

## DOS CASARÕES ÀS EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM SOBRE A FÍSICA TÉRMICA

*From Colonial Houses to Green Buildings: a Teaching-Learning Sequence about Thermal Physics*

**Newton Rodrigues do Nascimento** [newtaofisical@gmail.com]

*Colégio Salesiano Santa Maria – Cáceres (MT)*

**Marcelo Paes de Barros** [marcelo.paes@fisica.ufmt.br]

*Universidade Federal de Mato Grosso*

*Instituto de Física – Cuiabá (MT)*

*Recebido em: 12/11/2019*

*Aceito em: 21/05/2020*

### Resumo

O objetivo do estudo foi examinar o efeito, em termos de aprendizagem, de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (TLS) sobre Física Térmica baseada no conforto térmico de edifícios. A TLS, realizada em uma escola pública de Cáceres, MT, foi aplicada em uma turma do terceiro ano do ensino médio. A abordagem que proposta baseia-se no uso de atividades experimentais e simulações em computador projetadas especificamente para ajudar os alunos a estender sua análise a situações físicas mais amplas. A coleta de dados ocorreu por meio da observação e registro dos fatos em um diário de campo, além da aplicação de questionários e avaliação da aprendizagem. Experiência de ensino relevante, a análise da progressão da aprendizagem dos alunos forneceu informações relevantes para desafiar os obstáculos persistentes no ensino de ciências.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Significativa, Demanda de Aprendizagem, Pesquisa em Ensino de Física.

### Abstract

The purpose of the study was to examine the effect, in terms of learning, a Teaching-Learning Sequence (TLS) about Thermal Physics based on buildings thermal comfort. The TLS, conducted in a public school in Cáceres, MT, it was applied in a class of the third year high school students. The approach we propose is based on the use of experimental activities and computer simulations designed specifically to help students extend their analysis to wider physical situations. Data collection occurred through observation and recording of the facts in a field diary, besides the application of questionnaires and assessment of learning. Relevant teaching experience, analysis of the students' learning progression provided relevant information for challenging the persistent obstacles in the Science teaching.

**Keywords:** Meaningful Learning, Learning Demand, Physics Education Research.

## Introdução

A pesquisa sobre o projeto de sequências de ensino-aprendizagem tem uma história considerável, com diferentes variedades e nomes, tais como pesquisa de desenvolvimento, *ingénierie didactique*, reconstrução educacional, ou sequências de ensino e aprendizagem baseadas em pesquisa, como foram rotuladas posteriormente (Lijnse, 2002).

O termo Sequência de Ensino e Aprendizagem (Teaching-Learning Sequence – TLS), conhecido na literatura internacional do Ensino de Ciências, é relativamente novo, quando foi apresentado em publicações da área, na década de 1980, principalmente na Europa (Méheut & Psillos, 2004).

Entre as outras ideias essenciais emergentes naquela época estava a de que uma 'estrutura didática', ou qualquer sequência de ensino-aprendizagem, deveria ser projetada e avaliada no nível micro (Millar, 1989; Lijnse, 1995), com base em uma análise minuciosa das estratégias de ensino planejadas, diferente das análises de currículos feitas até então.

Como contraponto aos currículos tradicionais, onde o ensino concentra-se na perspectiva da ciência, sem levar em conta o que os alunos sabem, pensam ou estão interessados, com uma estratégia de transmissão direta de conceitos, mesmo incluindo atividades de discussões ou descoberta, as TLSs devem levar em conta as ideias, os conhecimentos e as formas de raciocínio anteriores dos alunos, a fim de estimular seu envolvimento ativo na aprendizagem de Ciências (Leach & Scott, 2003).

Para Savinainen e Viiri (2008), incorporando as visões individuais e socioculturais de aprendizagem, as diferenças, de quaisquer naturezas, entre essas formas de raciocínio anteriores dos alunos, as concepções alternativas, e o conceito científico a ser abordado permitem identificar as demandas de aprendizagem para uma proposta de ensino. As demandas de aprendizagem, dificuldades mais comuns dos alunos em determinado conteúdo, surgem nos casos, por exemplo, em que os alunos percebem um processo (calor, trabalho, força...) como uma propriedade dos objetos (Savinainen & Viiri, 2008).

Durante a elaboração do projeto da TLS, as demandas de aprendizagem, além das reconhecidas pela experiência do professor, são levantadas a partir de conversas com colegas de área, da leitura de trabalhos de pesquisa sobre o Ensino de Ciências, entre outras estratégias. Essas demandas de aprendizagem precisam receber mais atenção instrucional, de forma que a TLS, projetada com atividades de ensino e de pesquisa, deve abordar cada aspecto destas demandas (Savinainen & Viiri, 2008).

Ainda assim, com o argumento de que a aprendizagem deve ser vista como um processo de mudança conceitual e não de transmissão conceitual, as primeiras atividades de uma TLS, normalmente, buscam reconhecer os conhecimentos conceituais prévios dos alunos a respeito do conteúdo, de onde podem surgir novas demandas de aprendizagem. Caso a análise dos resultados das atividades iniciais da TLS indique demandas diferentes daquelas levantadas durante a fase de projeto, soluções específicas para atender essas novas demandas devem ser incluídas na execução da TLS.

Em uma nova aplicação dessa TLS, essas novas demandas podem ser contempladas no projeto. Esse refinamento sucessivo das intervenções educacionais projetadas, para Ruthven et al. (2009) tornam as pesquisas baseadas em TLSs análogas à metodologia da engenharia, cuja finalidade é testar e sistematicamente melhorar a adequação ao propósito de um artefato projetado.

Dadas essas premissas, referidas como "cognitivistas", Moreira (2011, p. 01), com a intenção de contribuir para modificar a forma clássica de ensinar e aprender, propõe a construção de

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), “sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”. Ainda segundo o autor, uma UEPS é fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas desta (Moreira, 2005, 2006; Moreira & Masini, 1982; Valadares & Moreira, 2009), além das Teorias de Educação de Joseph D. Novak e de D. B. Gowin, Interacionista Social de Lev Vygotsky, dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, dos Modelos Mentais de Philip Johnson-Laird e a da Aprendizagem Significativa Crítica de M. A. Moreira.

Além de fundamentadas teoricamente, em termos de estratégias, as atividades que constituem uma TLS devem ser fundamentalmente diversificadas, de forma que a eficácia do processo ensino-aprendizagem é tanto maior quanto mais oportunidades o aluno tenha, no desenvolvimento desta, de interagir fisicamente com diferentes materiais instrucionais e de se engajar em vários tipos de atividades.

