2º SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
de 20 a 22 de agosto de 2025
E-book
DOI: https://doi.org/10.48195/siecm2025.29366
ISBN: 978-65-5852-467-0
Unindo Fronteiras: Ciência, Tecnologia e Inovação no Ensino de Ciências e Matemática

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA MEDIADA POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: AVALIANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SOBRE FUSÃO NUCLEAR

Gian A. Michaelsen1
Fabiane F. Figueiredo 2

Ensino de Ciências e Matemática: Ensino Médio

Resumo

Este artigo analisa como o uso do ChatGPT contribui para o processo de transposição didática, conforme Chevallard, visando à aprendizagem significativa de conceitos de ciências emergentes, como a fusão nuclear, no Ensino Médio. A pesquisa se orienta pela questão: "Como a incorporação do ChatGPT na transposição didática influencia a aprendizagem significativa de conceitos emergentes nas ciências?" Para isso, foi elaborada uma sequência didática com o uso do "Prompt Transpositor", ferramenta criada para auxiliar, com apoio da inteligência artificial, a mediação de conteúdos científicos emergentes. Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, mapas mentais produzidos pelos estudantes foram analisados segundo a técnica de Bardin. Os resultados indicam que a IA apoiou a organização conceitual do professor, favorecendo a elaboração de uma sequência didática que possibilitou conexões mais profundas por parte dos estudantes. Conclui-se que o ChatGPT pode fortalecer a prática docente, promovendo aprendizagens mais significativas em conteúdos científicos contemporâneos.

Palavras-Chave: Transposição didática. Inteligência Artificial. Aprendizagem significativa. Ensino Médio. Fusão Nuclear

INTRODUÇÃO

É ideal que o ensino de Física acompanhe os avanços científicos e tecnológicos, integrando temas emergentes, visando sua contemporaneidade e significância (Brasil, 2002; Brasil, 2018). A fusão nuclear, por seu potencial como fonte limpa e abundante, ilustra desafios de inclusão curricular devido a sua complexidade conceitual, escassez de materiais e lacunas na formação docente (Pietrocola, 2019). Nesse cenário, a teoria transposição didática de Chevallard (2013) sustenta a adaptação saberes especializados para dentro do contexto escolar, enquanto a aprendizagem significativa de Ausubel (2003) e Moreira (2016) fornece o arcabouço teórico para essa mediação viabilizando a construção significativa de tais conceitos. Diante de limitações de tempo e recursos, modelos de Inteligência Artificial como o ChatGPT emergem como aliados promissores dos docentes no processo de transposição didática destes conceitos. Facilitando o trabalho docente na adaptação de conceitos complexos e na organização de sequências didáticas para o desenvolvimento de tais conceitos em sala de aula (Alves; De Faria, 2023).

1 Mestre, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). gian.am@rede.ulbra.br.
2 Doutora, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). fabianefischerfigueiredo@gmail.com

Este estudo examina o potencial do ChatGPT para facilitar o processo de transposição didática e facilitar a aprendizagem significativa ta temática fusão nuclear no Ensino Médio, propondo o “Prompt Transpositor” como ferramenta de mediação por IA, avaliando a assimilação conceitual via mapas mentais e o impacto nas relações cognitivas dos estudantes (Ausubel, 2003; Moreira, 2016). A questão norteadora é “Como a incorporação do ChatGPT na transposição didática influencia a aprendizagem significativa de conceitos emergentes nas ciências?”. Esse questionamento visa compreender o papel dessa tecnologia na elaboração de sequências didáticas que favoreçam aprendizagens significativas e contextualizadas de temas científicos emergentes e complexos.

