

## **Unidade de Ensino Inclusiva: Uma proposta de Ensino de Física para estudantes surdos do Ensino Médio<sup>+</sup>\***

---

*Lucas Teixeira Picanço<sup>1</sup>*

Secretaria de Estado de Educação do Amazonas

*Agostinho Serrano de Andrade Neto<sup>1</sup>*

*Marlise Geller<sup>1</sup>*

Universidade Luterana do Brasil

Canoas – RS

### **Resumo**

*Este artigo apresenta uma sequência didática desenvolvida para o ensino de Física para estudantes surdos, intitulada Unidade de Ensino Inclusiva – UEI. Tal abordagem de ensino representa uma ampliação das ideias de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, no que tange a contemplar o desenvolvimento de estratégias pedagógicas que respeitem em primeiro lugar a identidade cultural dos estudantes surdos. Relata-se o processo de criação da UEI, destacando as atividades desenvolvidas nela. Em seguida são apresentados os resultados da aplicação dessa metodologia, no contexto de uma Escola Especial para surdos do Rio Grande do Sul, durante a pandemia de Covid-19 e como principal descoberta, ressalta-se que os participantes desta pesquisa tinham um conceito limitado a respeito do tema energia antes da intervenção pedagógica, restringindo esse essencialmente ao conceito de energia elétrica, mas ao final do processo de ensino e aprendizagem passaram a reconhecer, ainda que parcialmente, outras formas de energia e também criaram sinais para denominar duas das formas de energia mais exploradas na sequência didática. Por fim, ressaltam-se os aspectos bem-sucedidos e quais podem ser melhorados, e ainda algumas possibilidades de aplicação dessa metodologia para outros temas do componente curricular da Física e outros contextos da educação especial, ressaltando*

---

<sup>+</sup> Inclusive Teaching Unit: A physics teaching proposal for High School deaf students

<sup>\*</sup> Recebido: 14 de outubro de 2022.

Aceito: 30 de julho de 2024.

<sup>1</sup>E-mails: [lucas.t.picanco@gmail.com](mailto:lucas.t.picanco@gmail.com); [agostinho.serrano@ulbra.br](mailto:agostinho.serrano@ulbra.br); [marlise.geller@ulbra.br](mailto:marlise.geller@ulbra.br)

*a possibilidade de construção de novas UEI's, tal como a apresentada neste artigo.*

**Palavras-chave:** *Educação dos Surdos; Ensino de Física; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS; Unidade de Ensino Inclusiva – UEI; Educação Especial.*

### **Abstract**

*This article presents a didactic sequence developed for teaching physics to deaf students entitled Inclusive Teaching Unit – ITU. Such a teaching approach represents an expansion of the ideas of a Potentially Meaningful Teaching Unit – PMTU, in terms of contemplating the development of pedagogical strategies that first respect the cultural identity of deaf students. The ITU's creation process is reported, highlighting the activities developed in it. Then, the results of applying this methodology are presented in the context of a Special School for deaf in the Rio Grande do Sul during the Covid-19 pandemic. As the main finding, it is emphasized that the participants of this research had a limited concept of the energy theme before the pedagogical intervention, essentially restricting it to electric energy. Still, at the end of the teaching and learning process, they began to recognize, albeit partially, other forms of energy and created signs to name two of the most explored forms of energy in the didactic sequence. Finally, the successful aspects are highlighted, and which can be improved, as well as some possibilities of application of this methodology to other topics of the curricular component of Physics and different contexts of special education, highlighting the possibility of building new ITUs, such as the presented in this article.*

**Keywords:** *Special Education; Education of the Deaf; Teaching Physics; Potentially Meaningful Teaching Unit – PMTU; Inclusive Teaching Unit – ITU.*

## **I. Introdução**

Conforme as ideias de Zabala (1998), constitui-se como um dos objetivos fundamentais para qualquer bom profissional, e ainda mais para o professor, ser cada vez mais competente no seu ofício. De fato, talvez essa seja uma eterna busca pelo ideal grego de práxis, a prática fundamentada em teoria ou fazer consciente.

E nessa perspectiva, levando-se em consideração o processo de ensino e aprendizagem, Zabala (1998) nos leva a questionar: (a) Como melhorar a prática educativa? (b) Que experiências, modelos, exemplos e propostas são mais adequados ou menos adequados para implementação em sala de aula? (c) Quais são os critérios para avaliá-los? (d) Será que os resultados obtidos por outros pesquisadores em outros contextos educacionais podem ou não ser total, ou parcialmente aplicados ao nosso contexto? (e) Será que os resultados empíricos são suficientes para justificar o uso de uma determinada teoria de aprendizagem ou metodologia? (f) Esses resultados se aplicam a todos os estudantes, independentemente do ponto de partida, ou sem considerar as condições em que nos encontramos e os meios de que dispomos?

As respostas a estas perguntas certamente não são triviais; muito pelo contrário, como tudo no meio educacional, estão imbuídas de grande complexidade, sendo necessário considerar diversos fatores intervenientes, como, por exemplo, o próprio contexto educacional.

Nesse sentido, Zabala (1998) ressalta que o contexto educacional se constitui como um microsistema definido por determinado espaço, organização social e certas relações interativas, que influenciam diretamente numa intervenção pedagógica, pois determina o uso dos recursos didáticos e os processos educativos se explicam como elementos estreitamente integrados neste sistema.

No entanto, apesar da inerente complexidade envolvida nos mais variados contextos educacionais destacados por muitos autores (e.g. Schwartzman; Brock, 2005; Neves, 2007; Kassar, 2011), temos como certeza que em vários aspectos a prática educativa pode ser revisitada e aprimorada.

Este artigo trata justamente da possibilidade de aperfeiçoar a prática educativa, no ensino de Física, num ambiente da Educação Especial para Surdos, por uma proposta de Sequência didática desenvolvida para uma pesquisa de Doutorado, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA aprovado pelo Comitê de Ética sob protocolo número CAAE: 26499019.8.0000.5349 que consiste no que chamamos Unidade de Ensino Inclusiva – UEI.

Essa é uma denominação original e caracteriza-se como uma contribuição às ideias de Moreira (2011) de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, no que se refere ao desenvolvimento de estratégias para a adequação e/ou criação de sequências didáticas para estudantes surdos, que respeitem em primeiro lugar a sua identidade cultural, e que forneçam estratégias de ensino viáveis e relevantes ao desenvolvimento cognitivo desses estudantes.

Assim sendo, a seção 2 apresenta o que são UEPS e como elas vêm sendo utilizadas como uma metodologia de ensino em diferentes contextos educacionais, nas mais diversas áreas de conhecimento, sendo apresentado também o referencial teórico usado na construção desta sequência didática, a Teoria da Mediação Cognitiva – TMC (Souza, 2004), e o porquê da sua escolha.

A seção 3 especifica o referencial, fazendo-o convergir para o conteúdo específico deste trabalho, o ensino do tópico Energia Mecânica, modulado na nossa Unidade de Ensino

Inclusiva – UEI, e detalhamos todas as atividades desenvolvidas dentro do nosso arcabouço teórico da Teoria da Mediação Cognitiva – TMC (Souza, 2004), dos níveis de representação dos fenômenos físicos (Gabel, 1993) e dos preceitos da educação de surdos (Campello, 2008; Quadros, 2006).

A seção 4 apresenta a análise dos resultados da aplicação da sequência didática proposta para estudantes surdos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola especial para surdos da rede estadual do Rio Grande do Sul e finalmente, na seção 5 traz algumas possíveis extensões para a UEI, considerando outros contextos inclusivos e são tecidas as considerações finais referentes ao movimento de construção e análise da UEI apresentada.

## **II. UEPS e a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC)**

De acordo com Moreira (2011), uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é “uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa”. Essa definição dada por Moreira complementa a definição de Sequência Didática destacada por Zabala (1998, p. 20), considerando que sequências didáticas “são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática”.

Em diferentes contextos educacionais, muitos autores utilizaram sequências didáticas ou especificamente UEPS, seja no ensino de Língua Portuguesa, Matemática, Biologia, Química, entre outros componentes curriculares. Mas é no ensino de Física que mais se observa a utilização de UEPS como metodologia para o ensino de mecânica, óptica, ondulatória, eletromagnetismo, modelos atômicos e física quântica (Picanço, 2022a, cap. 2).

Entretanto, apesar dos relevantes trabalhos destacados por Picanço (2022a) nessas áreas do conhecimento, observa-se que a literatura se torna escassa, no que diz respeito ao desenvolvimento de estratégias para a adequação e/ou criação de Unidades de Ensino (ou mesmo Sequências Didáticas) para estudantes surdos no Ensino de Física. Na nossa pesquisa, encontramos poucos artigos (Vargas; Gobara, 2015; Picanço; Cabral Neto, 2017; Morales; De Carvalho; Philippsen, 2020) que exploram essa metodologia de ensino para surdos, destacando que existe um amplo caminho a ser galgado.

Partindo do pressuposto indicado por Moreira (2011), da adoção de uma Teoria de Aprendizagem para fundamentar a UEPS, escolhemos para nossa fundamentação teórica a Teoria da Mediação Cognitiva – TMC (Souza, 2004), aos moldes do que foi elaborado por Freitas (2019), porém considerando também os níveis de representação dos fenômenos físicos (Gabel, 1993) e os preceitos da Educação Especial de surdos no ensino de física (Picanço; Andrade Neto, Geller, 2021), principalmente no que concerne à sua identidade cultural e às suas características específicas (Quadros, 2006; Campello, 2008); e ainda o uso de recursos digitais de Tecnologia Assistiva – TA, como mediadores Hiperculturais (Picanço; Andrade Neto, Geller, 2022b).