Estratégias diversas, como experimentação, apresentação de seminário ou feira de Ciências, uso de vídeos, simuladores, interpretação de textos, construção de mapas mentais, aulas em ambientes não formais de ensino, construção de modelos, incluindo as tradicionais aulas expositivas e de resolução de problemas, entre outras, ao privilegiar todas as formas de inteligência, podem despertar nos alunos necessidades próprias de expandirem seus conhecimentos em uma determinada direção.

Com uma perspectiva problematizadora em relação ao contexto em que os professores e alunos estão inseridos, as atividades de ensino propostas para uma TLS são organizadas em ciclos contínuos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa, respectivamente indicando um processo cognitivo do geral para o específico ou ao contrário, do específico para o geral. Para Zabala (1998, p.18), essas atividades que constituem as sequências didáticas devem ser “ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos”. Para Ranzani e Pessanha (2013), é importante que o professor desenvolva uma organização didática de ensino com essas atividades que tenha como objetivo discutir sobre o que se pretende construir, como serão as etapas dessa construção e como será feita a avaliação, sempre buscando decidir quais são as ações mais favoráveis para o reconhecimento e potencialização da aprendizagem dos alunos.

Com relação às atividades de pesquisa presentes na TLS, entre elas as avaliações, estas avaliam a existência de pré-requisitos necessários para a aprendizagem significativa de um novo conteúdo por parte dos alunos, o que é condição de aprendizagem, e o nível de aprimoramento do entendimento destes sobre o conhecimento científico, possibilitando ao professor a correção de eventuais distorções ocorridas durante uma aula ou um curso (Kiefer & Pilatti, 2014).

Como referenda Méheut e Psillos (2004), as TLSs têm sortido efeito sobre a tradição de pesquisa-ação, sendo usadas tanto como ferramentas de pesquisa, como inovações visando o manejo de problemas específicos de aprendizagem ligados a um determinado tema específico. Assim, com base nessa tradição de pesquisa-ação, este trabalho apresenta os resultados, em termos de aprendizagem, de uma TLS sobre os conceitos de Física Térmica, na perspectiva problematizadora do conforto térmico das edificações, dos casarões antigos até as atuais construções sustentáveis.

## Procedimentos Metodológicos

### Tracejando a Pesquisa

Para o traçado metodológico, ao observar a importância de adotar um referencial teórico metodológico que considere o contato direto entre o pesquisador e os pesquisados, optou-se por uma pesquisa com intervenção do pesquisador, pela forma como altera o ambiente de alguma maneira e analisa o efeito desta alteração. Segundo Seferin (2016), o pesquisador deve se aproximar dos participantes da pesquisa para entender suas formas de interpretação acerca das situações vivenciadas, bem como a maneira como essas formas se organizam.

Assim, inspirado em uma abordagem de pesquisa-ação, sem o rigor metodológico desta, mas relevante enquanto experiência de ensino de ciências, nesta proposta o professor investiga sua própria prática lançando mão de recursos inspirados em um conjunto eclético de metodologias de pesquisa de ensino de ciências.

### A Instituição de Ensino e o Contexto da Pesquisa

A aplicação da proposta aconteceu nos meses de setembro a novembro de 2017, desenvolvido pelo primeiro autor deste trabalho, na turma do segundo ano A do Ensino Médio, período matutino, da Escola Estadual União e Força, em Cáceres, MT.

Localizada na região central da cidade, a escola, com 38 anos de existência, oferece o Ciclo Básico de Aprendizagem e o Ensino Médio nos períodos matutino e vespertino. Além da turma acima mencionada, a unidade escolar conta no período matutino, ainda no segmento do Ensino Médio, com mais duas turmas de segundo ano, quatro turmas de primeiro ano e três turmas de terceiro ano. As turmas dos segundos anos possuem duas aulas semanais da disciplina de Física, sendo a duração de cada uma dessas aulas de 50 minutos.

Com faixa etária entre 15 e 18 anos, os alunos envolvidos na pesquisa pertenciam à turma do 2º Ano A, que contava na ocasião com 32 alunos matriculados.

### Construção da Proposta

A proposta apresentada é parte integrante de um Produto Educacional, elaborado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, voltado para professores, para o desenvolvimento do ensino de Física Térmica, tendo como temática o conforto térmico das edificações, dos casarões históricos até as atuais construções sustentáveis (Nascimento, 2018).

### A TLS

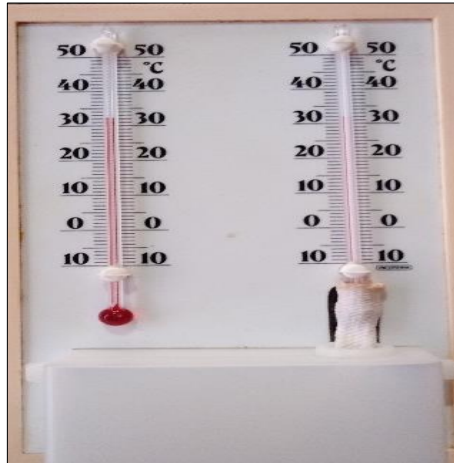
Projetada para acontecer em 10 aulas, a sequência de ensino sobre a Física Térmica tem os elementos necessários, conforme os pressupostos de uma TLS, em uma perspectiva problematizadora, de contexto regional e local, que pode ser ampliada para as discussões em contextos globais.

### Primeira Etapa - Visita ao casarão antigo

#### Aulas 1 e 2

A primeira etapa aconteceu no casarão histórico, quando aos alunos, acompanhados pelos professores das disciplinas de Física e História, juntamente com a proprietária do casarão, foram apresentados o contexto histórico da edificação, destacando as riquezas de elementos que identificam as diversidades de influências e as padronizações das técnicas de construção da época.

Em um momento posterior os alunos utilizaram um termômetro laser digital infravermelho para registrar as temperaturas das paredes, nas faces externa e interna, e um psicrômetro para registrar as temperaturas, e estimar o valor da umidade relativa, dentro e fora da edificação. O psicrômetro é um instrumento formado por um termômetro com bulbo seco, que marca a temperatura ambiente, e outro com o bulbo molhado, envolvido geralmente por um algodão umedecido, cuja diferença entre as medidas entre os dois termômetros pode ser usada para estimar a umidade relativa do ar (Figura 1).



