

ENSINO DE ELETROMAGNETISMO PARA ALUNOS DE ENGENHARIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

NORBERTO ARANHA, JOSÉ MARTINS DE OLIVEIRA JÚNIOR

Universidade de Sorocaba (Uniso)

<norberto.aranha@prof.uniso.br>, <jose.oliveira@prof.uniso.br>

DOI: 10.21439/conexoes.v19.3636

Resumo. Um dos questionamentos que mais se escuta dos estudantes quando da apresentação de um conceito novo em física é “pra que preciso saber isso?” ou ainda “onde vou utilizar isso?”. Pensando nessas questões este trabalho relata a experiência de metodologia aplicada à disciplina de Física, abordando os conceitos do eletromagnetismo, para estudantes do terceiro semestre do curso de engenharia. Buscou-se neste relato conciliar as ideias da engenharia reversa e da aprendizagem significativa com atividades pautadas por experimentos reais e virtuais utilizando simuladores. No texto é relatado a sequência das atividades e algumas considerações dos estudantes sobre a metodologia adotada durante o semestre. A inversão no processo de ensino-aprendizagem proposto neste trabalho possibilitou ao estudante observar o fenômeno antes da teoria e, a partir dessas observações, construir seu conhecimento. A proposta foi bem aceita pelos estudantes e os ajudou a refletir e melhorar seu entendimento sobre a matéria.

Palavras-chave: engenharia reversa; metodologia de ensino; ensino de física.

TEACHING ELECTROMAGNETISM FOR ENGINEERING STUDENTS: A METHODOLOGICAL PROPOSAL

Abstract. One of the most frequently heard questions from students when presenting a new concept in physics is “why do I need to know this?” or “where am I going to use this?”. Thinking about these questions, this work reports the experience of methodology applied to the discipline of Physics, approaching the concepts of electromagnetism, for students of the third semester of the engineering course. This report sought to reconcile the ideas of reverse engineering and meaningful learning with activities guided by real and virtual experiments using simulators. The text reports the sequence of activities and some considerations by students about the methodology adopted during the semester. The inversion in the teaching-learning process proposed in this work allowed the student to observe the phenomenon before the theory and, based on these observations, build their knowledge. The proposal was well accepted by the students and helped them to reflect and improve their understanding of the subject.

Keywords: reverse engineering; teaching methodology; physics teaching.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de física no ciclo básico dos cursos de engenharia sempre apresentou um desafio para os professores, devido às dificuldades enfrentadas pelos estudantes e à necessidade contínua de melhorias no processo de ensino/aprendizagem (Rihs; Dickman; Leite, 2022; Gerab; Valério, 2014; Machado; Pinheiro, 2010; Santos; Silva; Rosa, 2020). Ao longo das décadas, diversas metodologias foram testadas com o objetivo de engajar mais os estudantes e colocá-los como protagonistas no processo de ensino/aprendizagem (Zalewski; Novak; Carlson, 2019).

Os estudantes de engenharia sempre praticaram a habilidade de resolver problemas por repetição, visando a fixação das leis e dos conceitos. Para alguns, esta prática é um método eficaz para melhorar suas habilidades. No entanto, muitos ainda enfrentam dificuldades durante seu aprendizado.

Para resolver e discutir problemas, as aulas de física geralmente incluem uma parte teórica, na qual são apresentados os conceitos e leis, e uma parte prática, onde os estudantes realizam experimentos para verificar a validade das leis discutidas na teoria. No entanto, limitar a experimentação à comprovação das leis não parece ser suficiente para melhorar o ensino de física. É necessário também promover o desenvolvimento da abstração. Independentemente da metodologia adotada pelo professor ou da forma como ele organiza seu planejamento, é essencial fomentar uma aprendizagem ativa, na qual o estudante construa conceitos científicos com significado e compreensão, integrando-os efetivamente em sua formação.

Refletindo sobre alternativas para melhoria no processo de ensino/aprendizagem, consideramos o conceito de engenharia reversa, que surgiu por volta da Segunda Guerra Mundial. A engenharia reversa é uma abordagem que assume diversas formas, todas voltadas para a busca de pistas que revelem como um objeto pode ser reproduzido (Redish; Scherr; Tuminaro, 2006; Zalewski *et al.*, 2019).