O artigo está organizado em três blocos, primeiramente transposição didática e temas emergentes (Chevallard, 2013; Pietrocola, 2019; Brasil, 2002; Brasil, 2018) são abordados no âmbito teórico; aprendizagem significativa e análise de mapas mentais (Ausubel, 2003; Bardin, 2016) que vem para fundamentar o ensino da temática e permitir a identificação de indícios da aprendizagem significativa, a fim de validar o processo de transposição didática e ensino significativo da temática; e aplicações educacionais da IA, com ênfase no ChatGPT (Alves & Faria, 2023) delineando como a IA pode auxiliar o decente na transposição didática visando o ensino significativo. Em seguida, descreve-se a metodologia, os procedimentos de coleta e a análise dos resultados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E TEMAS CIENTÍFICOS EMERGENTES

A transposição didática, segundo Chevallard (2013), é a transformação do saber científico em conteúdo escolar. Esse processo implica adaptações para tornar o conhecimento acessível aos estudantes, mantendo sua complexidade e relevância originais, indo além de uma mera simplificação. Aplicá-la a temas científicos contemporâneos é desafiador; Pietrocola (2019) observa que o ensino de Ciências, principalmente física, ainda usa currículos e materiais ultrapassados, dificultando a abordagem de tópicos emergentes como nanotecnologia, inteligência artificial e fusão

nuclear, que exigem atualização constante e novas estratégias pedagógicas. Portanto, a transposição didática é fundamental para vincular o conhecimento científico atual às práticas escolares, favorecendo uma aprendizagem contextualizada.

TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968; Moreira, 2021, 2018) postula que o aprendizado efetivo se dá quando novas informações se ligam a subsunçores (conceitos prévios da estrutura cognitiva do estudante) por meio de um conteúdo com significado lógico e relevância psicológica. Moreira (2018) ressalta que apenas expor o conteúdo não basta; é preciso que o estudante se envolva ativamente, relacionando e reorganizando ideias. O papel dos subsunçores é fundamental; quanto mais claros e estáveis, mais fácil é integrar novos conhecimentos (Moreira, 2016).

O processo envolve dois mecanismos dinâmicos: diferenciação progressiva, que aprofunda conceitos conhecidos, e reconciliação integradora, que une ideias distintas em uma rede coerente (Moreira, 2021a). Essa abordagem se mostra eficaz no ensino de ciências emergentes, como fusão nuclear. Assim, a teoria de Ausubel e Moreira oferece um referencial robusto para práticas pedagógicas que vão além da memorização, promovendo compreensão crítica e aplicação dos conceitos em contextos reais.

MAPAS MENTAIS NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Mapas mentais oferecem uma representação visual das conexões entre conceitos, estimulando reflexão e consolidando o aprendizado (Moreira, 2018). Ao promover diferenciação progressiva e reconciliação integradora, os estudantes reorganizam suas ideias, identificando semelhanças e diferenças conceituais (Moreira, 2021a). Esses diagramas também desenvolvem a consciência semântica, incentivando interpretações pessoais em vez de reprodução mecânica (Moreira, 2006; Tavares, 2004) e auxiliam no diagnóstico dos subsunçores na estrutura cognitiva (Moreira, 2007). Neste estudo, os mapas mentais permitem avaliar não apenas o volume de informações memorizadas, mas sobretudo a profundidade e a coerência

das relações conceituais estabelecidas após a aplicação da sequência didática (Moreira, 2018). Ou seja, análise dos mapas mentais permite a identificação de evidências de aprendizagem significativa. Desta forma espera-se encontrar evidências de aprendizagem significativa a partir da análise dos mapas mentas, para que assim seja comprovada a eficácia da sequência didática criada com o auxílio da IA.

METODOLOGIA

Este estudo seguiu abordagem qualitativa (Gray, 2016) e, para mediar a transposição didática de fusão nuclear, desenvolveu-se o “Prompt Transpositor” um conjunto de comandos para o ChatGPT (OpenAI) refinado com técnicas de prompt engineering (Michaelsen & Dos Santos, 2024). Ao informar à IA a temática (“geração de energia elétrica a partir da fusão nuclear”), o nível de ensino e a disciplina (3º ano do Ensino Médio, Física), as habilidades da BNCC (EM13CNT101; EM13CNT106), a teoria de ensino (Aprendizagem Significativa) e o número de encontros (4), o ChatGPT gerou automaticamente uma proposta de sequência didática alinhada a esses parâmetros. Assim, a IA agilizou e aprofundou a elaboração dos roteiros pedagógicos, garantindo coerência teórica e adequação ao contexto.