**Figura 1:** Psicrômetro

Ainda no casarão foi aplicado um instrumento avaliativo para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os tópicos da termodinâmica envolvidos nas questões de conforto térmico oferecidas pelo casarão: temperatura, calor, quantidade de calor sensível, quantidade de calor latente e as formas de propagação de calor. Também foi sugerido aos alunos, ainda como atividade de pesquisa, que escrevessem, ou desenhassem, os aspectos construtivos do casarão que mais lhes chamaram a atenção e poderiam trazer benefícios de conforto térmico aos seus ocupantes.

Segunda Etapa - Texto de apoio e aula expositiva dialogada

Aulas 3 e 4

Tem início a diferenciação progressiva, uma vez que os aspectos conceituais em níveis macroscópicos foram demonstrados primeiro na visita ao casarão e gradativamente diferenciados nos conceitos específicos abordados em sala de aula.

Nesta etapa, já em sala de aula, com a turma dividida em dois grupos, os alunos receberam dois artigos para leitura, um para cada grupo, o primeiro sobre os materiais utilizados nas casas antigas e o segundo artigo sobre casas sustentáveis. Esses artigos, como materiais introdutórios, buscavam, ao partirem de um nível mais amplo do que o novo conteúdo a ser aprendido, facilitar o relacionamento de novos conceitos abordados na Física Térmica com os elementos preexistentes na estrutura cognitiva dos discentes.

Ao final do tempo estipulado os grupos foram encorajados a defender, em termos de conforto térmico, o sistema construtivo descrito em seu artigo.

Na sequência da aula, os alunos estimaram a umidade relativa do ar, com os valores registrados na visita ao casarão e uso de uma tabela psicrométrica, que relaciona os valores da temperatura do ar com a diferença de temperatura entre os dois termômetros. Com as variáveis, temperatura e umidade relativa do ar, os alunos puderam, em um diagrama de conforto térmico,

classificar como estava o ambiente dentro e fora do casarão em: confortável, necessita de ventilação para conforto, necessita de sol para conforto, muito seco, muito quente, muito úmido ou muito frio.

Por fim ocorreu uma exposição do professor sobre o funcionamento do psicrômetro, com o objetivo de introduzir os conceitos de temperatura e calor, destacando que esses termos não são sinônimos, além das diferenciações entre as quantidades de calor sensível e latente.

### Terceira Etapa - Aula expositiva e resolução de exercícios

#### Aulas 5 e 6

Na etapa continua a diferenciação progressiva. Desta vez a exposição do professor abordou as formas de transmissão do calor, as condução, convecção e radiação térmicas, com a utilização de algumas respostas dos alunos, extraídas do instrumento avaliativo inicial.

Após a exposição, os alunos receberam duas listas de exercícios impressas com questões acerca dos conteúdos abordados em sala de aula, uma para ser resolvida em sala e a outra para ser resolvida em casa.

### Quarta Etapa - Atividade prática: utilização do simulador

#### Aulas 7 e 8

Na etapa tem início a reconciliação integradora com a correção da lista de exercícios que os alunos levaram para casa. A seguir, os alunos foram apresentados ao software Energy 2D - Interactive Heat Transfer Simulations for Everyon do National Science Foundation -The Concord Consortium (EUA) para ilustrar os processos de transmissão de calor e suas aplicações. O programa é uma simulação multifísica interativa e visual que modela as três formas de transferência de calor e seu acoplamento à dinâmica de partículas.

O uso de simuladores, como atividade potencialmente significativa, objetivando promover a reconciliação integradora dos conteúdos, tem grande utilidade em abordar experimentos difíceis de serem realizados na prática dentro do ambiente escolar, seja por falta de tempo, falta de materiais, custo alto, perigo, entre outras, permitindo que os resultados sejam vistos com clareza, repetidas vezes, com um grande número de variáveis envolvidas (Coelho, 2002).

A atividade poderia ser realizada no laboratório de informática da escola, mas foi realizada na própria sala de aula com os alunos, em grupos, dividindo alguns notebooks.

Os alunos receberam um roteiro que direcionou os trabalhos no simulador em função daquilo que deveria ser percebido, como a condução do calor por uma parede de madeira e outra de concreto, por exemplo. Da mesma forma que direcionava as ações, o roteiro também apresentava questões em função daquilo que era observado.

Ao final da etapa o professor adiantou aos alunos as atividades seguintes: uma avaliação somativa individual e a construção de um aparato experimental, um forno solar. Para esta última, os alunos, em grupos de cinco participantes, deveriam construir um forno solar, a partir de materiais de baixo custo, para ser apresentado, em funcionamento, para a escola na aula seguinte. Ainda para reforçar a atividade, como efeito motivador, o grupo cujo forno resultasse em maior variação da temperatura seria premiado com um brinde.



O professor indicou alguns sites e apresentou, em slides, alguns modelos simples de fornos e sugeriu que os alunos usassem a criatividade para a confecção de seus protótipos, além de se colocar a disposição dos alunos durante a semana para sanar dúvidas a respeito da atividade.

#### Quinta Etapa - Avaliação e apresentação da atividade experimental

##### Aulas 9 e 10

Na aula 9 os alunos realizaram a avaliação de aprendizagem, de forma individual, sem acesso a algum material didático e sem utilização de calculadora. Na aula 10, cada grupo de alunos finalizou a confecção do forno solar em sala de aula, que depois foi disposto no pátio da escola, para ser colocado em funcionamento ao receber a radiação solar. No experimento, cada grupo recebeu um copo com água, com a mesma quantidade e temperatura inicial, para ser colocado dentro do forno solar durante um intervalo de tempo de 30 minutos. Como forma de consolidar o aprendizado, neste intervalo de tempo, cada grupo apresentava as qualidades aos presentes, em termos dos processos termodinâmicos, do protótipo construído.

De acordo com Seré, Coelho e Nunes (2003), as atividades experimentais propiciam ao estudante uma maior interação com o mundo científico, sendo atividades consideradas enriquecedoras, proporcionando um verdadeiro sentido ao mundo formal e abstrato das linguagens. Para Araújo e Abib (2003),

“o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente” (Araújo & Abib, 2003, p.2).

#### Sexta Etapa - Generalização e Avaliação da TLS

Nesta etapa os alunos foram convidados pelo professor, após três semanas de encerrada a aplicação do Produto Educacional, fora do horário normal de aula, a fazerem uma visita em uma edificação com alguns aspectos relacionados à sustentabilidade, com o objetivo de reforçar os conteúdos abordados de Física Térmica durante a aplicação da sequência didática. Braund e Reiss (2004) consideram que a mudança no contexto de aprendizagem promove o entusiasmo e o interesse em querer aprender mais, e que o processo de ensino aprendizagem sai reforçado pelo fato dos alunos aprenderem de uma forma mais espontânea. Portanto, generalizar para além da temática apresentada em sala de aula, fazer analogias, estabelecer contrastes, utilizando para tanto a linguagem da ciência, são também indícios de aprendizagem.