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) é uma teoria recente, proposta por Bruno Campello de Souza na sua tese de doutorado (Souza, 2004). Essa teoria assimila muitos aspectos essenciais das principais Teorias Cognitivas já consagradas, como a Epistemologia Genética de Jean Piaget, a Teoria de Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, a Teoria Social da Aprendizagem de Lev S. Vygotsky e a Teoria Triárquica da Inteligência de Robert J. Sternberg.

A TMC é especialmente relevante para o nosso contexto de ensino de física para surdos, pois, oferece uma abordagem atual, ao buscar explicar os impactos da Era Digital e da introdução das Tecnologias da Informação e da Comunicação – TIC, na sociedade e nas estruturas cognitivas individuais dos seres humanos (Souza, 2004; Souza *et al.*, 2012).

Logo, a escolha pela Teoria da Mediação Cognitiva – TMC (Souza, 2004), em vez da Teoria da Aprendizagem Significativa – TAS como referencial teórico para Unidade de Ensino Inclusiva – UEI, se justifica pelo fato de ambas as teorias serem cognitivistas, ou seja, concentram-se na forma como o indivíduo cognoscente interage com o objeto cognoscível, conservando assim pontos convergentes. Porém, além disso, a TMC oferece uma abordagem atual para como interagimos com as tecnologias digitais, descrevendo que a cognição humana não se restringe ao funcionamento cerebral, mas o extrapola, pois complementamos esse funcionamento com processamento auxiliar e externo ao cérebro, que inclui objetos, artefatos, grupos sociais e culturas (Souza, 2004).

Se traçarmos um paralelo entre essas duas teorias de aprendizagem, percebemos também muitas semelhanças. Partindo, por exemplo, do processo de subsunção na TAS (Ausubel, 2003), vemos que este é contemplado na TMC por meio do acionamento de “drivers” no processamento cerebral do indivíduo (Souza *et al.* 2012). Para Souza e colaboradores (2012), esses drivers são representações mentais de um sistema básico ou código composto por “teoremas em ação”, no sentido definido por Vergnaud (1997 apud Souza *et al.* 2012).

Ou seja, enquanto a TAS diz que, para que o estudante possa aprender de forma significativa e não mecânica, ele precisa ancorar o novo conceito a um conhecimento prévio, por meio de um objeto potencial de aprendizagem ou um organizador prévio (Ausubel, 2003), a TMC, temos que esse processo ocorre por meio do estabelecimento de uma conexão entre o objeto de conhecimento e o “driver” de processamento de informações por meio de mediações cognitivas (Souza *et al.* 2012), e este processo pode ser evidenciado nos gestos manifestados pelos estudantes ao lembrarem da interação com simuladores, por exemplo (Trevisan; Andrade Neto, 2014; Freitas; Andrade Neto, 2019; Trevisan; Andrade Neto, 2019).

No entanto, não são as semelhanças entre essas duas teorias que mais nos interessam, mas sim o aspecto mais relevante que nos fez escolher a TMC, modelo descritivo para a cognição humana, pois Souza (2004) estabelece na sua Teoria que, no processo de construção da cognição humana, emergem, essencialmente, quatro tipos de mediação cognitiva: Psicofísica, Social, Cultural e Hipercultural.

Os autores Picanço, Andrade Neto e Geller (2022b), apresentam exemplos dessas mediações, coletados na literatura, sendo muitos deles aplicados à educação dos surdos, e os autores destacam especialmente a mediação Hipercultural por meio de recursos digitais de Tecnologia Assistiva – TA para surdos, apresentando uma classificação para esses recursos com base nas ideias de Esquembre (2002).

Contudo, não buscamos neste artigo discutir os pormenores da TMC, mas sim usá-la como balizador, para oferecer como sugestão que propostas pedagógicas para os surdos podem se basear nessas quatro mediações cognitivas, e principalmente na mediação Hipercultural, tendo também em vista o contexto de ensino remoto e/ou híbrido, vivenciado recentemente com a pandemia de Covid-19 no ensino de Surdos (Picanço; Andrade Neto, Geller, 2023).

Para tanto, sabendo que a mediação Psicofísica se constitui por meio da interação do ser humano com um objeto físico, como um ábaco, por exemplo, temos que, na nossa proposta, essa mediação ocorre na execução de experimentos físicos reais (laboratoriais ou caseiros), e a mediação social ocorre na interação dinâmica entre os participantes da pesquisa, seja de forma presencial ou remota. Enquanto a mediação cultural é estabelecida por meio da análise de vídeos de atividades humanas, como a prática de esportes, por exemplo.

Na nossa proposta de ensino, é dado maior destaque à mediação Hipercultural, mais evidente na realização de atividades em que os recursos tecnológicos são mais proeminentes e principalmente, na implementação de recursos digitais de Tecnologia Assistiva – TA descritos pelos autores Picanço; Andrade Neto e Geller (2022b).

Portanto, os materiais elencados aqui exploraram recursos didáticos que privilegiam o aspecto visual-espacial da cultura surda, dentro da perspectiva da Pedagogia Visual (Campello, 2008), estando estes materiais alinhados com o nosso referencial da TMC (Souza, 2004; Souza *et al.* 2012).

A seção a seguir apresenta a nossa Unidade de Ensino Inclusiva – UEI propriamente dita, detalhando todas as atividades desenvolvidas nela, dentro do nosso arcabouço teórico.

### **III. A construção de uma Unidade de Ensino Inclusiva – UEI**

Durante o processo de construção da nossa Unidade de Ensino Inclusiva-UEI, além do Referencial teórico da TMC (Souza, 2004; Souza *et al.* 2012), apresentado na seção anterior, buscou-se atender às especificidades do estudante surdo, desde um simples questionário ou texto, que nesse caso passa a ser disponibilizado em formato digital e conta com o auxílio de um plugin de tradução para Libras, ao uso da Realidade Aumentada – RA, para garantir a tradução para Libras do funcionamento de um experimento físico ou virtual.

Também desenvolvemos ou adaptamos recursos de Tecnologia Assistiva (TA) para a implementação da UEI, entendidos por nós, dentro do nosso referencial teórico como mediadores cognitivos hiperculturais (Picanço; Andrade Neto, Geller, 2022b).

Buscou-se verificar também se existia a tradução de conceitos físicos em Libras, consultando, por exemplo, o dicionário de Libras na plataforma do Instituto Nacional de

Educação dos Surdos – INES e, para os casos afirmativos, verificar se não existia algum equívoco conceitual; já para o caso da falta de tradução de conceitos, buscou-se usar classificadores<sup>2</sup>, adotar um glossário ou desenvolver com a comunidade surda pesquisada sinais para tradução.

Logo, a Unidade de Ensino foi estruturada num formato que permite ao professor analisar e implementar estes recursos conforme a sua possibilidade e necessidade pedagógica, sendo descritos os elementos que podem ajudar a aperfeiçoar a sua prática de ensino, principalmente no que se refere ao ensino de estudantes surdos, pois os materiais didáticos utilizados aqui, exploraram as características visuais de experimentos, simuladores, vídeos, aplicativos ou softwares como recursos didáticos para o ensino de Física para surdos. De modo a privilegiar métodos pedagógicos e materiais didáticos que dependem de apoio visual, a chamada Pedagogia Visual (Campello, 2008).

Contudo, não queremos ocasionar obstáculos de natureza epistemológica e visões inapropriadas para os modelos dos fenômenos físicos (Mortimer, 2000), prestigiando em demasia um aspecto em detrimento de outro. Sendo assim, a abordagem adotada nesta Unidade de Ensino Inclusiva – UEI, visa a proporcionar uma formação que contemple os três níveis de representação de um fenômeno físico (Gabel, 1993).

Tal abordagem foi utilizada no ensino de Química (para estudantes ouvintes) por Carobin e Andrade Neto (2003) e por Perry e Andrade Neto (2005), que estenderam as ideias de Gabel (1993), e adotaram para representação de fenômenos naturais três níveis de representação, a saber, o nível sensorio, o nível simbólico (equações, tabelas) e o nível do modelo físico (microscópico ou não).

Na nossa proposta pedagógica, o nível sensorio é apresentado nas atividades experimentais, enquanto o nível simbólico é representado pela abordagem analítica, por conceitos, equações, tabelas, gráficos e pelos sinais em Libras necessários para a explicação do fenômeno. Já o nível do Modelo físico é apresentado nas simulações computacionais. Estes níveis estão descritos nas subseções a seguir, sendo todos trabalhados de forma conjunta ao longo da UEI, em diferentes graus de aprofundamento epistemológico.

Temos também o uso da modelagem computacional (mediação cognitiva hipercultural) para exemplificar com maior nível de abstração e com recursos visuais um determinado conteúdo. Além do uso de outras Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC's como smartphone e computador, usados aqui também como ferramentas para uso de recursos digitais de Tecnologias Assistivas (TA).

Tendo em vista ainda as orientações normativas da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2020), a presente Unidade de Ensino Inclusiva – UEI propõe um conjunto de atividades, métodos e materiais que podem ser explorados no 1º ano do ensino médio, no eixo temático

---

<sup>2</sup> Em Língua de Sinais, classificadores são estruturas morfossintáticas, caracterizadas pelas configurações de mãos e partes do corpo, que são usadas em verbos de movimento e localização, como articuladores para indicar o nome do referente ou o agente da ação (Bernadino, 2012).

Matéria e Energia, com o tema princípios da conservação da energia, trabalhado ao longo de 7 aulas, conforme mostra a subseção a seguir.