Segundo Manzella e Mutafelija (1992), a engenharia reversa é o processo de extrair conceitos, princípios tecnológicos e de funcionamento de um produto ou sistema, analisando suas partes, funções e modo de operação. Em essência é uma técnica na qual o estudante aprende como um determinado equipamento funciona, dividindo-o em suas partes fundamentais. Se a análise for bem-sucedida, o estudante compreenderá o propósito de cada elemento individual contido na estrutura do sistema.

Por exemplo, um estudante de engenharia mecânica pode aprender como um carro funciona ao “dissecar” seu motor. Ao compreender completamente a dinâmica do motor, ele será capaz de projetar o seu próprio e explicar a função de cada componente incorporado ao projeto.

A aprendizagem é um processo complexo e, por exemplo, uma das frases que mais se ouve dos estudantes ao se apresentar um conceito novo é: “Por que preciso saber disso?” ou “Onde vou utilizar isso?”. Com a proposta deste trabalho, pretende-se substituir essas perguntas por outras do tipo: “O que é isto?” ou “Qual a definição desse termo?”.

Diante das dificuldades apresentadas pelos estudantes nas aulas de física, e buscando melhorias no ensino do eletromagnetismo para estudantes de engenharia, este estudo procura conciliar as ideias da engenharia reversa com experimentos de física, tanto reais quanto virtuais, utilizando simuladores.

O objetivo do trabalho foi elaborar uma sequência de aulas práticas, tendo como tema o conteúdo de eletrostática e magnetismo presente nos livros textos (Halliday; Resnick; Walker, 2002; Serway; Jr., 2004). Para isso, a proposta deste trabalho foi inverter a apresentação dos conceitos e leis, de maneira similar à ideia da engenharia reversa, partindo de um sistema real - no caso, um motor elétrico simples - para discutir seu funcionamento e as características das partes que o compõem, até chegar na definição de carga elétrica.

2 METODOLOGIA

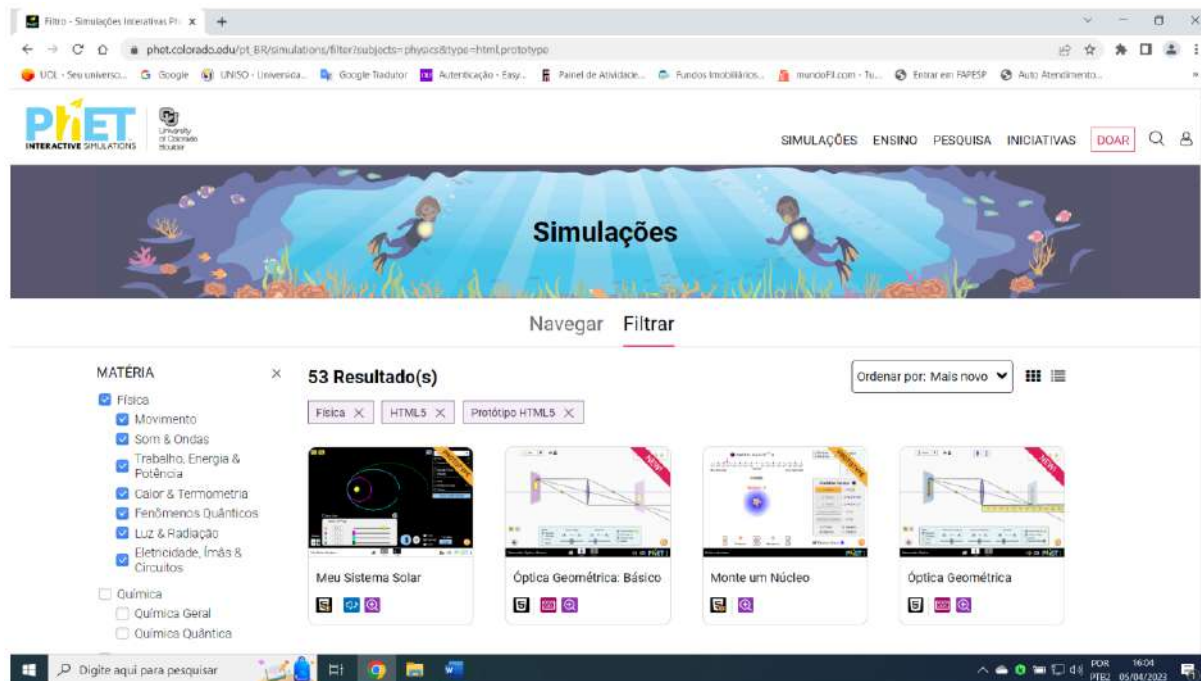
As atividades utilizando a proposta deste relato foram realizadas durante todo o segundo semestre de 2022, em uma universidade da cidade de Sorocaba-SP, aplicadas em duas turmas iniciantes de engenharia (2º semestre do curso), uma do período diurno (17 alunos) e outra do noturno (14 alunos). Essas turmas eram compostas por estudantes de diferentes áreas da engenharia, e o conteúdo da disciplina ministrada no semestre abordou o eletromagnetismo.