O local escolhido para a visita foi a agência Sebrae, localizada no bairro Jardim Celeste no município de Cáceres. Os alunos foram recepcionados pelo gerente da agência e receberam algumas instruções para iniciar a visita no prédio. Na primeira parte da visita foram apresentados aos alunos os brises, placas de madeira feitas de teca, que, ao produzir um efeito estético, minimizam a incidência da radiação solar no prédio. Na sequência o gerente mostrou como é feita a coleta das águas pluviais que são reaproveitadas para o uso das bacias sanitárias e para regar as plantas de um teto verde, de 16 m<sup>2</sup>, que ainda possui telhas pintadas de branco que, associados, baixam a temperatura da construção e ajudam a economizar energia. Os alunos também notaram que as salas foram montadas com painéis modulares termo-isolantes, com camadas externas de metal e interior de poliuretano, que reduzem a condução de calor, cujos custo e tempo de construção são bem menores do que os modelos de alvenaria tradicionais.

No Produto Educacional, esta atividade, em função da quantidade de aulas, é colocada apenas como uma sugestão para o professor, como mencionado no início deste capítulo, podendo ocorrer dentro do horário normal de aulas ou em horário extra, como nesta aplicação.

## As Atividades de Pesquisa

Inspirado em uma abordagem de pesquisa-ação, sem o rigor metodológico desta, o instrumento mais importante para o levantamento de dados sobre o aprendizado dos alunos foi a observação do professor sobre as atitudes dos alunos em todas as atividades desenvolvidas. Dessa forma, todos os trabalhos por eles produzidos, em cada atividade, que pudessem contribuir para o desenvolvimento da aprendizagem foram tomados como registros para posterior, após interpretação, transformação em dados da pesquisa.

De forma sistematizada, também foram instrumentos de levantamento de dados a lista de exercício, o roteiro para a atividade no simulador, instrumento avaliativo inicial e a avaliação somativa.

Para análise das respostas dos alunos às questões presentes no roteiro da atividade no simulador foram adotados os seguintes critérios: resposta satisfatória (RS), aplicada às respostas dadas de forma correta em relação ao questionamento conceitual; resposta parcialmente satisfatória (RPS), dirigida às respostas que apresentaram conceitos que não estivessem claros ou bem definidos; resposta insuficiente (RI), para as respostas totalmente equivocadas, onde o aluno não apresentou nenhum entendimento sobre a questão; respostas em branco (RB).

Com relação à avaliação somativa, esse instrumento foi composto por nove questões, corrigidas de acordo com o critério: acerto integral (1,0 ponto), acerto parcial (0,5 ponto) e erro (0,0), submetido a teste de validade, com professores da área, para garantir a precisão para o fim utilizado.

Ao final da TLS, a entrevista realizada com os alunos sobre os materiais utilizados e as formas de transmissão de calor presentes no forno solar, para verificar a assimilação dos conceitos abordados em sala de aula, e a coleta conjunta das opiniões dos estudantes, inspirada na metodologia dos grupos focais, realizada ao término da visita ao prédio do SEBRAE para a avaliação de toda a TLS, também foram importantes instrumentos de análise dos resultados. O grupo focal pode ser definido como uma técnica investigativa que propicia e estimula a participação entre os participantes e o pesquisador permitindo adquirir dados pela discussão focada em assuntos específicos (Lervolino & Pelicioni, 2001). Em relação a outros instrumentos de pesquisa, Gatti (2005, p.9) afirma que o grupo focal “permite fazer emergir uma multiplicidade de pontos de vista e processos educacionais, pelo próprio contexto de interação criado, permitindo a captação de significados, que, com outros meios, poderia ser difícil de manifestar”.

## **Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados**

### Do Levantamento dos Conhecimentos Prévios

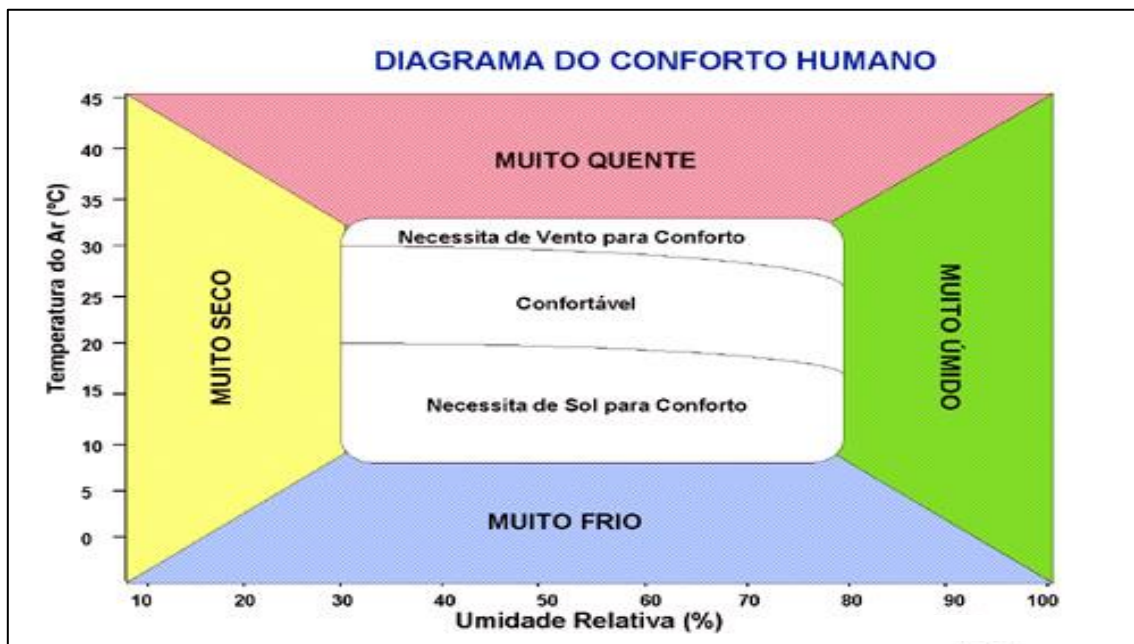
Com a proposta de verificar, inicialmente, os conhecimentos prévios acerca dos conceitos de temperatura e calor, as demandas de aprendizagem, a análise dos resultados mostrou que os alunos não tinham nenhuma informação conceitual sobre umidade relativa do ar, a não ser pelos valores mencionados nos noticiários, nas mídias digitais ou até mesmo nos celulares. A relação que tinham naquele momento era de que quanto menor a umidade relativa do ar “menos calor estavam sentindo”.