#### **IV. A descrição das atividades planejadas**

**Aula 1:** Analisando os conhecimentos prévios dos estudantes.

A aula 1 tem por objetivo sondar os conhecimentos prévios dos estudantes, por meio de um teste diagnóstico. Esse passo é fundamental para estabelecer uma relação entre o conteúdo que vai ser estudado nas próximas aulas da Unidade de Ensino Inclusiva e o cotidiano do estudante.

A aula inicia instigando os estudantes a expressar os seus conhecimentos prévios sobre Energia. Para isso, cada estudante recebe um questionário com perguntas abertas como, por exemplo, “o que é energia”, “quais os tipos de energia você identifica nas figuras a seguir”, etc.

As respostas dos estudantes são importantes para estabelecer o nível de entendimento individual e da turma antes da intervenção pedagógica, são fundamentais para dar continuidade à implementação das demais aulas planejadas e servem como “escala de medida” quando forem aplicados novos questionários ao longo da UEI.

Com base nas respostas dos estudantes, o professor pode classificar os estudantes de acordo com níveis de conhecimento do tema, desenvolvendo e/ou aplicando algum tipo de taxonomia que indique o nível de entendimento do estudante, por exemplo (e. g. Picanço, 2015).

É fundamental que os estudantes tentem responder às questões individualmente e que não troquem informações entre si, e o professor deve conter-se para não responder às questões, de modo que os estudantes se esforcem para pensar sobre o tema proposto e expor as suas ideias iniciais a respeito do tema.

**Aula 2:** O que você entende sobre ENERGIA?

A aula 2 tem por objetivo socializar os conhecimentos prévios dos estudantes aferidos no teste diagnóstico, por meio de um debate (mediação cognitiva social). Esse passo é fundamental para estabelecer uma relação dinâmica entre o cotidiano dos participantes da pesquisa e o conteúdo que vai ser estudado nas próximas aulas da UEI.

Após recolher os questionários, o professor pode realizar uma reunião (presencial ou online) com os estudantes, e questionar, por exemplo: quais os tipos de energias as imagens representam? Qual a importância do estudo da energia para as pessoas, a ciência, tecnologia e sociedade?

Esses questionamentos podem ser feitos de maneira direcionada, perguntando pontualmente para cada estudante, ou ser questionado de forma geral e quem quiser responder fica à vontade para fazê-lo para evitar constrangimentos.

**Aula 3:** Afinal, o que é energia?

Nesta etapa da implementação da Unidade de Ensino, são introduzidos de maneira formal alguns conceitos fundamentais sobre as ideias abstratas que representam conceitos de



energia em diferentes contextos, algumas das principais formas de energia cinética e potencial, transformação de energia, o princípio da conservação da energia e o Teorema Trabalho-Energia (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Hewitt, 2015; Yamamoto; Fuke, 2016), respeitando o nível representação simbólica, apresentadas por meio de uma aula expositiva e dialogada (mediação cognitiva social).

Com o auxílio de um *Datashow* (de forma presencial) ou utilizando um Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA (de forma virtual, síncrona ou assíncrona), o professor apresenta os principais tópicos relacionados à energia mecânica. Assim, mostram-se algumas das principais formas de energias como, por exemplo, a energia potencial gravitacional, a cinética e a potencial elástica, destacando também um dos princípios mais fundamentais da natureza, o princípio de conservação da energia, e o teorema do trabalho e energia.

**Aula 4:** Atividade experimental: a transformação da energia.

Um dos principais fenômenos apresentados na Natureza é a transformação da energia, entender esse princípio fundamental, é importante entender como e por que ocorre a realização de um trabalho, no sentido físico do termo (o produto da componente de uma força que atua na direção do movimento, pela distância percorrida por um móvel) (Hewitt, 2015).

Assim, divididos em grupos menores, os estudantes realizam 2 (duas) atividades experimentais, que correspondem na nossa abordagem metodológica à representação macroscópica do fenômeno, ou seja, corresponde ao nível sensório (Gabel, 1993) e também à mediação cognitiva psicofísica (Souza, 2004).

Na primeira atividade experimental, eles usam um carrinho de brinquedo acoplado a uma polia e a um contrapeso, para transformar energia potencial gravitacional em energia cinética, tal como o apresentado na Fig. 1. E na segunda atividade experimental, os estudantes realizam um experimento de queda livre convencional, queda de uma bola de borracha e a queda de bolinhas de massinha de modelar.



*Fig. 1 – Montagem da atividade experimental “Carrinho divertido da Física”.*

Com esses experimentos simples, os estudantes podem observar na prática como ocorre a transformação de energia potencial em cinética.

Para realizar estas atividades de forma objetiva, os estudantes recebem um roteiro de atividade para executar cada experiência, e devem responder algumas questões sobre o fenômeno abordado e elaborar filmagens com a câmera do *smartphone*, utilizando o aplicativo Analisador de Vídeos *VidAnalysis-free* (mediação cognitiva hipercultural), de forma análoga ao que foi feito por Moraes (2019).

Essa etapa de coleta de dados com o celular é fundamental para operacionalização e modelagem matemática nas aulas subsequentes e, com o auxílio do aplicativo, os estudantes podem estabelecer a velocidade instantânea em pontos específicos durante a queda da bolinha de borracha, por exemplo, e posteriormente, determinar a energia cinética e potencial, bem como aplicar o princípio da conservação de energia.

**Aula 5:** A análise da Energia em dois exemplos do cotidiano: A pista de *Skate* e o circo.

Saber reconhecer e classificar as diferentes formas de energia é fundamental para entender quais os princípios e leis que regem os movimentos, ou seja, esse conhecimento é importante, pois está relacionado diretamente ao nosso cotidiano, uma vez que o estudante pode entender atividades humanas (mediação cognitiva cultural) como a prática de esportes, como o *skate*, ou ainda atividades recreativas, como pular numa cama elástica.

Assim, esta aula inicia recapitulando alguns pontos da aula anterior, principalmente o que se refere às transformações de energia e, após essa breve revisão, os estudantes são questionados como os conceitos apresentados na aula anterior se aplicam ao nosso cotidiano.

E com o intuito de sensibilizar e estimular os estudantes a conhecerem e contextualizarem o conhecimento apresentado nas aulas anteriores, é apresentada uma reportagem sobre a Mega rampa de 24 m de altura, construída pelo skatista Bob Burnquist, e a apresentação de dois vídeos (com legenda e Tradução em Libras).

O primeiro vídeo é o recorte de uma reportagem do Globo Esporte que mostra um cadeirante desafiando a mega rampa e o segundo vídeo mostra um recorte da apresentação “O Ovo” da companhia *Cirque de Soleil*.

Em grupos pequenos ou individualmente, os estudantes utilizam duas simulações, “A Energia na pista de Skate” (*PhET* Colorado) e “Energia Trapezista” (LabVirtual – USP) ou o *Scratch* (Animação desenvolvida pelos autores), disponíveis gratuitamente na internet.

Esses objetos educacionais são simples e o seu uso pode ser intuitivo, mas para facilitar a interação e dar objetividade ao uso das simulações, foi elaborado um roteiro de atividade para auxiliar os estudantes a resolver questões e situações-problema.

Sendo assim, esta aula explora o nível de representação do modelo físico, ao utilizar esses dois simuladores (*PhET* Colorado e o LabVirtual) (mediação cognitiva hipercultural), para demonstrar como o modelo científico pode ser aplicado nas nossas atividades cotidianas,

destacando principalmente as formas de energia envolvidas no processo e as transformações de energia.

**Aula 6:** A modelagem Computacional e as ferramentas matemáticas que traduzem o princípio da conservação da energia.

Até essa aula, os fenômenos estudados são abordados de maneira empírica e/ou conceitual, baseados em princípios e observações diretas de um experimento físico ou uma simulação, tratadas sem o devido formalismo matemático, que faz parte da descrição quantitativa do fenômeno. Portanto, nessa aula os estudantes aprendem a abordagem analítica baseada na equação clássica do princípio de conservação da energia mecânica (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Hewitt, 2015; Yamamoto; Fuke, 2016); assim, será evidenciada a sinestesia entre os três níveis de representação do fenômeno, os níveis sensorio, simbólico e modelador, para os estudantes surdos (Picanço; Andrade Neto, Geller, 2021).

Para tanto, é apresentada a equação da energia potencial gravitacional, a equação da energia cinética e o princípio da conservação da energia, aplicadas nas situações problemas que foram exemplificadas na execução da simulação “Energia Trapezista”, na aula anterior, e também nos dados fornecidos pelo aplicativo Analisador de Vídeos *VidAnalysis-free*, coletados na aula 4.

Essa aula é, portanto, um passo decisivo na consolidação formal do conteúdo, pois os estudantes devem aprender a utilizar as equações que são de fundamental importância na resolução de questões e situações-problema relacionadas com as avaliações externas e os vestibulares, que fazem parte da operacionalização do conteúdo.

Esta aula inicia recapitulando alguns pontos da aula anterior, principalmente ao que se refere às anotações feitas pelos estudantes no roteiro de atividade da aula 5, sobre as energias cinética, potencial e total (mecânica) apresentadas na simulação “Energia Trapezista”. Após essa breve revisão, os estudantes são questionados como esses valores são determinados e como podemos encontrar esses valores utilizando a modelagem matemática.

Tendo em vista, que os estudantes estão agora familiarizados com os conceitos e princípios, bem como os fenômenos apresentados nas aulas anteriores, então na aula 6 apresenta-se a forma analítica das atividades desenvolvidas nas aulas anteriores.