A abordagem dos temas foi realizada por meio de experimentos montados em bancada e experimentos virtuais interativos, utilizando o simulador *Interactive Simulations (PhET)*. A Figura 1 mostra a página do *PhET* na *Webb*, onde, à esquerda do quadro, são exibidas as diversas áreas da Física que podem ser exploradas com os simuladores. O simulador permite realizar experimentos virtuais qualitativos, nos quais se pode observar o efeito dos eventos, assim como experimentos quantitativos, que permitem a coleta de dados para serem analisados por meio de gráficos.

Cada encontro tinha a duração de quatro aulas de 50 minutos, e todo material didático (slides, roteiro de experimento, filmes, simulador, textos, testes, exercícios) era disponibilizado na plataforma *MOODLE*.

O primeiro passo para formatar o roteiro das aulas foi elaborar o Mapa Conceitual sobre o tema, conforme apresentado na Figura 2. A utilização do Mapa Conceitual é interessante porque permite organizar os conceitos e leis que se pretende apresentar aos estudantes, delineando a sequência dos temas a serem discutidos em cada aula (Moreira, 2012).

A proposta deste trabalho foi que os estudantes, a partir da construção de um motor elétrico, verificando suas partes e seu funcionamento, conseguissem identificar os parâmetros, conceitos e leis necessários para explicar

Figura 1: Foto do site *PhET Interactive Simulations*.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/>

cientificamente seu funcionamento. Aqui, aplica-se o conceito da engenharia reversa na abordagem dos temas, invertendo a sequência tradicionalmente apresentada nos livros textos (Halliday; Resnick; Walker, 2002; Serway; Jr., 2004). Nesses livros, costuma-se iniciar com eletrostática definindo carga elétrica, força elétrica e campo elétrico, evoluindo para potencial elétrico, capacitores, lei de Ohm, e, mais adiante, abordando o magnetismo, com as definições de força magnética e campo magnético. Somente nesse ponto do livro é que se discute o funcionamento do motor ou gerador elétrico.

A inversão na abordagem dos temas se justifica no fato de que o estudante analisa inicialmente um produto, no caso, o motor elétrico, e, a partir daí, é questionado sobre quais conceitos e leis são necessários para explicar seu funcionamento. Com isso, pretende-se substituir as perguntas que geralmente se escuta em sala de aula como: “Onde vou usar isso?” ou “Para que preciso saber isso?”, por questões como: “Por que o ímã faz a bobina girar?” ou “Por que a bobina precisa estar ligada a uma bateria?”.