Os alunos demonstraram grande interesse em manusear o psicrômetro e disposição para aprender a determinar a umidade relativa, facilitando o andamento da atividade proposta, tanto que perceberam que a diferença de temperaturas entre os dois termômetros observada era superior ao maior valor indicado na tabela apresentada pelo professor. Assim, o professor providenciou uma segunda tabela onde a diferença máxima se adequava aos valores medidos no casarão.



Na sequência, a avaliação do conforto térmico, onde 28 alunos, de um total de 30, com o uso da tabela psicrométrica conseguiram estimar os valores da umidade relativa do ar (Ur) de 46%, dentro do casarão, e 26% fora do casarão, e concluíram que dentro da casa o ambiente necessitava de vento para um conforto térmico apropriado e do lado de fora estava muito quente, conforme o diagrama de conforto humano (Figura 2).

Diante das respostas apresentadas pelos alunos no que diz respeito à sensação térmica foi possível verificar que, quando assinalaram o item “muito quente”, tanto dentro como fora do casarão, estavam associando com o termo “muito calor”, pois para a maioria das pessoas é algo muito comum, em dias com altas temperaturas, por exemplo, dizer sentir “muito calor”. Portanto, a atividade evidenciou que os alunos estavam confundindo temperatura com calor, onde esses dois conceitos no cotidiano costumam ser usados quase sempre como sinônimos.



**Figura 2:** Diagrama de Conforto Térmico Humano

Isso corrobora com Lima (2015), que detectou algumas incoerências na aprendizagem a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, que consideram as sensações térmicas de quente e frio, medidas macroscópicas qualitativas de temperatura, como também relacionadas ao calor, ou seja, um corpo mais quente que outro possui mais calor que outro.

Em todas as respostas apresentadas para a questão aberta, que tratava dos fatores responsáveis, observados no casarão, que proporcionariam melhores condições para o conforto térmico, os alunos mostraram que existem elementos que favorecem que o casarão seja mais confortável termicamente. No entanto, semelhante aos resultados encontrados por Oliveira Neto (2015), a maior dificuldade apresentada pelos alunos foi descrever como a propagação de calor ocorre nesse contexto. A resposta do aluno 6 mostra claramente a confusão entre os processos de condução térmica e radiação térmica:

*“Graças à altura e à largura das paredes, por serem largas, o calor do sol não reflete dentro dos cômodos” (Aluno 6).*

As paredes largas diminuem o fluxo de calor por condução, uma vez que esse processo se dá pela transferência de energia cinética entre partículas microscópicas, onde partículas menos energéticas ganham energia em colisões com outras mais energéticas (Serway & Jewett Jr, 2011).

A análise desses resultados sugeriu que os alunos possuíam os subsunçores necessários para o prosseguimento do trabalho e que as demandas de aprendizagem levantadas seriam abordadas nas atividades propostas no planejamento da TLS, não sendo necessário um novo ciclo de desenho da sequência.

#### Uso da Simulação Computacional Abordando Conceitos da Física Térmica

A análise das questões do roteiro, com comandos sequenciais e questões qualitativas a serem respondidas acerca dos fenômenos observados no simulador, com a participação de 28 alunos, indicou uma quantidade maior de respostas na categoria RS, em quase todas as questões, o que sugere indícios de aprendizagem significativa neste momento da aplicação da TLS.

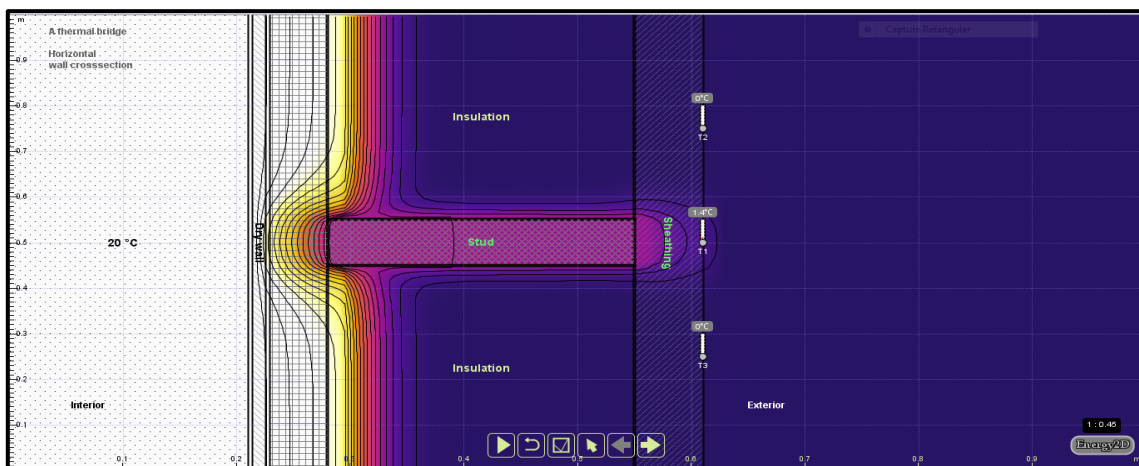
A primeira pergunta do roteiro, por exemplo, que solicitava que apontassem o sentido de propagação do fluxo de energia térmica entre dois ambientes com temperaturas diferentes, foi respondida corretamente por todos os alunos, conforme resposta do Aluno 25:

*“Do interior para o exterior, porque a propagação do calor ocorre do meio de maior temperatura para o de menor temperatura”* (Aluno 25).

Nessa primeira pergunta foi possível perceber que os alunos entenderam perfeitamente como ocorre o sentido de propagação de calor.

A quarta questão versava sobre as conclusões a respeito dos materiais utilizados na simulação (Figura 3). Neste quesito, 22 alunos obtiveram conceito RS ou RPS para as respostas apresentadas, como, por exemplo, o Aluno 17:

*“O material que está no meio marca uma temperatura maior porque é condutor, enquanto os materiais que estão em cima e embaixo são isolantes”* (Aluno 17).