Inicia-se a aula com a análise matemática dos dados coletados na aula 5, onde os estudantes calculam ponto a ponto, conforme solicitado no roteiro de atividades da aula anterior, a energia cinética, a energia potencial gravitacional e a conservação de energia, considerando a altura ( $h$ ), a velocidade ( $v$ ) e a massa ( $m$ ) do trapezista, em diferentes situações.

E, aumentando o grau de dificuldade da análise matemática, os estudantes aplicam os seus conhecimentos no mundo real, através da análise dos dados do aplicativo Analisador de Vídeos *VidAnalysis-free*, coletados na aula 4.

É necessário que o estudante seja perspicaz, pois agora ele tem que usar equipamentos (como balança, cronômetro e fita métrica) para determinar a altura ( $h$ ), a velocidade ( $v$ ) e a

massa ( $m$ ) da bola de borracha, e então calcular a energia cinética, a energia potencial gravitacional e a conservação de energia.

Em seguida, os estudantes utilizam o *software Modellus* (ou *Scratch*), de forma análoga ao que fez Wolff (2015), para verificar e validar os cálculos desenvolvidos na atividade anterior.

Para facilitar interação e garantir maior praticidade, é disponibilizado aos estudantes um arquivo com o modelo matemático para ser usado no *software Modellus* (ou *Scratch*), cabendo somente utilizar os registros adotados na atividade anterior para altura ( $h$ ), a velocidade ( $v$ ) e a massa ( $m$ ) da bola de borracha, e então verificar se os cálculos da energia cinética, a energia potencial gravitacional e a conservação de energia, executados anteriormente, estão corretos ou segundo a previsão teórica, ainda que ocorram divergências de ordem numéricas (em virtude do valor da aceleração da gravidade no local, imprecisão de medida de comprimentos, resistência do ar, etc.).

#### **Aula 7: Teste diagnóstico Final.**

Essa última aula da Unidade de Ensino Inclusiva – UEI, é destinada à aplicação de um teste diagnóstico final, com intuito de verificar formalmente possíveis mudanças no nível de entendimento dos estudantes ou indícios de aprendizagem, em relação ao primeiro teste, no que diz respeito aos conceitos de Energia potencial gravitacional; Energia cinética; Princípio da conservação da energia Mecânica, Teorema Trabalho-Energia.

Também, é oferecido aos estudantes a oportunidade de resolver problemas que envolvam a abordagem conceitual e analítica, observar as informações disponibilizadas nas questões, articulando essas com o seu conhecimento.

Para tanto, os estudantes respondem a um teste com seis questões abertas, porém mais direcionadas que as questões do teste diagnóstico inicial, e a intenção desta aula é conduzir o estudante a dar uma resposta mais completa, fazendo-o ir além da informação dada na questão para deduzir um princípio mais geral.

Assim, concluímos a descrição da nossa Unidade de Ensino Inclusiva – UEI, e a seção a seguir apresenta alguns resultados com o desempenho de um grupo de estudantes surdos de uma escola especial para surdos, ao interagir com a nossa UEI.

### **V. Resultados: O desempenho dos estudantes e a avaliação da Unidade de Ensino Inclusiva – UEI**

Em virtude das características inerentes à educação especial de surdos, também, a paulatina adesão dos estudantes durante o retorno presencial das atividades escolares na pandemia, o número de participantes dessa pesquisa foi de seis estudantes, identificados ao longo do artigo como alunas A01, A04 e A06 e os alunos A02, A03 e A05.

Para enriquecer a análise dos participantes desta pesquisa, consideram-se os apontamentos de alguns autores (Quadros, 2006; Perlin, 1998, 2002, 2014; Thoma, 2009), no

que diz respeito ao modo como as pessoas surdas compreendem a surdez e a si mesmas nesse processo de autoafirmação, e determinar como as concepções desses indivíduos podem impactar na sua postura e comportamento.

Conforme Perlin (1998; 2002; 2014), há sete identidades de sujeitos surdos: (a) Identidade surda (identidade política); (b) identidade híbrida; (c) identidade flutuante; (d) Identidade embarçada; (e) identidade de transição; (f) identidade de diáspora; e (g) identidade intermediária. Para o contexto desta pesquisa, destacam-se especialmente a identidade surda (identidade política) e a identidade flutuante.

Tem-se que a identidade surda, propriamente dita, é fortemente marcada pelo posicionamento político do ser surdo, um sujeito culturalmente definido diferente do ouvinte, algo que é visto em cinco dos seis participantes desta pesquisa.

Porém, quanto à identidade, tal como aponta Perlin (2002), a aluna A06 chama atenção, uma vez que apresenta uma identidade flutuante: ela sempre recorreu à fala para responder perguntas, oralizando a resposta, às vezes sinalizando, às vezes não. Ao longo da aplicação das atividades elencadas na proposta didática, observa-se que ela utilizou onomatopeias para explicar determinados fenômenos, algo que não foi observado nos demais estudantes surdos.

É nesse universo tão singular, com características peculiares e fascinantes, que se desenvolveu este estudo e, por esse motivo, optamos por realizar uma análise qualitativa (Minayo, 2013), uma vez que a pesquisa buscou responder questões muito particulares, referentes a um contexto da Educação Especial, a educação de surdos; tendo como referencial teórico a análise descritiva interpretativa, buscou-se compreender o processo de desenvolvimento e aplicação da UEI através de uma “[...] espécie de ‘diretriz aberta’ para a pesquisa empírica”, sugerida por Rosenthal (2018, p. 12).

Para iniciar a descrição dessa análise, destacamos que foram originalmente planejadas sete aulas na Unidade de Ensino Inclusiva, porém, a sequência didática acabou envolvendo 11 aulas, 4 aulas a mais do que fora planejado originalmente. Além disso, durante algumas aulas, por uma conjunção de fatores, tivemos fortuitamente a disponibilidade de 2 períodos de aula, tal como mostra o quadro a seguir:

Quadro 1 – Distribuição das aulas.

<b>Aula</b>	<b>Conceitos abordados</b>	<b>Atividades Executadas</b>
<b>Aula 1 – 1 tempo</b>	Conhecimento prévio dos estudantes	Teste diagnóstico inicial – Parte 1
<b>Aula 2 – 1 tempo</b>	Conhecimento prévio dos estudantes	Teste diagnóstico inicial – Parte 2
<b>Aula 3 – 2 tempos</b>	Socialização das respostas registradas no Teste Inicial	Debate
<b>Aula 4 – 1 tempo</b>	Introdução conceitual à energia Cinética e Potencial	Aula expositiva dialogada

	gravitacional.	
<b>Aula 5 – 2 tempos</b>	Processos de transformação de energia	Realização de experimentos físicos.
<b>Aula 6 – 1 tempo</b>	Sinais em Libras para energia Cinética e da energia Potencial gravitacional	A criação dos sinais para energia Cinética e energia Potencial gravitacional
<b>Aula 7 – 2 tempos</b>	Formalização matemática do conteúdo: equações da energia Cinética, Potencial Gravitacional e Potencial Elástica.	Aula expositiva dialogada
<b>Aula 8 – 1 tempo</b>	O princípio da conservação da Energia Mecânica	Aula expositiva dialogada
<b>Aula 9 – 2 tempos</b>	A transformação da energia em exemplos do cotidiano	Simulação energia na Pista de Skate
<b>Aula 10 – 2 tempos</b>	A transformação da energia em exemplos do cotidiano	Simulação energia na Cama Elástica.
<b>Aula 11 – 2 tempos</b>	Indícios de Aprendizagem	Teste diagnóstico final

A opção por estender o número de aulas ocorreu devido aos achados iniciais da pesquisa, o que culminou em uma adequação na abordagem original, de modo a proporcionar uma melhor recepção do conteúdo por parte dos seis estudantes que participaram desta pesquisa.

As subseções a seguir destacam esses achados.

### **V.1 O conhecimento prévio dos estudantes a respeito do tema energia**

Uma das principais descobertas da nossa pesquisa se refere ao conhecimento prévio dos estudantes participantes com respeito ao tema energia.

Na primeira parte do teste diagnóstico inicial foram feitas 5 perguntas, quais sejam: 1) O que é energia? 2) Onde podemos encontrar energia? 3) Em que atividades do seu dia a dia você utiliza energia? 4) Um objeto pode ter energia? e 5) Quando a energia é importante?

E na segunda parte do teste diagnóstico inicial foi solicitado que cada estudante analisasse uma série de imagens, identificando se tinha ou não energia na situação descrita na imagem. Para tanto, eles deveriam justificar a resposta.

Assim foram apresentadas oito imagens que ilustram as seguintes situações: (a) chutar uma bola de futebol; (b) subir uma montanha; (c) uma lâmpada acesa; (d) uma vela acesa; (e) um carro em movimento; (f) andar de bicicleta; (g) o lançamento de um foguete e (h) o sol iluminando uma cidade.

As figuras a seguir apresentam alguns dos nossos registros.

Questão	Respostas observadas
1) O que é energia?	<p>que significa e energia, luz, poste, TV, wifi etc...</p> <p>R: "Que significa é energia, luz, poste TV, wifi, etc..."</p>
2) Onde podemos encontrar energia?	<p>eu uso celular desenvolvimento depois fim bateria depois pega carregador a tomada só normal depois que aconteceu → encontro energia.</p> <p>R: "Eu uso celular desenvolvimento depois fim da bateria depois, pega carregar a tomada só normal depois que aconteceu encontrar energia".</p>

Fig. 2 – Respostas da estudante A01 às questões 1 e 2 do teste diagnóstico inicial.