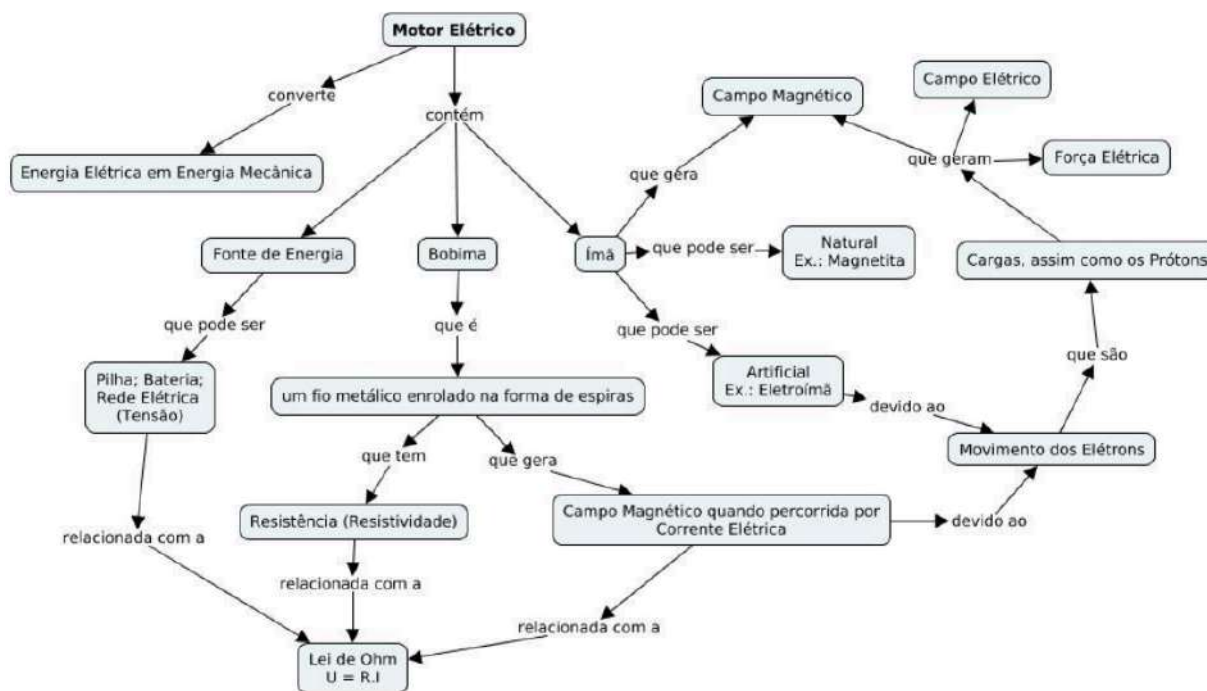
Este tipo de abordagem permite que o estudante perceba a necessidade de identificar os conceitos e leis presentes nas diferentes partes que compõem o motor, para que possa entender seu funcionamento de forma completa. Isso ocorre em uma sequência lógica e mais clara para ele.

Na primeira aula, os estudantes assistiram a um filme sobre o funcionamento do motor elétrico. Em seguida, foi proposta a construção de um motor elétrico básico, composto por bobina, ímã e bateria. Após a montagem do motor e a verificação do seu funcionamento, foi discutido com os estudantes o que era necessário saber para que entendessem claramente o funcionamento de cada uma das partes que compõem o motor elétrico. A partir das aulas seguintes, foram realizados experimentos, virtual ou em bancada, abordando cada conceito subsequente.

Ao final das aulas, ou no início da aula na semana seguinte, as atividades realizadas eram corrigidas e discutidas com os estudantes. Dessa forma, a cada encontro de 4 aulas, realizava-se um experimento de bancada (ou usando o simulador *PhET*) e discutiam-se os conceitos e leis envolvidos naquela atividade.

Cada roteiro de experimento continha questões conceituais para que o estudante identificasse os parâmetros e variáveis presentes na atividade. A partir daí, o estudante precisava buscar as informações necessárias (conceitos, definições e leis) para entender claramente os resultados obtidos durante a realização da atividade. Nesta etapa, o professor atuava como tutor, esclarecendo as dúvidas de cada grupo e, quando necessário, explicava de forma expositiva para toda a classe algum ponto cuja dúvida era geral.

Figura 2: Mapa Conceitual sobre motor elétrico.



As avaliações foram compostas pelos experimentos, testes aplicados em alguns momentos (no final das aulas), e duas provas modelo TBL (Michaelsen; Knight; Fink, 2002) onde o estudante realizava a prova individualmente, valendo 70% da nota e, em seguida, refazia a mesma prova em grupo valendo 30%. Essas provas foram aplicadas no meio e no final do semestre.

Os experimentos reais ou virtuais (utilizando o simulador *PhET*) foram realizados toda semana, e os relatórios postados ao final de cada aula na plataforma *MOODLE*. Na maior parte das atividades e avaliações, priorizaram-se as questões conceituais.

Os relatórios incluíam entre 5 e 10 questões que os estudantes respondiam com base nas observações realizadas durante os experimentos, sejam virtuais (no simulador *PhET*) ou reais. A maioria das perguntas era teórica, abordando o funcionamento e as características do experimento, e, em alguns casos, no final do relatório, eram apresentadas 4 questões envolvendo cálculo.

O *feedback* das atividades realizadas em sala era fornecido sempre no início das aulas subsequentes, com a correção do experimento realizado na semana anterior, discutindo os erros e acertos cometidos pelos estudantes.