**Figura 3:** Imagem da simulação referente à 4ª Questão.

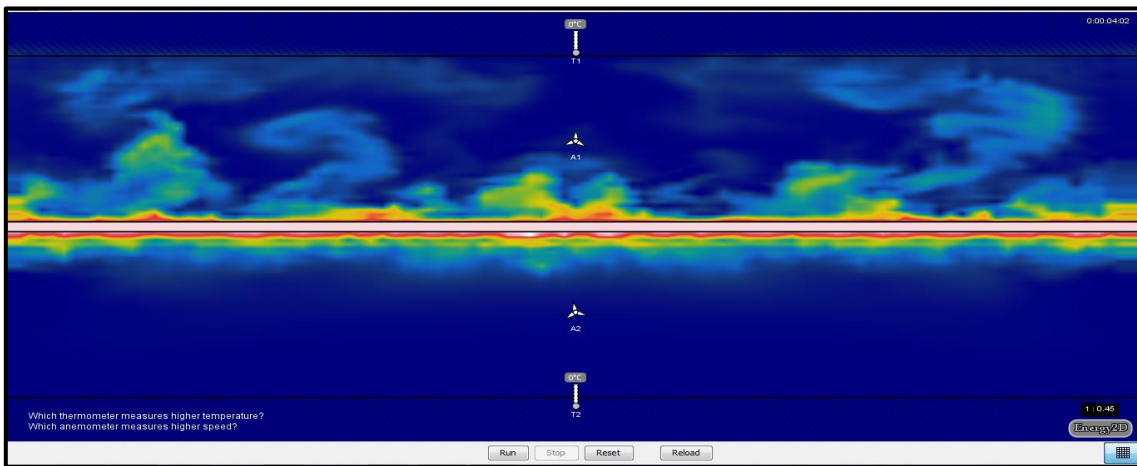
Fonte: Energy-2D.

O percentual de respostas satisfatórias, superior a 70%, sugere que os alunos conseguiram explicar, em termos de conhecimento científico, o fenômeno apresentado. Para Savinainen e Viiri (2008), uma TLS é bem sucedida quando, pela análise da demanda de aprendizagem, ao abordar as

diferenças entre as formas de pensar e falar cotidianas e as científicas, os alunos conseguem aplicar ferramentas conceituais em vários contextos.

A questão quinze questionava sobre o movimento de hélices expostas à convecção do ar (Figura 4). Para esta questão, as respostas de dezenove alunos foram categorizadas em RS, pois responderam corretamente apontando o processo da convecção térmica na simulação, oito alunos responderam qual a hélice gira mais rápido sem apontar o processo térmico envolvido e um aluno deixou a questão em branco.

A Questão dezessete questionava sobre a possível variação na temperatura nas proximidades da casa devido à presença de vegetação no seu entorno. Como os alunos já tinham simulado o efeito do aumento da altura das árvores e colocado termômetros nas proximidades da casa em comandos anteriores, a resposta esperada era que “sim” e que a temperatura nas proximidades da casa diminuiria. Ainda assim, quatro alunos responderam apenas que “sim” e foram categorizados em RPS enquanto que vinte e quatro alunos responderam corretamente a questão.



**Figura 4:** Imagem da simulação referente à 15ª Questão.

Fonte: Energy-2D.

Os resultados demonstram que se as simulações computacionais, aplicadas com um roteiro bem elaborado, podem servir como um recurso pedagógico que possibilita aos alunos alcançarem o aprendizado dos conceitos físicos abordados. Segundo Prensky (2010), a simulação auxilia, de forma muito positiva, o processo de ensino aprendizagem.

Ainda com relação a essa etapa da TLS, foi possível perceber os alunos mais interessados, curiosos e empolgados enquanto utilizavam o simulador, pois tiveram uma interação totalmente diferente com os conceitos físicos abordados de forma tradicional em sala de aula. De acordo com Moita, Verasztó e Canuto (2011), quando o professor é auxiliado por uma simulação computacional é notória a eficácia de uma aula motivadora aos alunos.

#### Atividade Experimental - forno solar

Na atividade, os alunos demonstraram motivação, pela construção do experimento, e aprendizado, ao tecerem relações entre teoria e prática, como quando observaram a rapidez do aumento de temperatura da água dentro do forno solar devido à ocorrência dos três processos de transmissão de calor.

Nas apresentações, o professor questionou os alunos, em forma de entrevista, sobre quais as formas de propagação de calor estavam sendo envolvidas no funcionamento do forno solar, com respostas conforme o padrão:

“A luz solar aquece a água por radiação” (Aluno 23);

“As paredes são espelhadas para ao calor bater e voltar para a caixa” (Aluno 07);

“A tampa de plástico é pra não deixar o ar mais quente, mais leve, sair” (Aluno 06).

A realização dessa atividade experimental no desfecho da TLS apontou mais indícios de aprendizagem significativa, pois foi possível perceber que ao explanarem sobre o funcionamento do forno articularam muito bem os conhecimentos físicos abordados em sala de aula. De forma semelhante, Paula (2017), em pesquisa sobre uso de forno solar para ensino de Física, comprovou pela avaliação da atividade realizada que os alunos aprenderam a conciliar os conhecimentos formais de sala de aula com a prática na construção do forno solar.

### A Avaliação

A média dos resultados da turma foram inferiores à média das avaliações da escola, seis (6,0). Atingiram um resultado superior a esse valor 15, dos 28 alunos. Apesar das atividades que envolveram aplicações matemáticas dos conceitos na TLS, os resultados foram muito influenciados pelo desempenho dos alunos nas questões que envolviam essa habilidade.

A Questão 08, por exemplo, que solicitava a determinação da quantidade de calor que uma determinada substância deveria receber para sofrer uma dada variação de temperatura, não foi respondida por mais de 50% dos alunos da turma, que alegaram não lembrar a equação fundamental da calorimetria, necessária para resolução da mesma. Outros alcançaram um acerto parcial, pois deixaram de substituir o valor da variação de temperatura e outros ainda, mesmo substituindo todos os valores corretamente, não encontraram o resultado esperado, pois encontraram dificuldades de efetuarem uma simples multiplicação (Figura 5).

