pp. 1–8). https://abrapec.com/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1126-1.pdf
- Lenoir, Y. (2015). Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. Em I. C. Fazenda, *Didática e interdisciplinaridade*. Papyrus.
- Luria, A. R. (2010). Vigotskii. En L. S. Vigotsky, A. R. Luria, & A. N. Leontiev, *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem* (M. da P. Villalobos, Trad.; 11ª ed., pp. 21–37). Ícone Editora.
- Maingain, A., Dufour, B., & Fourez, G. (2008). *Abordagens didáticas da interdisciplinaridade* (J. Chaves, Trad.; 1ª ed.). Instituto Piaget.
- Marques, A. M. (2008). *Utilização pedagógica de mapas mentais e de mapas conceituais* (Dissertação de mestrado, Universidade Aberta).
- Martins, G. A., & Brando, F. R. (2024). Os indicadores de interdisciplinaridade como ferramenta metodológica para construção e análise de atividades didáticas interdisciplinares. *Revista Iluminart*, 23. <https://revistailuminart.ti.srt.ifsp.edu.br/iluminart/article/view/464>
- Mora, C., Moreira, M. A., & Meneses-Villagrà, J. Á. (2021). Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2), pp. 365-378. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8508953&orden=0&info=link>
- Moreira, M. A., & Rosa, P. R. (2013). *Uma introdução à pesquisa quantitativa em ensino*. Editora UFMS.
- Ortiz, G. S., & Denardin, L. (2021). O estudo de instalações elétricas: uma análise à luz das inteligências múltiplas de Gardner. *Revista de Enseñanza de la Física.*, 33(2) Número Especial, pp. 413-420.
- Permana, A. H., Mulyati, D., Bakri, F., P., D. B., & Ambarwulan, D. (2019). The development of an electricity book based on augmented reality Technologies. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157 (3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/3/032027>
- Pernambuco. (2021). *Currículo de Pernambuco Ensino Médio*. Recife.
- Rosa, P. R. (2010). *Instrumentação para o ensino de ciências*. UFMS.
- Santos, J. C., & Dickman, A. G. (2019). Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física.*, 41. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0161>
- Sapriadil, S., Setiawan, A., Suhandi, A., Malik, A., Safitri, D., & Lisdiani, S. A. (2019). Effect of higher order thinking virtual laboratory (HOTVL) in electric circuit on students' creative thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1204(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012025>
- Silva, N. T. (2025). *Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em uma abordagem interdisciplinar usando TDIC como especialistas*. INFI/UFMS. <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/11597>

- Silva, N. T., Rosa, P. R., & Errobidart, N. C. (2023). Uma revisão integrativa sobre tecnologias digitais no ensino de Ciências. *Temas em Educacao*, 32, pp. 1-20. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2359-7003.2023v32n1.66234>
- Taille, Y. D., Oliveira, M. K., & Dantas, H. (1992). *Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. Summus Editorial.
- Ülen, S., Gerlic, I., & Slavinec, M. (2017). Evaluating the Effectiveness of Physlet-Based Materials in Supporting Conceptual Learning About Electricity. *Journal of Science Education and Technology*, pp. 151–160. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9661-1>
- Vigotski, L. S. (2001). *A construção do Pensamento e da Linguagem*. Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (2007a). *Pensamento e Linguagem*. Relógio D' Água Editores.
- Vygotsky, L. S. (2007b). *A formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores* (7ª ed.). Martins Fontes.