<p>c) uma lâmpada acesa;</p> 	<p>Resposta: tenho energia lâmpada..</p> <p>Resposta: "Tenho energia lâmpada"</p>
<p>d) uma vela acesa;</p> 	<p>Resposta: Não tem energia vela, piada..</p> <p>Resposta: "Não tem energia vela, piada"</p>

Fig. 3 – Respostas da estudante A01 aos itens "c" e "d" da questão 6 do teste diagnóstico inicial.

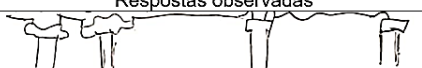
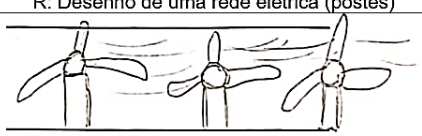
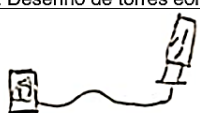
Questão	Respostas observadas
1) O que é energia?	 <p>R: Desenho de uma rede elétrica (postes)</p>
2) Onde podemos encontrar energia?	 <p>R: Desenho de torres eólicas.</p>
3) Em que atividades do seu dia a dia você utiliza energia?	 <p>R: Desenho de um celular carregando na tomada.</p>

Fig. 4 – Respostas do estudante A03 às questões 1, 2 e 3 do teste diagnóstico inicial.

Para o leitor que não está acostumado com a resposta escrita de um estudante surdo, as respostas destacadas nas figuras anteriores podem causar estranheza, podem até mesmo

parecer tautológicas; no entanto, ressaltamos que elas devem ser desvinculadas da norma ouvinte, e que, portanto, devemos olhar de forma diferente para as mesmas (Thoma, 2009).

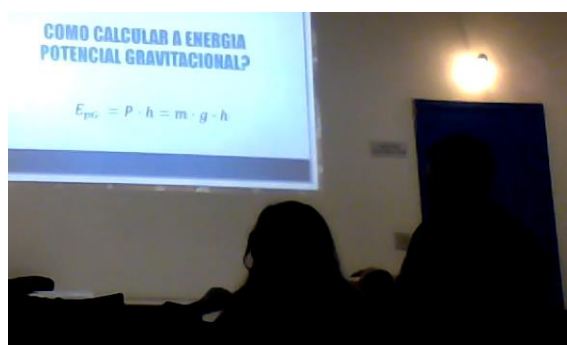
Nessa seção oferecemos a nossa interpretação dessas respostas e não necessariamente o sentido literal delas, tendo em vista o processo todo, considerando a tradução de Libras para Língua Portuguesa, a expressão das ideias dos estudantes antes e durante o registro escrito, tendo como base também os registros em vídeo das explicações dos estudantes dessas respostas nas aulas subsequentes a esse teste diagnóstico inicial.

Sendo assim temos que as respostas dos estudantes se restringiram basicamente a energia elétrica; seja escrevendo ou desenhando, todos os estudantes citaram essa forma de energia, direta ou indiretamente.

Por exemplo, temos que na primeira parte do teste diagnóstico, o estudante A03, que usou somente desenhos para expressar os seus pensamentos, ao ser questionado sobre o que é energia (questão 1) e onde podemos encontrar energia (questão 2), fez o desenho de uma rede elétrica e um parque eólico, respectivamente, destacando assim a distribuição e a produção de energia elétrica. E não somente isso: destacou que utiliza a energia elétrica para carregar o celular (questão 3), que postes e turbinas eólicas têm energia (questão 4) e que ela é necessária em casa (questão 5).

De forma análoga, o estudante A02 também respondeu as quatro primeiras questões com desenhos, desenhando uma rede de distribuição de energia elétrica (questão 1), um aparelho de ar-condicionado (questão 2), um ventilador (questão 3), uma tomada (questão 4) e ainda ressaltou que a energia elétrica é perigosa (questão 5).

É interessante observar, que todos os estudantes citaram essa forma de energia mais de uma vez e, tendo em vista que estamos rodeados de aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos de vários tipos, essa forma de energia é uma das mais evidentes no nosso cotidiano, algo que provavelmente influenciou na resposta de todos os estudantes, como foi o caso da resposta da estudante A01 à questão 4, ao se referir que a lâmpada do sinal luminoso (Fig. 5, lâmpada incandescente em cima da porta, no lado direito da imagem) de troca de tempo é um exemplo de um objeto que pode conter energia.



*Fig. 5 – Lâmpada do sinal.*



Também é importante ressaltar que o sinal de energia em Libras refere-se originalmente a energia elétrica, e não a outras formas de energia, algo que também pode ter influenciado na resposta deles, corroborando talvez a hipótese levantada por Roald e Mikalsen (2000) de que as formas dos sinais que representam objetos podem afetar as concepções das pessoas surdas sobre esses objetos e que a linguagem visual/espacial dos surdos pode ter implicações em como eles estão construindo sua visão do mundo.

Analisando as respostas das estudantes A01 e A04 e do estudante A05 à segunda parte do teste diagnóstico, verificamos ainda mais a predominância de um conceito de energia estritamente ligado ao da energia elétrica.

Por exemplo, a estudante A01 foi por vezes categórica ao afirmar que não tem energia numa vela, e que isso era uma piada (questão 6 – d), ou ainda que não sabe, por experiência própria, que andar de bicicleta tem energia (questão 6- f), algo que demonstra que certamente ela se refere ao conceito de energia elétrica, que de fato não está presente, ou pelo menos não evidentemente nessas duas situações, porém existem outras formas de energia envolvidas aí (a saber, energia potencial química na cera da vela e nos músculos, energia térmica, luminosa, cinética, etc.).

O mesmo fica evidente nas respostas da estudante A04, que afirma que não tem energia na vela porque só tem fogo (desconsiderando este como uma forma de energia, energia térmica) e na resposta do estudante A05, que responde que acha que não tem energia numa vela (questão 6 – d) e logo em seguida responde categoricamente que é “claro que não tem energia” ao se referir ao sol (questão 6 – h).

Algumas respostas, tanto na primeira quanto na segunda parte do teste diagnóstico, também trazem uma visão mais ampla a respeito da energia, mas todas imbuídas de senso comum, e não necessariamente de termos técnicos científicos da Física, como associar o conceito de energia ao de disposição física ou vigor físico no corpo humano.

Esse é o caso, por exemplo, das respostas da estudante A01 (questões 3, 5 e 6-a) e do estudante A05 (questões 3, 5, 6-a e 6-b) que citam indiretamente que biologicamente precisamos de energia para nos movimentar. Algo que pode ser valorizado, tendo em vista os processos biológicos de sinapse e ATP nos músculos, ressaltando a energia potencial química, por exemplo.

Também registramos a associação do termo energia com sentimentos como felicidade, como é evidenciado nas respostas da estudante A04 às questões 6-e e 6-f.

Com base nas respostas dos estudantes ao teste diagnóstico inicial, fizemos algumas alterações na Unidade de Ensino Inclusiva, e essas respostas serviram como ponto de partida, para modificação de conceitos nas aulas que sucederam o teste diagnóstico inicial, permitindo assim que os estudantes conhecessem ou reconhecessem outras formas de energia, e mais especificamente a energia mecânica, potencial gravitacional, elástica e cinética, isso fica evidente nas respostas do teste diagnóstico final, conforme mostra a subseção a seguir.

## V.2 O (re)conhecimento de outras formas de energia

Seguindo uma orientação do Professor participante desta pesquisa, optamos por repetir o teste diagnóstico inicial, pois, segundo as suas palavras, “isso serviria como um bom recorte entre antes e depois da intervenção”.

Dos seis estudantes matriculados na turma, três estudantes participaram da última aula da Unidade de Ensino Inclusiva – UEI e dois deles responderam integralmente os testes inicial e final (estudante A01 e A05), enquanto o outro estudante respondeu somente a primeira parte do teste inicial e integralmente o teste final (estudante A02).

Assim sendo, podemos observar uma nítida mudança entre as respostas iniciais e finais, quais sejam:

- A) Eles passaram a considerar outras formas de energia além da elétrica.
- B) Conseguiram identificar, ainda que parcialmente, que energias estão presentes nas situações elencadas nos testes.

As figuras a seguir apresentam alguns dos nossos registros das respostas dos estudantes ao teste diagnóstico final.

Questão	Respostas observadas
1) O que é energia?	<p>que significa é energia cinética, energia potencial gravitacional, energia potencial, energia mecânica, energia térmica.</p> <p>R: “Que significa é energia cinética, energia potencial gravitacional, energia potencial, energia mecânica, energia térmica”.</p>

Fig. 6 – Respostas da estudante A01 às questões 1 e 2 do teste diagnóstico final.



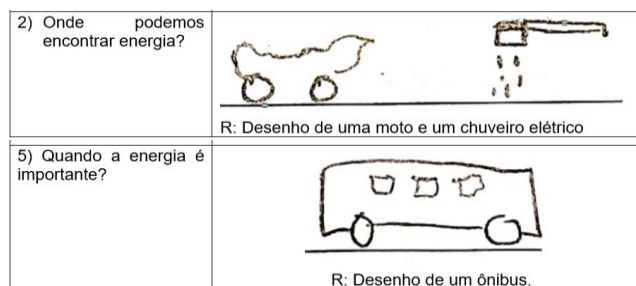
<p>a) chutar uma bola de futebol;</p> 	<p>Energia Cinética</p> <p>Resposta: “Energia cinética”</p>
<p>b) subir uma montanha;</p> 	<p>energia potencial gravitacional</p> <p>Resposta: “Energia potencial gravitacional”</p>

Fig. 7 – Respostas do estudante A05 aos itens “a” e “b” da questão 6 do teste diagnóstico final.