<p>8) O calor específico de um material é 0,2 cal/g °C. Isso significa que para elevar de 10°C para 40°C a temperatura de 500g desse material é necessário uma quantidade de calor “Q” em calorias. Determine essa quantidade “Q” de calor. <math>Q = 500g \cdot 0,2 \text{ cal/g} \cdot 30</math></p> <p><math>Q = m \cdot c \cdot \Delta T</math>     <math>Q = 7500 \text{ cal ou } 7,5 \text{ Kcal}</math>     <u>0,5</u></p>
<p>8) O calor específico de um material é 0,2 cal/g °C. Isso significa que para elevar de 10°C para 40°C a temperatura de 500g desse material é necessário uma quantidade de calor “Q” em calorias. Determine essa quantidade “Q” de calor.</p> <p><math>Q = m \cdot c \cdot \Delta T</math></p> <p><math>Q = 500 \cdot 0,2 \cdot 30</math>     <u>0,5</u></p> <p><math>Q = 30000 \text{ cal}</math></p>
<p>8) O calor específico de um material é 0,2 cal/g °C. Isso significa que para elevar de 10°C para 40°C a temperatura de 500g desse material é necessário uma quantidade de calor “Q” em calorias. Determine essa quantidade “Q” de calor. <math>Q = m \cdot c \cdot \Delta T</math></p> <p><math>Q = 500g \cdot 0,2 \text{ cal/g} \cdot 30^\circ\text{C}</math>     <u>0,5</u></p> <p><math>Q = 7500 \text{ cal ou } 7,5 \text{ Kcal}</math></p>

**Figura 5:** Respostas dos alunos referentes à Questão 08.

Ao verificar o maior número de estudos referentes à problemática aplicação da Matemática na Física, por parte de pesquisadores da área da Física, Santarosa (2013, p.232) considera este fato como um alerta para a comunidade matemática, com relação à forma que deixa “de articular disciplinas matemáticas com as áreas específicas de formação do aluno, e o quanto isto pode ser prejudicial para o desenvolvimento das diversas habilidades matemáticas dos alunos”.

Ainda assim, a análise geral indicou que os alunos responderam muito bem aos conceitos abordados dentro da proposta da sequência didática. Na questão 10, que procurava evidências da capacidade de generalizar e buscar explicações científicas para situações apresentadas, foi possível perceber indícios de aprendizagem principalmente sobre os processos de transmissão de calor. Questionados sobre algumas características construtivas de uma residência para minimizar o fluxo de calor no sentido da construção, em local muito quente, os alunos responderam:

*“Uso de material de adobe nas paredes, plantando árvores em lugares estratégicos, grandes de preferência”* (Aluno 3);

*“Uma estrutura alta, com materiais de baixa condutividade térmica, se possível com o ar condicionado em cima”* (Aluno 6);

*“Janelas mais largas, bastante árvores no quintal, fazer uns buracos no forro também ajuda, paredes grossas feitas de adobe, dá para fazer jardins no telhado da casa e etc.”* (Aluno 13);

*“Uma parede com jardim suspenso ou se a casa tiver uma laje você pode fazer um jardim em cima dele. Pode-se também fazer a casa com paredes de adobe”* (Aluno 14);

*“A espessura das paredes e o tipo de material é muito importante além da altura da construção e a posição das janelas e portas que com maior largura, comprimento e com pouca altura em relação ao chão”* (Aluno 25);

*“A casa pode ser construída perto de lugares reflorestados, feito com paredes de materiais isolantes de calor como adobe e não usar paredes de vidros. Ter um pé direito alto e janelas grandes para ajudar na circulação do ar”* (Aluno 26).

#### Avaliação da TLS: opiniões dos estudantes

As percepções apresentadas a respeito da termodinâmica do conforto das construções pelos alunos durante a coleta conjunta de opiniões, indicaram um caminho na análise da participação do Produto Educacional no aprendizado desses conteúdos.

Com relação à perceptível diferença de temperatura entre o exterior e o interior do prédio visitado, os alunos, em suas respostas associaram a temperatura com as sensações térmicas de “quente” e “fresco”, que segundo Hewitt (2011) em termos macroscópicos, a temperatura informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão.

*“Sim. Comparado à temperatura de fora na hora notei a diferença de temperatura, ficou mais fresco dentro. Na frente estava muito quente, já no interior estava mais fresco”* (Aluno 22).

Ainda, nesse sentido, quando questionados se o calor nas salas era maior, justificando sua resposta, um dos alunos afirmou que:

*“Não. Porque o calor se dá a partir da mudança de temperatura, então teve mudança de temperatura não de calor. A temperatura diminuiu. O calor é um processo que depende da diferença de temperatura entre dois corpos”* (Aluno 04).



Nota-se pelas respostas que os alunos conseguiram diferenciar os conceitos entre temperatura e calor, já que calor, de acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016) é a energia trocada entre um sistema e o ambiente ocasionado por uma diferença de temperatura.

Novamente a maior evidência de aprendizagem foi percebida nas questões que envolviam os processos de transmissão de calor em alguma parte daquele local. Pelas respostas foi possível inferir que os alunos conseguiram perceber as formas de transmissão de calor e como ocorrem em cada situação.

*“Sim. Convecção em relação ao ar condicionado, o ar quente sobe e o ar frio desce; o que é basicamente convecção”;*

*“Irradiação, porque existe luz solar que passa pelos painéis” (Aluno 15);*

*“Não utilizaram concreto na construção. Eles utilizaram PVC na parede, usaram concreto furado com isopor, que é isolante térmico, dando pra perceber o processo de condução térmica” (Aluno 04).*

Com relação às opiniões sobre os recursos utilizados nas sequências das aulas e se a TLS ajudou a compreender os conceitos físicos abordados, aprimorando os conhecimentos que eles já tinham acerca desses conceitos, responderam:

*“O fogão solar é uma coisa que a gente não tinha conhecimento. Muito interessante mesmo, até porque é muito usado em algumas regiões, como no nordeste, foi bom pra gente conhecer, é algo novo para nós” (Aluno 06);*

*“Foi algo novo, fora da rotina, voltado para prática. Ajudou muito a compreender os conteúdos” (Aluno 16);*

*“A sequência de aulas ajudou a assimilar os conteúdos. Antes eu não sabia muito, agora consigo entender esses processos na prática e diferenciar cada um deles. Deu para esclarecer bastante” e que “os exercícios também foram importantes para fixar o conhecimento aprendido ao longo das aulas” (Aluno 23).*

### **Conclusões e Perspectivas**

Os resultados evidenciam que a proposta de ensino afetou positivamente a compreensão estrutural dos alunos sobre os conceitos físicos abordados nas etapas da sequência didática. Um êxito em diminuir a distância entre a teoria e o cotidiano, ao promover aulas contextualizadas nas visitas às edificações e na utilização de recursos didáticos. Além disso, foi perceptível ao pesquisador que aplicou a proposta que os alunos mostraram maior interesse e motivação nas aulas.