A partir da proposta gerada pela IA ocorreu o ajustes do docente adequando a realidade de ensino e as preferências didáticas do próprio docente, organizou-se uma sequência de cinco encontros alinhada ao PCN (2002), à BNCC (2018) e a aprendizagem significativa (Ausubel,1968), com aulas teóricas, discussões, experimentos virtuais e simuladores. Abordou-se energia nuclear diferenciando a fusão da fissão nuclear e comparação com fontes energéticas convencionais, estados da matéria (ênfase no plasma) e condições de fusão (temperatura, pressão, densidade). Estudou-se também a natureza dos campos magnéticos e seu papel no confinamento do plasma nos geradores nucleares. Nos simuladores, exploraram-se variáveis críticas e, em debates, discutiram-se desafios tecnológicos, sustentabilidade, custos e resíduos. Por fim, mapas mentais iniciais e finais documentaram e avaliaram a evolução conceitual dos estudantes ao longo do processo.

Para avaliar a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2018), 30 estudantes do Ensino Médio de uma da rede pública estadual localizada no município

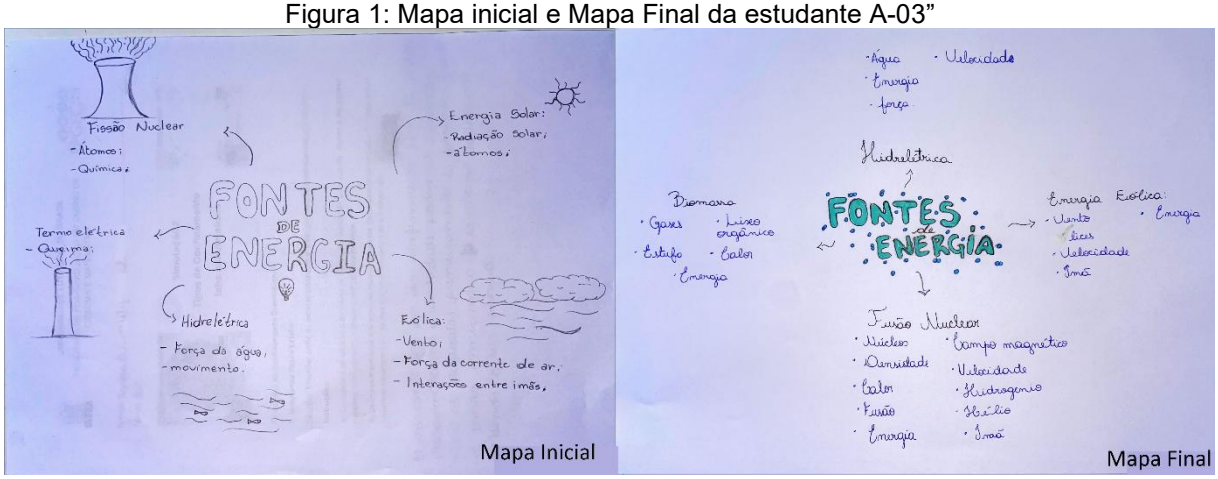
de Novo Hamburgo. produziram mapas mentais antes e depois da sequência. Essa ferramenta revelou as conexões cognitivas estabelecidas pelos alunos. A análise de conteúdo (Bardin, 2016) envolveu pré-análise, codificação e interpretação das categorias definidas a partir da leitura inicial dos mapas, permitindo avaliar a profundidade e a coerência conceitual.

O estudo observou rigor ético, garantindo anonimato e confidencialidade, com todas as etapas conduzidas mediante consentimento formal dos participantes e responsáveis. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da ULBRA, registrado no parecer de número 75369723.2.0000.5349.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por limitação de espaço, escolheu-se analisar de forma aprofundada dois casos representativos, garantindo descrição densa e fundamentada. A seguir, apresentam-se os mapas iniciais e finais dos estudantes A-03 e C-01.