*Fig. 8 – Respostas do estudante A02 às questões 2 e 5 do teste diagnóstico final.*

Analisando, por exemplo, as respostas da estudante A01, vemos que ela agora considera todas as energias apresentadas ao longo das aulas da Unidade de Ensino Inclusiva – UEI (questão 1) e também foi além, identificando essas energias em processos como a chuva (energia cinética dos ventos, questão 2) e no jogo de futebol (alegando que tem energia potencial, questão 3), porém sem desconsiderar a energia elétrica (questão 5), e ainda identificando parcialmente as energias mais importantes ilustradas na questão 6. E é importante lembrar que a estudante A01 considerou, no pré-teste, que perguntar se havia energia numa vela acesa “era uma piada”.

A mesma análise se aplica ao estudante A05, e chama a atenção a resposta dele à questão 2, ao dizer que existem formas diferentes de energia e também relacionar corretamente o estado de movimento do seu corpo com a energia cinética (questão 3 e 5) e ainda relacionar o frio (ausência de calor) com a energia térmica (questão 4), algo que não foi especificamente abordado na UEI, mas que demonstra uma expansão na forma como o estudante analisa esse eletrodoméstico.

Por último, mas não menos importante, temos o estudante A02, que tem um Plano Individual de Estudos – PIE, pois apresenta um quadro de deficiência intelectual leve. Este estudante apresentou muita dificuldade em realizar cálculos durante as aulas, também foi um dos que menos participou. Entretanto, é possível notar diferenças no seu teste inicial e final que evidenciam a aprendizagem dos conceitos.

Ressaltamos que durante a realização do teste final, este estudante perguntava ao professor participante da pesquisa (em Libras), com o intuito de confirmar a sua resposta, por exemplo: “o carro está em movimento, então é energia cinética?” ou então “a lâmpada, a vela, o sol são quentes, então é energia térmica” e o professor explicava sempre que a resposta era dele e que não podia dizer nem que sim, nem que não.

Isso demonstra que, apesar da economia de palavras ao escrever, ele compreendeu os conceitos abordados. Mesmo nas questões na qual ele utilizou desenhos nota-se uma mudança; por exemplo, na questão 2, ele faz o desenho de uma moto e de um chuveiro elétrico, como objetos que têm ou podem ter alguma forma de energia; também ele ressalta com o desenho de um ônibus que a energia é importante nesse meio de transporte (questão 5) (Fig. 8).

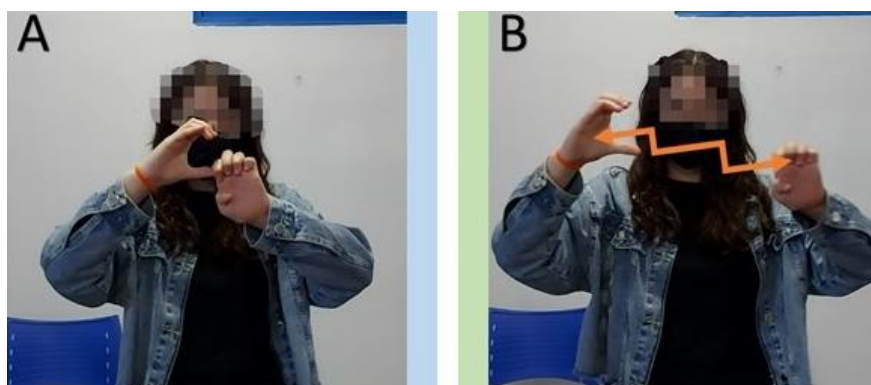
Consideramos que estes estudantes apresentam indícios de aprendizagem dos conceitos abordados e nesse sentido vemos que a intervenção foi bem-sucedida.

### V.3 A criação de sinais para os termos “Energia Cinética” e “Energia Potencial Gravitacional”

Os nossos resultados não se resumem apenas à aplicação de dois testes, o inicial e o final; na verdade, gostaríamos de salientar todo o processo construído ao longo da aplicação da UEI, pois os nossos registros de cada aula trouxeram observações que consideramos muito interessantes e que podem proporcionar temas para outras pesquisas futuramente.

Mas sem dúvida podemos destacar o processo de criação de dois sinais, criados espontaneamente pelos estudantes, para não usarem a datilologia para os termos “energia cinética” e “energia potencial gravitacional”.

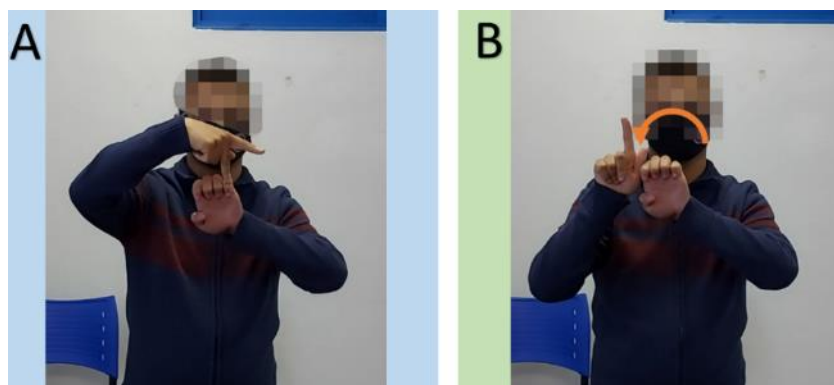
Os estudantes combinaram entre si que o sinal de “energia cinética” teria o mesmo movimento do sinal de energia já utilizado em Libras (sendo comumente associado à energia elétrica), porém com uma configuração de mão diferente, onde a mão dominante fica na configuração da letra “E” e a secundária na configuração da letra “C” e move-se num movimento de ziguezague na horizontal, conforme mostra a Fig. 9:



*Fig. 9 – Estudante A06 fazendo o sinal de Energia Cinética.*

Já o sinal para “energia potencial gravitacional” é icônico e diferente do anterior. Os estudantes optaram por realizar uma configuração de mão bem diferente, com a mão secundária na configuração da letra “E” e a dominante posicionada na extremidade da mão secundária na configuração da letra P; a partir dessa posição executa-se um arco sobre a mão secundária finalizado na letra G, conforme mostra a Fig. 10.

É possível observar empréstimos linguísticos da língua portuguesa nesses sinais, porém, quando questionados, os estudantes participantes desta pesquisa disseram que dessa forma (usando as letras iniciais das palavras) era mais fácil de lembrar do conceito.



*Fig. 10 – Estudante A05 fazendo o sinal de Energia Potencial Gravitacional.*

Ressaltamos que em nenhum momento interferimos na criação desses sinais (eles partiram espontaneamente dos alunos) e que até esse momento não tinham sido apresentados à nomenclatura usada na linguagem científica da Física que adota a letra E com as letras P e G no subscrito do índice para energia potencial gravitacional, portanto, o sinal emergiu naturalmente e todo esse processo foi descrito por Picanço em sua tese de doutorado (2022a), onde são destacadas as “falas”<sup>3</sup> dos estudantes surdos que demonstraram que esses estudantes haviam realmente entendido os conceitos apresentados e que os sinais criados corroboram isto.

Contudo, destacamos que o uso desses sinais se restringe a esse contexto específico, e ainda, a não utilização de classificadores para descrição desses termos foi também uma escolha do professor regente participante da pesquisa, bem como dos próprios estudantes.

O estudo desses sinais é por si só muito interessante do ponto de vista semiótico (Vygotsky, 2004), cabendo mais investigações, pois é possível observar, por exemplo, que configuração do sinal de “Energia Potencial Gravitacional” remete à ideia de campo gravitacional, sendo talvez esse mais um indício de que os estudantes compreenderam os conceitos abordados nas aulas da UEI.

#### **V.4 A utilização de mediadores Hiperculturais**

Por último, mas não menos importante, trazemos como um dos nossos principais achados a utilização de mediadores hiperculturais, o principal deles sem dúvida o aparelho celular, algo que não previmos inicialmente no nosso planejamento, mas que foi sem certamente uma grata surpresa.

Observamos que os alunos recorriam sempre ao editor de texto do celular para registrar as suas respostas nos questionários, quando não perguntavam para o professor regente como se

<sup>3</sup> Caro leitor, tenha em mente o apontamento de Oates (1969, p.10) de que o surdo ““fala” com as mãos e “ouve” com os olhos. Suas mãos pintam quadros dos seus pensamentos ou ideias”. Nesse sentido, ressalta-se que no processo de coleta dos dados houve a tradução simultânea de Libras para Língua Portuguesa que foi registrado em vídeo primeiramente e posteriormente foi feita a transcrição desta tradução no registro escrito da tese de Picanço (2022a).

escrevia tal palavra. Isso demonstra um processamento extra cerebral descrito por Souza (2004) e Souza e colaboradores (2012), no qual observamos que os estudantes surdos usam esse aparelho para melhorar a sua escrita da língua portuguesa, liberando memória de trabalho (Sweller, 2003) para refletir sobre os seus conceitos físicos.

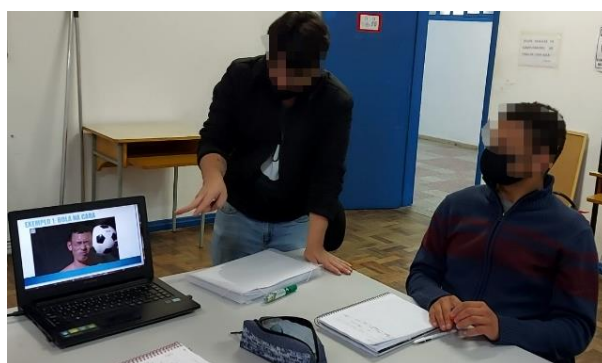
Além da utilização do celular, tivemos a utilização de simuladores, que se mostraram muito produtivos, pois os alunos interagiram com esses softwares e produziram observações e explicações próprias, que chamaram muita atenção dos pesquisadores.