Para se ter um *feedback* dos estudantes sobre a metodologia utilizada, foi aplicado um questionário, respondido de forma voluntária e anônima, com apenas duas questões sobre a percepção deles quanto à proposta de ensino.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros encontros foram de adaptação dos estudantes ao novo modelo de aula e seu ritmo, visto que eles ainda estavam acostumados ao formato tradicional, em que o professor apresenta os conceitos com exemplos de aplicação e, em seguida, trabalha listas de exercícios.

Com a proposta desse novo modelo, as aulas se tornaram mais dinâmicas, sendo possível observar uma maior participação e interação dos estudantes durante a realização das atividades no laboratório.

À medida que os encontros avançavam, os estudantes se familiarizaram com a dinâmica das aulas, e os relatórios entregues mostraram-se mais claros e organizados. Buscou-se sempre que os relatórios fossem entregues com

respostas objetivas, contemplando o que foi observado durante as atividades.

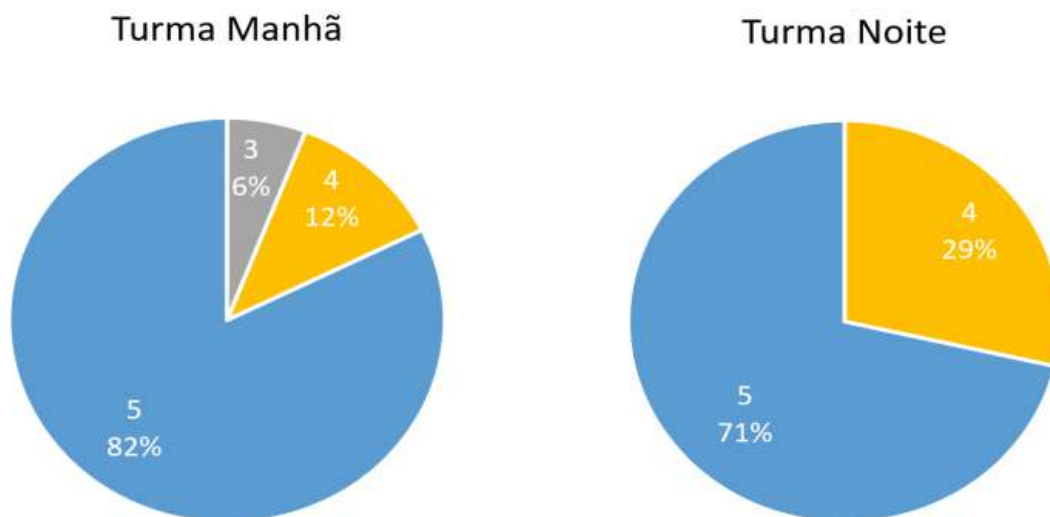
Outro ponto a destacar foi a diminuição das faltas, uma vez que em toda aula havia uma atividade valendo nota, a qual compunha a média final do semestre. Isto fez com que os estudantes mantivessem o conteúdo da matéria em dia, visto que em toda aula estavam estudando parte do conteúdo.

A possibilidade de observar o fenômeno, seja no simulador ou na experiência real, e em seguida buscar os conceitos e leis relacionados, melhora o entendimento do fenômeno, pois se parte da vivência prática para, depois, abstrair com as leis e conceitos. Geralmente, o que se fazia era apresentar os conceitos e leis associadas para, então, apresentar alguma situação prática de sua aplicação.

Também foi observado um maior entrosamento entre os estudantes durante as atividades, uma vez que era necessário haver diálogo entre os membros do grupo, ou mesmo entre os grupos, para que se chegasse a uma melhor compreensão do que estava ocorrendo nos experimentos.

Os gráficos apresentados nas Figuras 3 e 4 referem-se às respostas dadas pelos estudantes (de forma voluntária e anônima) em uma escala de 1 a 5, onde 1 representa que o item “não ajudou” ou “não facilitou” o entendimento da matéria, e o 5 indica que o item foi importante para o entendimento do conteúdo discutido em sala de aula.

Figura 3: Opinião dos estudantes sobre o uso dos simuladores PhET utilizados para realizar os experimentos.