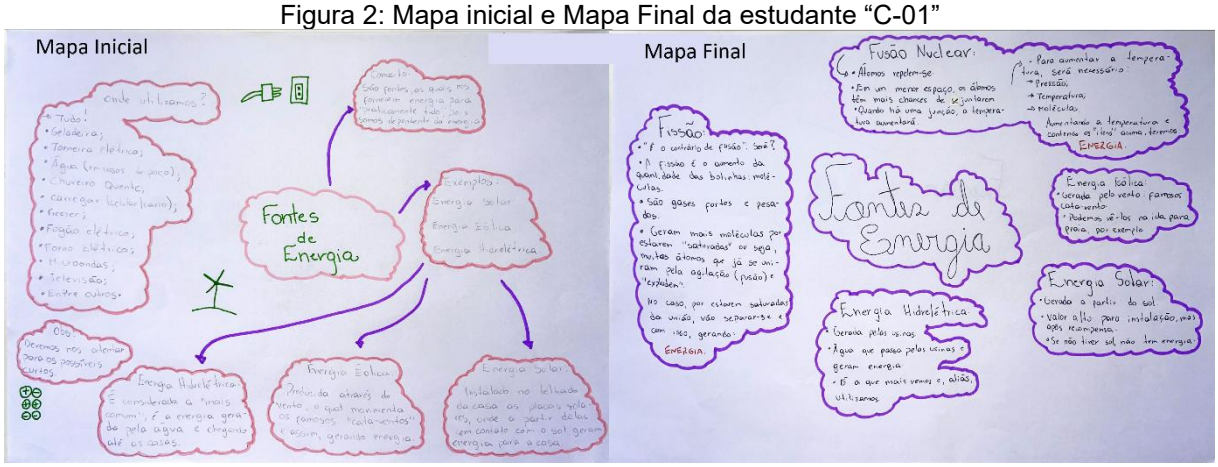
Figura 1: Mapa inicial e Mapa Final da estudante A-03”



Fonte: A pesquisa.

O mapa inicial de A-03 usa desenhos para ilustrar cada fonte, mas seus termos são simplórios e pouco conectados. No mapa final, embora apresente menos fontes, a estudante aprofunda as descrições, incluindo tipos de combustível e conceitos físicos mais robustos.

Figura 2: Mapa inicial e Mapa Final da estudante “C-01”



Fonte: A pesquisa.

No mapa inicial, C-01 listou fontes de energia de forma superficial, associando-as a utensílios domésticos e usos cotidianos, com descrições básicas. Já no mapa final, ela detalhou significativamente fusão e fissão, demonstrando entendimento claro dos processos físicos e químicos de cada uma.

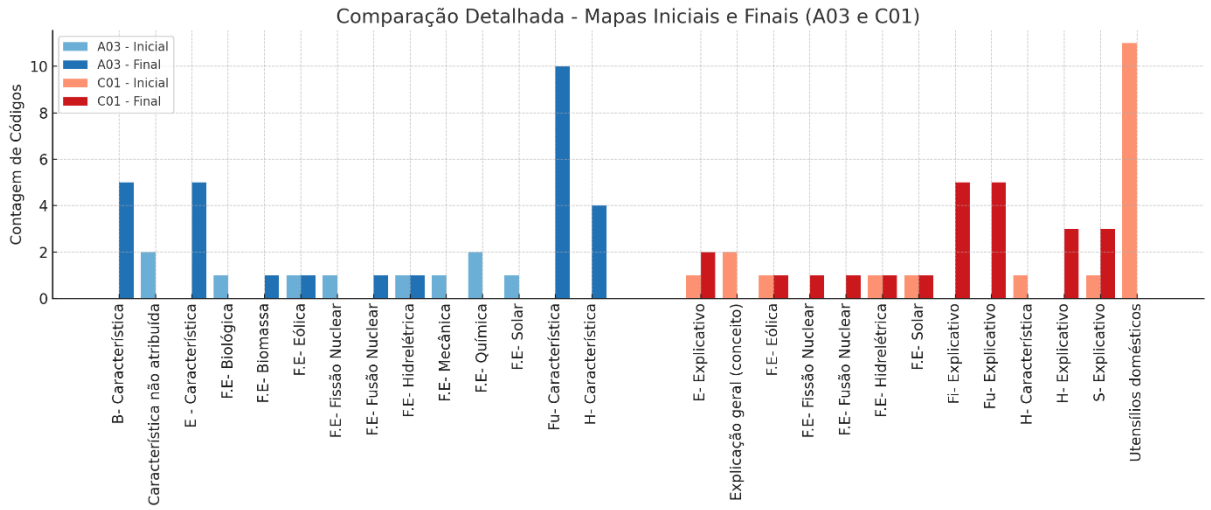
ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos mapas mentais seguiu o método de Bardin (2016), pré-análise, exploração e interpretação; com o objetivo de identificar as fontes de energia mencionadas, avaliar seu nível de detalhamento e classificar os tipos de informação. A “unidade de registro” foi o tema, ou seja, o conjunto de dados sobre cada fonte.