Foi o caso da simulação do *PhEt* Colorado, energia na pista de *Skate*. A figura a seguir mostra o estudante A05 interagindo com a simulação (Fig. 11).



*Fig. 11 – Estudante A05 interagindo com a simulação “Energia na Pista de Skate”.*

Outro ponto de destaque foi a utilização de vídeos que permitiram acessar aspectos de fenômenos não observáveis a “olho nu”, como foi o caso da deformação de uma bola durante o impacto com uma superfície (Fig. 12) ou da cama elástica usada numa apresentação circense (Fig. 13), demonstrando a ação da energia elástica e da força elástica, tal como mostram as Fig. 12 e 13.



*Fig. 12 – Apresentação do arremesso de uma bola de futebol cheia com água no rosto de um homem.*



Fig. 13 – Apresentação do vídeo *Cirque du Soleil – Ovo*.

## VI. Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo principal investigar o uso de uma Unidade de Ensino Inclusiva – UEI e, com base nos resultados apresentados na seção anterior e inspirados em Zabala (1998), podemos concluir respondendo os seguintes questionamentos:

1) Como a nossa proposta ajudou melhorar (ou não) a prática educativa para surdos na escola pesquisada?

2) Que experiências, modelos, exemplos e propostas de ensino foram adequados ou não para implementação nesta pesquisa?

3) Como os resultados obtidos por outros pesquisadores em outros contextos educacionais puderam (ou não) ser total ou parcialmente aplicados ao nosso contexto da educação de surdos?

4) Que resultados empíricos podem justificar de forma substancial o uso da Teoria da Mediação Cognitiva – TMC para surdos, e se eles têm um regime de validade que corrobora de fato a nossa metodologia e essa teoria de Aprendizagem?

5) Os resultados se aplicam somente aos alunos surdos, independentemente do ponto de partida, ou sem considerar as condições em que nos encontramos e os meios de que dispomos, ou podem ser expandidos para outros contextos educacionais através de um Design Universal para a Aprendizagem?

Com relação ao primeiro questionamento, verificamos *in loco* que a Unidade de Ensino Inclusiva – UEI proporcionou uma oportunidade única de trabalhar com diferentes aspectos da formação dos alunos pesquisados, mais especificamente os diferentes níveis de representação dos fenômenos Físicos relacionados ao tema Energia Mecânica e a sua conservação.

Observou-se que os alunos pesquisados tinham uma visão restrita com relação ao conceito de energia, restringindo esse conceito ao da energia elétrica, e nesse sentido, ao final do processo de ensino e aprendizagem vê-se uma considerável mudança na postura dos mesmos, algo que nos leva a declarar que nesse aspecto nossa proposta foi exitosa.



Considerando o segundo questionamento, observamos que os recursos utilizados nessa pesquisa foram na sua grande maioria adequados para os alunos participantes, com exceção de três intimamente relacionados à comunicação.

Esses recursos são:

- a) O aplicativo de análise de vídeo VidAnalysis-free que, ao contrário dos resultados obtidos por Moraes (2019), mostrou-se infrutífera devido a problemas logísticos como falta de acesso à internet e espaço de armazenamento no celular de alguns alunos participantes da pesquisa, e principalmente por esse aplicativo estar todo em inglês;
- b) O plugin de tradução automática, sendo utilizado brevemente durante a apresentação de um vídeo, mas não proporcionou a tradução adequada do vídeo, algo criticado pelo professor participante da pesquisa;
- c) Os questionários escritos, pois os mesmos deixaram os alunos desconfortáveis, sendo uma preocupação para pesquisas futuras considerar somente o registro em vídeo, quando se tratar de alunos surdos.

Quanto ao questionamento 3, destacamos que as atividades originalmente planejadas tiveram que ser modificadas algumas vezes, por inúmeros motivos, dos quais podemos citar direta e indiretamente a própria pandemia de Covid-19.

Inicialmente, tínhamos planejado um teste piloto para 2020; no entanto, a conjuntura global a partir de março do referido ano impediram a realização desse teste piloto.

Também salientamos que antes da pandemia, as atividades desenvolvidas para esta pesquisa foram elaboradas para ocorrer de forma presencial. Porém com a paralisação e retomada do ensino no modelo remoto, tivemos que adaptar toda a pesquisa, criando e adaptando o conteúdo para o ensino remoto, e quando finalmente a janela de aplicação da Unidade de Ensino Inclusiva – UEI convergiu para a ordem cronológica de aplicação no planejamento Curricular do professor pesquisado, tivemos que retornar para o ensino presencial.

Ainda assim, as modificações realizadas para o ensino remoto foram oportunas. Dentre essas modificações, podemos citar, por exemplo, a criação de duas simulações no aplicativo Scratch, que facilitaram a execução de atividades, pois as simulações podem ser executadas diretamente no navegador do celular ou computador ao estilo *plug & play*, sem a necessidade de instalar nenhum *plugin*, *App* ou *software*.

Logo, a simulação da queda de uma bola de Boliche feita no *Scratch*, substituiu o uso do software Modellus (Wolff, 2015) enquanto a simulação de uma criança no pula-pula, substituiu a simulação “Energia Trapezista” do LabVirt da USP.

Ambas foram adaptadas a partir de projetos disponibilizados na plataforma de programação do *Scratch* e os seus desenvolvimentos foram necessários e importantes, pois em 2020 também foi encerrado e descontinuado o uso do *plugin* JAVA para navegadores, o que impossibilitou a utilização de algumas simulações que estavam disponíveis no Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE).



Considerando o quarto questionamento, consideramos, com base nos resultados expostos na seção anterior, que temos indícios que corroboram a eficácia da Teoria da Mediação Cognitiva – TMC como uma boa escolha de referencial teórico para o desenvolvimento desta pesquisa.

Do ponto de vista da mediação psicofísica, vimos os alunos interagindo com experimentos ao longo de toda a Unidade de Ensino Inclusiva – UEI, ressaltando o aspecto do nível sensorial da representação dos fenômenos físicos (Gabel, 1993) abordados aqui.

Já do ponto de vista da mediação Social, vimos *in loco* o quanto o ensino presencial é muito importante. Percebemos isso na interação dinâmica entre os participantes desta pesquisa, e podemos traçar um paralelo entre o engajamento dos alunos durante as aulas remotas e também nas aulas presenciais.

Nesse sentido, nota-se uma maior participação, ressaltando o aspecto social como muito importante na formação desses alunos, seja pelo fim do isolamento linguístico imposto pelo distanciamento físico durante as aulas remotas, ou pelo *feedback* mais rápido entre professor e aluno que ocorre de forma presencial.

Do ponto de vista da Mediação cultural, vimos o interesse dos alunos aumentar ao ter contato com o ensino contextualizado, e optamos por utilizar o Skate como um fator cultural para o ensino de Física, aproveitando a projeção desse esporte na sua estreia nas Olimpíadas de Tóquio – 2020, que culminou bem na implementação da unidade de ensino.

Também aproveitamos as artes circenses para trabalhar alguns conteúdos, pois isso demonstra de forma mais expressiva como o conhecimento físico está presente em muitas atividades humanas, e como podemos enriquecer o currículo de Física no Ensino Médio utilizando contextos próximos à realidade do aluno.

E é notório o caráter predominante da mediação Hiper cultural neste trabalho, sendo verificado na maioria das aulas, quando utilizaram-se *slides* com *gifs* animados contendo animações de conceitos físicos como o trabalho de uma força, ou ainda a utilização de simuladores, o uso do celular para auxiliar na escrita da língua portuguesa, a pesquisa na internet para mostrar a imagem de um local ou objeto que surgiu das dúvidas e inquietações dos estudantes. Por todos esses motivos, consideramos profícua a utilização da TMC na nossa pesquisa.

Por último, mas não menos importante, temos como resposta para quinta pergunta que pretendemos buscar desenvolver outras Unidades de Ensino Inclusivas – UEI para surdos, que contemplem outros conteúdos ligados à Física clássica (mecânica, termodinâmica, ondulatória, óptica, eletromagnetismo) e à Física moderna (partículas elementares, mecânica quântica, relatividade, radiações ionizantes, etc.).

Porém, desejamos ir além. Almejamos que a metodologia de ensino defendida neste artigo possa atender, de alguma forma, outros contextos educacionais, sejam eles da educação regular, especial e/ou inclusiva. Essas duas modalidades de ensino, a Educação Especial e a

Educação Inclusiva, são a nossa principal perspectiva futura de investigação, pois as demandas desses contextos educacionais são mais urgentes e pesquisas nessas áreas são necessárias.

Tal desafio é de fato complexo, pois envolve pensar em estratégias multifacetadas que contemplem as necessidades específicas de cada aluno, seja ele vidente, ouvinte, neurotípico, cego, com baixa visão, surdo, surdo-cego, Deficiente Intelectual, autista ou outro.

Tomando, por exemplo, o caso de alunos cegos ou com baixa visão, vemos que muitas estratégias utilizadas na Unidade de Ensino Inclusiva expostas neste trabalho sofreriam modificações importantes, e vamos nos ater a discutir de forma teórica e puramente conjectural algumas dessas possíveis modificações.