Com relação às demandas de aprendizagem, os alunos que apresentavam dificuldades em diferenciar os conceitos de temperatura e calor e descrever as formas de propagação de calor, identificadas na avaliação inicial, apresentaram uma evolução nesta demanda epistemológica como destacadas nas respostas mais consistentes e coesas nas avaliações.

Os resultados da avaliação, sobre os conceitos de fluxo de calor, quantidade de calor sensível e quantidade de calor latente que exigiam a utilização de fórmulas com resolução matemática, também apontaram para a mesma direção. Além disso, os alunos indicaram que gostaram da abordagem de ensino, sentiram que aprenderam algo na sequência de aulas, concordaram com o nível de dificuldade dos materiais e gostariam de atividades semelhantes sobre assuntos diferentes.



A abordagem adotada torna possível a utilização do material em salas de aula dos Ensinos Fundamental, Médio e em alguns cursos do Ensino Médio Integrado ou Tecnológico. Os sucessos e fracassos obtidos e a análise da progressão da aprendizagem dos alunos forneceram informações relevantes para desafiar os obstáculos e mal-entendidos persistentes.

### Referências

- ARAÚJO, M. S. T. & ABIB, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194.
- AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational Psychology – a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- AUSUBEL, D. P. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- BRAUND, M. & REISS, M. (2004). *Learning to Teach Science Outside the Classroom*. London: Routledge.
- COELHO, R. O. (2002). *O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio*. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas. 101 f. Pelotas, RS.
- COSTA, S. F. (1998). *Introdução Ilustrada à Estatística*. São Paulo: Harbra.
- GATTI, B. (2005). *Grupo Focal na Pesquisa em Ciências Sociais e Humanas*. Brasília: Liber Livro.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. & WALKER, J. (2016). *Fundamentos da Física Vol. 2*. Rio de Janeiro: Editora LTC.
- HEWITT, P. G. (2011). *Física Conceitual*. Porto Alegre: Editora Bookman.
- KIEFER, N. I. S. & PILATTI, L. A. (2014). Roteiro para a Elaboração de uma Aula Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. 7(1), p.1-23.
- LEACH, J. & SCOTT, P. (2003). Learning Science in the Classroom: drawing on individual and social perspectives. *Science and Education*, 12(1), 91-113.
- LERVOLINO, S. & PELICIONI, M. C. (2001). A Utilização do Grupo Focal como Metodologia Qualitativa na Promoção da Saúde. *Revista da Escola de Enfermagem*. 35(2), 115-121.
- LIJNSE, P. L. (1995). ‘Developmental Research’ as a Way to an Empirically Based ‘Didactical Structure’ of Science. *Science Education*, 79(2), 189-199.
- LIJNSE, P. L. (2002). Didactics of Science: *The Forgotten Dimension in Science Education Research?* In: MILLAR, R.; LEACH, J.; OSBORNE, J. (Org.) *Improving Science Education. The Contribution of Research*. p.308-3026. Buckingham: Open University Press.
- LIMA, D. B. A. (2015). *Seqüência didática para ensino de alguns conceitos de física térmica para alunos do ensino médio na modalidade EJA*. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) Campus Juazeiro, Universidade Federal do Vale do São Francisco, 157 f. Juazeiro, BA.

- MÉHEUT, M. & PSILLOS, D. (2004) Teaching-learning Sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- MILLAR, R. (1989). Constructive Criticisms. *International Journal of Science Education*, 11(5), 587-596.
- MOITA, F. M. G. C.; VERASZTO, E. V. & CANUTO, E. C. (2011). A. Jogos eletrônicos e Estilos de Aprendizagem: uma relação possível – breve análise do perfil do aluno do Ensino Médio. *Estilos de Aprendizagem na Atualidade*, 1(1), 1-14.
- MOREIRA, M. A. (2005). *Aprendizagem Significativa Crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.
- MOREIRA, M. A. (2006). *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação na Sala de Aula*. Brasília: Editora da UnB.
- MOREIRA, M. A. (2011). *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS*. Aprendizagem Significativa em Revista, 1(2), 43-63.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. (1982). *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- NASCIMENTO, N. R. (2018). *Dos Casarões às Edificações Sustentáveis: uma proposta de ensino de Física Térmica no Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso. 118 f. Cuiabá, MT.
- OLIVEIRA NETO, N. C. (2015). *Desconstrução/reconstrução dos Conceitos de Calor e Temperatura: um olhar sobre o ensino de Física na educação de jovens e adultos*. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) Departamento de Física, Universidade Federal de Viçosa. 96 f. Viçosa, MG.
- PAULA, L. T. (2017). *Ensino de Física por Projetos: a Física do forno solar*. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora. 60 f. Juiz de Fora, MG.
- PRENSKY, M. (2010). *Não me atralhe, mãe – Eu estou aprendendo!* São Paulo: Phorte.
- RANZANI, R.; PESSANHA, M. (2013). *Metodologias de Ensino e Avaliação em Sequências Didáticas Produzidas por Professores de Ciências*. IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona: 2013. *Atas...* Girona: Enseñanza de las Ciencias, p.2952-2956.
- RUTHVEN, K.; LABORDE, C.; LEACH, J. & TIBERGHIE, A. (2009). Design Tools in Didactical Research: instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the design of teaching sequences. *Educational Researcher*, 38(5), 329-342.
- SANTAROSA, M. C. P. (2013). Os Lugares da Matemática na Física e suas Dificuldades Contextuais: implicações para um sistema de ensino integrado. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 215-235.
- SAVINAINEN, A. & VIIRI, J. (2008). The Force Concept Inventory as a Measure of Students Conceptual Coherence. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 719-740.
- SEFERIN, Á. M. L. (2016) *Cosmologia e Atividades Investigativas no Ensino Médio: um estudo sobre os efeitos dessa abordagem sobre a aprendizagem dos estudantes*. Dissertação (Mestrado em

Gestão de Ensino da Educação Básica) Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo. 245 f. São Mateus, ES.

SERÉ, M.; COELHO, S. M. & NUNES, A. D. (2003). O Papel da Experimentação no Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(1), 31-42.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. (2011). *Oscilações, Ondas e Termodinâmica. Vol. 2*. São Paulo: Editora Cengage Learning.

VALADARES, J. A.; MOREIRA, M. A. (2009). *Aprendizagem Significativa: sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Edições Almedina.

ZABALA, A. (1998). *A Prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.