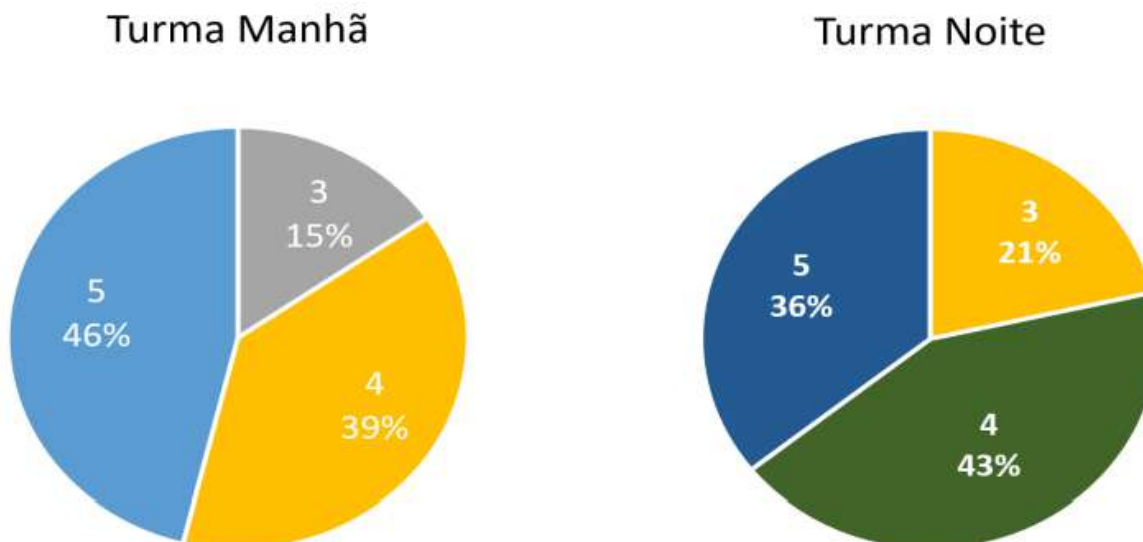


O gráfico da Figura 3 mostra a opinião dos estudantes em relação ao uso do simulador *PhET* durante as aulas. Em uma escala de 1 a 5, onde “1 – não ajudou a entender os conceitos discutidos nas aulas” e “5 – facilitam bastante o entendimento dos conceitos discutidos nas aulas”, 82% dos estudantes da turma manhã e 71% da turma da noite responderam “5”; 12% turma manhã e 29% turma noite responderam “4”; e apenas 6% da turma manhã respondeu “3”. Esses resultados corroboram a ideia de utilizar simuladores durante as aulas para melhorar o entendimento dos conceitos em física.

Com relação à metodologia utilizada pelo professor nas aulas, em uma escala de 1 a 5, onde “1- não facilitou a compreensão dos conceitos discutidos em sala de aula” e “5- facilitou bastante a compreensão dos conceitos discutidos em sala de aula”, 46% da turma da manhã e 36% da turma da noite responderam “5”, 39% da turma da manhã e 43% da turma da noite responderam “4”, e 15% da turma da manhã e 21% da turma da noite responderam “3”, como apresentado na Figura 4.

Ao longo das décadas, as aulas de física têm se pautado mais na aprendizagem mecânica, com foco nas aulas teóricas preparando os estudantes para as provas. As aulas experimentais atuavam como um complemento à teoria. Moreira (2021) discute os desafios do ensino de física abordando vários aspectos e conclui que os conceitos devem receber mais atenção do que a mera memorização e aplicação de fórmulas, visto que a “... conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo.”

Outros autores discutem a abordagem comumente utilizada nas aulas de laboratório, onde as atividades dos

Figura 4: Opinião dos estudantes sobre a metodologia utilizada pelo professor durante as aulas.

estudantes envolviam basicamente a comprovação de leis da física apresentadas em sala de aula. Essa prática tem dado espaço para propostas mais atuais, com abordagens mais práticas focadas na análise de conceitos (Parreira; Dickman, 2020). Ferreira, Corrêa e Silva (2019) concluíram em sua pesquisa que “...embora existam algumas inovações, observamos que os roteiros de aula ainda são organizados com uma abordagem de confirmação de conceitos”.

Neste trabalho, priorizou-se, em todas as aulas, a parte experimental como ponto de partida para discutir os conceitos e leis da física, e não apenas realizar experimentos para confirmá-los. Para isso foram utilizados experimentos reais e virtuais (simuladores). O uso de simuladores disponíveis gratuitamente na internet possibilita agilizar as aulas de laboratório, uma vez que se ganha tempo com a montagem dos experimentos, utiliza-se uma tecnologia com a qual os estudantes estão mais familiarizados e permitir visualizar aspectos microscópicos do fenômeno físico que não seriam possíveis em um experimento real de bancada.