Por exemplo, obviamente o foco no aspecto visual para o aluno surdo (Campello, 2008) migraria para o tátil e o sonoro (Camargo, 2012), focando ainda mais na mediação cognitiva psicofísica para o caso do aluno cego ou com baixa visão. E novos recursos de TA devem ser considerados, sejam eles analógicos ou digitais, tal como o leitor de tela para as simulações.

Algumas experiências elencadas aqui, podem sofrer modificações ou ser substituídas por outras. É o caso da pista de *Skate* (apresentada na simulação e nas reportagens) que pode ser substituída por uma pista de brinquedo com uma rampa ou loop (e.g. *hot wheels*), para demonstrar os princípios de conservação de energia, de forma tátil para os alunos cegos.

Já os dois experimentos (carro de brinquedo e a queda de bolas) podem ser mantidos; porém, nesse caso o aspecto tátil e sonoro deve ser ressaltado, fazendo, por exemplo, o aluno tatear o experimento do carrinho, verificando com as mãos as linhas e polias, usadas para converter a energia potencial gravitacional do contrapeso em energia cinética no carrinho.

O aluno cego pode também ouvir o som da queda da bolinha de massa de diferentes alturas, e relacionar a dissipação de energia com os diferentes sons e o formato da bola após atingir o chão.

É possível ainda, fazer a bolinha cair na mão do aluno, a partir de diferentes alturas, para que ele possa sentir as diferentes intensidades do impacto com a sua mão, relacionando que quanto maior a altura mais energia potencial a bolinha terá, e até chegar à sua mão, maior será a velocidade dela, quando ocorrer a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

Pode parecer muito complexo, porém mesmo fenômenos aparentemente inacessíveis aos sentidos dos alunos podem ser abordados. É o caso, por exemplo, do ensino de óptica para alunos cegos (Camargo, 2012; Silveira; Barthem; Santos, 2019) ou ainda o ensino de ondas sonoras para alunos surdos (Lang, 1981; Truncale; Graham, 2014; Vongsawad *et al.*, 2016).

Assim sendo, ressaltamos que a criação de novas UEI's se faz necessário, tal como apontamos anteriormente, e mais do que isto, esperamos divulgar os resultados obtidos nesta pesquisa para que outros pesquisadores tomem conhecimento das questões levantadas neste estudo de caso, com o intuito de gerar reflexão e mais envolvimento, e quem sabe fomentar o interesse por essa causa, a Educação Especial e/ou verdadeiramente inclusiva.

## Agradecimento

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pelo apoio financeiro.

## Referências bibliográficas

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.

BERNARDINO, E. L. A. O uso de classificadores na língua de sinais brasileira. **ReVEL**, v. 10, n. 19, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base nacional comum curricular: Ensino Médio**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf). Acesso em: 16 de abril de 2020.

CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

CAMPELLO, A. R. S. **Aspectos da visualidade na Educação de Surdos**. 2008. 245 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CAROBIN, C.; ANDRADE NETO, A. S. Um exemplo do uso de simulações computacionais aplicados no ensino de equilíbrio químico para estudantes de ensino médio. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, p. 144-145.1, 2003.

ESQUEMBRE, F. Computers in physics education. **Computer physics communications**, v. 147, n. 1-2, p. 13-18, 2002.

FREITAS, S. A. **Um estudo da utilização didática de ferramentas de cognição extracerebrais por estudantes do ensino fundamental: evidências de aprendizagem Significativa do modelo do átomo de Bohr**. (Dissertação de Mestrado). Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2019.

FREITAS, S. A.; ANDRADE NETO, A. S. Use of different external mediating mechanisms of the Bohr atom model: Evidence of Meaningful Learning through verbal-gestural analysis in elementary school students. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 4, p. 133-148, 2019.

GABEL, D. L. Use of the particulate nature of matter in developing conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, v. 70 n. 3, p. 193-194, 1993.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física. v. I: mecânica**. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, P. G. **Física conceitual** [recurso eletrônico] Tradução: Trieste Freire Ricci. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KASSAR, M. C. M. Educação especial na perspectiva da educação inclusiva: desafios da implantação de uma política nacional. **Educar em revista**, n. 41, p. 61-79, 2011.

LANG, H. G. Acoustics for deaf physics students. **The Physics Teacher**, v. 19, p. 248-249, 1981.

MINAYO, M. C. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2013. 111 p. (Coleção Temas Sociais).

MORAES, E. P. **Implementação de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa no ensino da Cinemática e introdução ao conceito de energia**. 2019. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda. Cap. 8

MORALES, T. G. T.; DE CARVALHO, H. A. P.; PHILIPPSEN, G. S. Sequência didática sobre ondas sonoras: relato de uma experiência docente na educação de jovens e adultos inclusiva para surdos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 84689-84699, 2020.

MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativas UEPS**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. UFMG, 2000.

NEVES, C. E. B. Desafios da educação superior. **Sociologias**, n. 17, p. 14-21, 2007.

OATES, E. **Linguagem das mãos**. Aparecida, SP: Santuário, 1969.

PERLIN, G. T. **Histórias de vida surda: identidades em questão**. 1998. 51 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Curso de Mestrado em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Cap. 4.

PERLIN, G. T. As diferentes identidades surdas. **Revista da FENEIS**, ano IV, n. 14, p. 15-16, 2002.

PERLIN, G. T. Cultura e educação bilíngue no pulsar das identidades surdas contemporâneas. **Educação de surdos em debate**. Curitiba: UTFPR, p. 223-232, 2014.

PERRY, G. T.; ANDRADE NETO, A. S. Estratégia de design do software equil, uma simulação para ensino de equilíbrio químico e sua comparação, em sala de aula, com o software le chat 2.0. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005.

PICANÇO, L. T. **O ensino de óptica geométrica por meio dos problemas de visão e as lentes corretoras**: uma unidade de ensino no contexto da educação inclusiva para surdos. 2015. 190 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Cap. 5.

PICANÇO, L. T; CABRAL NETO, J. S. Uma Unidade de Ensino de Óptica Geométrica para surdos e ouvintes. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 8, p. 31-48, 2017.

PICANÇO, L. T.; ANDRADE NETO, A. S.; GELLER, M. O Ensino de Física para Surdos: o estado da arte da pesquisa em educação. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v. 27, p. 391-410, jan. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0123>.

PICANÇO, L. T. **Construindo significados sobre o conceito de energia**: Resultados de uma Unidade de Ensino Inclusiva aplicada a estudantes surdos do ensino médio em tempos de pandemia. 2022a. Tese (Doutorado em Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas.

PICANÇO, L. T.; ANDRADE NETO, A. S.; GELLER, M. A mediação cognitiva por meio de recursos digitais de Tecnologia Assistiva para estudantes surdos: realidade, expectativas e possibilidades. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S.L.], v. 30, p. 50-72, mai. 2022b. DOI: <http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2022.2395>

PICANÇO, L. T.; ANDRADE NETO, A. S. de; GELLER, M. Desafios, adversidades e lições para o ensino de Física para alunos surdos em tempos de pandemia de Covid-19. **Revista Educação Especial**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. e24/1-26, 2023. DOI: 10.5902/1984686X66206.

QUADROS, R. M. de (Org.). **Estudos surdos I**. Petrópolis, RJ: Arara Azul, 2006.

ROALD, I.; MIKALSEN, O. What are the Earth and the heavenly bodies like? A study of objectual conceptions among Norwegian deaf and hearing pupils. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 4, p. 337-355, 2000.

ROSENTHAL, G. **Interpretive social research**: An introduction. Universitätsverlag Göttingen, 2018.

SCHWARTZMAN, S.; BROCK, C. **Os desafios da educação no Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005.

SILVEIRA, M. V.; BARTHEM, R. B.; SANTOS, A. C. Experimental didactic proposal for inclusive teaching of waves in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, 2019.

SOUZA, B. C. **Teoria da mediação cognitiva**: os impactos cognitivos da hipercultura e da mediação digital. 2004. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Cap. 6.

SOUZA, B. C. *et al.* Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 6, p. 2320-2330, 2012.

SWELLER, J. **Cognitive Load Theory**: a special issue of educational psychologist. LEA. 2003.

THOMA, A. S. **Cultura e avaliação**: a diferença surda na escola. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2009.

TREVISAN, R.; ANDRADE NETO, A. S. A Utilização de Ferramentas Hiperculturais no Ensino de Mecânica Quântica: Investigação do Aprendizado de Representações, Drivers e Conceitos Quânticos. **RENOTE Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 2, 2014.

TREVISAN, R.; ANDRADE NETO, A. S. Bancadas virtuais e storyboards com ilustrações microscópicas representativas como recursos no estudo da Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 2, 2019.

TRUNCALE, N. P.; GRAHAM, M. T. Visualizing Sound with an Electro-Optical Eardrum. **The Physics Teacher**, v. 52, n. 2, p. 76-79, 2014.

VARGAS, J. S.; GOBARA, S. T. Sinais de libras elaborados para os conceitos de massa, força e aceleração. **Revista Polyphonia**, v. 26, n. 2, p. 187-202, 2015.

VONGSAWAD, C. T. *et al.* Acoustics for the Deaf: Can You See Me Now? **The Physics Teacher**, v. 54, n. 6, p. 369-371, 2016.

VYGOTSKY, L. S. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo. Martins Fontes, 2004.

WOLFF, J. F. S. **Qual a mudança na estrutura cognitiva de estudantes após o uso de simulações computacionais? Uma investigação da relação entre representações computacionais internalizadas e aprendizagem significativa de conceitos no campo das colisões mecânicas em física**. 2015. 332 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas. Cap. 8.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio, v. 1: mecânica**. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

ZABALA, A. **A prática Educativa: como ensinar**. Tradução: Ernani F. F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)