As categorias surgiram a posteriori, com base em critérios semânticos que distinguiam presença, ausência e profundidade das menções. Partiu-se da hipótese de que o conhecimento inicial sobre fusão nuclear seria limitado e que a sequência didática mediada por IA promoveria enriquecimento conceitual.

Definiram-se categorias primárias (tipos de fontes: fusão, fissão, solar, eólica, hidrelétrica, biomassa, química, geotérmica, mecânica e biológica) e secundárias (descrições, detalhes técnicos, exemplos, referências). A interpretação considerou a Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2018), buscando evidências de aquisição conceitual.

Grágico 1: Comparação dos Mapas Mentais Inicial e Final da estudante A-03 e C-01



Fonte: A pesquisa.

Analisando o gráfico que compara diferentes tipos de situações feitas pela estudante A-03 em seus mapas mentais, percebe-se que no mapa inicial predominam categorias genéricas como "Característica não atribuída" e fontes gerais como "F.E-Química". Já no mapa final, observa-se um incremento significativo na quantidade e especificidade das informações, especialmente nas características das fontes específicas de energia, com destaque para "Fu- Característica" que ressalta características ligadas a Fusão Nuclear.

Ao investigar o gráfico que apresenta os dados referentes a estudante C-01 nota-se que no mapa inicial, destaca-se significativamente o código "Utensílios domésticos", indicando uma abordagem mais superficial e cotidiana acerca das fontes de energia. Já no mapa final, é visível a profundidade na descrição explicativa das fontes específicas de energia, especialmente nas categorias "Fu- Explicativo" (Fusão Nuclear) e "Fi- Explicativo" (Fissão Nuclear). Sendo este um forte indicativo da compreensão da Fusão Nuclear e de sua distinção da Fissão Nuclear.

DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

A análise dos mapas mentais das estudantes A-03 e C-01 evidencia o impacto positivo da aplicação sequência didática construída com o apoio da IA na promoção da aprendizagem significativa. Inicialmente, ambas apresentaram estruturas conceituais genéricas e superficiais: A-03 utilizou categorias amplas como

“Característica não atribuída” e menções vagas a fontes energéticas (“F.E- Química”), enquanto C-01 destacou “Utensílios domésticos”, refletindo uma abordagem cotidiana e pouco aprofundada.

Após a sequência didática, os mapas finais revelaram avanços conceituais significativos, com maior especificidade e articulação de ideias, indicando aprendizagem significativa nos termos de Ausubel (2003) e Moreira (2018). A-03 demonstrou clara diferenciação progressiva ao incluir informações detalhadas sobre fontes energéticas, especialmente sobre a fusão nuclear (“Fu- Característica”), evidenciando conexões mais sólidas entre novos conteúdos e seus subsunçores prévios.

A estudante C-01 também evidenciou transição de uma compreensão superficial para uma estrutura conceitual mais organizada. A inclusão de categorias explicativas específicas, como "Fu- Explicativo" (Fusão Nuclear) e "Fi- Explicativo" (Fissão Nuclear), indica integração de novos significados de forma substantiva e não arbitrária à sua estrutura cognitiva prévia. A distinção entre fusão e fissão reforça a eficácia dos organizadores prévios e materiais da sequência didática, destacando o papel mediador das estratégias pedagógicas na promoção da aprendizagem significativa.

Esses achados confirmam as proposições de Moreira (2021a), para quem a aprendizagem significativa vai além da assimilação, envolvendo a capacidade de aplicar conhecimentos, distinguir conceitos e estabelecer relações hierárquicas. A análise dos mapas mentais valida seu uso como ferramenta avaliativa, demonstrando a evolução cognitiva dos estudantes no contexto de ensino mediado por IA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que o ChatGPT, usado via “Prompt Transpositor” e manipulado pelo docente, viabilizou a transposição didática da temática fusão nuclear em cinco encontros com alunos do 3º ano do Ensino Médio. A transposição didática seguiu os princípios trazidos pela Teoria da Transposição didática e da Aprendizagem significativa com uma temática que se alinha aos Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular. A comparação entre os mapas mentais iniciais e finais revelou clara evolução conceitual, evidenciando aprendizagem significativa e

validando tanto o processo da transposição didática quanto da construção da sequência didática.

Os resultados indicam que ferramentas de IA como o ChatGPT, quando orientadas por prompts refinados, facilitam a elaboração de sequências didáticas para temas emergentes, favorecendo conexões cognitivas profundas e aprendizagem significativa. Recomenda-se ampliar a investigação do uso docente da IA em diferentes contextos, disciplinas e metodologias de ensino, para atualizar o ensino em Física e em outras áreas, fortalecendo uma educação científica cada vez mais atual e relevante.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. N.; DE FARIA, B. L. Impacto do ChatGPT no ensino e aprendizagem: Transformando Paradigmas e Abordagens: Impact of ChatGPT on teaching and learning: Transforming Paradigms and Approaches. **Revista Cocar**, [*S. l.*], v. 18, n. 36, 2023.

AUSUBEL, D. **EDUCATIONAL PSYCHOLOGY A COGNITIVE VIEW**. New York: Holt, Rinehart and Winston, INS., 1968.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. [*S. l.*]: Lisboa, 2003. v. 1, .

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

BRASIL, M. da educação. **PCN+-Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais FÍSICA**. [*S. l.*: *s. n.*], 2002. . Acesso em: 30 set. 2023.

BRASIL, M. da E. **Base Nacional Comum Curricular**. [*S. l.*]: MEC, 2018. . Acesso em: 30 set. 2023.

CHEVALLARD, Y. SOBRE A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS Chevallard SOBRE A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS 1 ON DIDACTIC TRANSPOSITION THEORY: SOME INTRODUCTORY NOTES. [*S. l.*], 2013.

GRAY, D. E. **Pesquisa no mundo real**. [*S. l.*: *s. n.*], 2016.

MICHAELSEN, G. A.; DOS SANTOS, R. P. Is English the New Programming Language? How About Pseudo-code Engineering? **Acta Scientiae**, [*S. l.*], v. 26, n. 1, 2024. Disponível em: http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/8086/pdf.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica (Meaningful learning: from the classical to the critical view). *In*: CONFERÊNCIA DE ENCERRAMENTO DO V ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, MADRID, ESPANHA, SETEMBRO DE, 2007. [*S. l.*]: sn, 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa em ciências: condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista–ENCITEC**, [*S. l.*], v. 11, n. 2, p. 25–35, 2021a.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, [*S. l.*], 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. ENSINO DE CIÊNCIAS: CRÍTICAS E DESAFIOS. **Experiências em Ensino de Ciências**, [*S. l.*], v. 16, n. 2, p. 1–10, 2021b.

MOREIRA, Marco Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Instituto de Física-UFRGS**, [*S. l.*], 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avancados**, [*S. l.*], v. 32, n. 94, p. 73–80, 1 set. 2018.

PIETROCOLA, M. **Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society**. [*S. l.*: *s. n.*], 2019.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. **Revista conceitos**, [*S. l.*], v. 10, n. 55, p. 55–60, 2004.