Na área de física, o simulador *PhET*, um projeto desenvolvido pela Universidade do Colorado Boulder em 2002 pelo Físico Carl Wieman, é um dos mais completos disponíveis na internet, permitindo a realização de vários experimentos virtuais, alguns com possibilidade de fazer medições, possibilitando a construção de gráficos para análise das leis da Física.

A proposta deste estudo vai ao encontro de vários autores que relatam a utilização de simuladores como complemento ou mesmo substituto de experimentos reais em bancada (Araujo; Veit, 2004; Heckler; Saraiva; Filho, 2007; Santos; Dickman, 2019; Campos, 2017; Lavor; Oliveira, 2022). Sobre a utilização de simuladores Moreira conclui que:

Utilizar laboratórios virtuais; computadores e celulares fazem parte do entorno dos alunos. Laboratórios virtuais podem ser usados em simulações, modelos computacionais e experimentos virtuais. A experimentação deve fazer parte do ensino da Física. (Moreira, 2021)

Neste trabalho, o simulador *PhET* foi utilizado em experimentos cuja montagem era mais trabalhosa, como na montagem de um gerador elétrico, ou em situações em que era possível observar o movimento de elétrons em um fio condutor, ou ainda na interação (força elétrica e campo elétrico) de cargas elétricas (prótons e elétrons). Em outros momentos, utilizaram-se experimentos reais, como a montagem do motor elétrico, montagem de circuitos elétricos para análise da lei de Ohm, associação de resistores, associação de capacitores, entre outros.

É importante esclarecer que, antes da realização dos experimentos virtuais, era informado aos estudantes que o simulador era uma simplificação da realidade, uma vez que poderia apresentar imagens distorcidas da realidade. Segundo Heckler, Saraiva e Filho (2007) “Ao usar os simuladores, é de extrema importância que tanto o professor

quanto o aluno estejam conscientes de que eles são um modelo simplificado da realidade, sob risco de assimilar uma ideia errada do fenômeno em estudo”.

Os resultados apresentados na Figura 3 mostram que a maioria dos estudantes se adaptou bem ao simulador *PhET*, aprovando seu uso durante as aulas. O simulador permitiu realizar os experimentos de uma forma mais versátil, possibilitando, ainda, a realização de medições, como se fosse no caso real, viabilizando a construção de gráficos para análise dos resultados, o que é importante na área das engenharias.

Os resultados observados neste estudo estão em consonância com relatos da literatura (Neto, 2024; Jaime; Leonel, 2024). Neto (2024), que utilizou simuladores durante suas aulas afirmam que “Os resultados mostram que houve maior engajamento dos alunos e um aprendizado mais rápido usando simuladores como suporte cognitivo. Também observamos que a atividade desenvolveu maiores habilidades procedimentais e de comunicação de resultados”.

Como pontos positivos da utilização de simuladores em sala de aula, Jaime e Leonel (2024) destacam ainda: ampliam o poder de observação e compreensão do fenômeno que está sendo trabalhado, apresentam o conteúdo de forma mais interessante para os educandos, trazem maior interação em sala de aula, levam a uma melhor visualização de conceitos abstratos e que educando se torna agente ativo em sala de aula. Em contrapartida, estes autores colocam como desafios: dificuldade do processo de modelagem do fenômeno, falta de pesquisa na área, dificuldade do educador em conseguir mostrar as limitações que o modelo apresenta, necessidade de as escolas estarem equipadas com computadores e *internet* e falta de formação para o educador aprender a trabalhar tanto como modelagem, tanto com o próprio *software* de simulação.

A utilização de simuladores em sala de aula, por si só, não garante um melhor aprendizado; é fundamental estruturar as aulas observando os conceitos que se pretende abordar e a metodologia mais adequada. Para organizar a sequência dos assuntos e os tópicos abordados durante as aulas ao longo do semestre, utilizou-se o mapa conceitual. Com ele, foi possível delinear a rota de atividades e escolher os experimentos realizados em cada aula durante o semestre.

Segundo Moreira (2012), os mapas conceituais representam uma ferramenta valiosa para fixar e representar de forma gráfica os conhecimentos, além de estimular o desenvolvimento cognitivo de aprendizagem. Quando o estudante elabora um mapa conceitual, ele deve explicar o que fez, e esse processo faz com que o aprendizado seja demonstrado. Além de ser utilizado como ferramenta de avaliação, o mapa conceitual pode ser usado como uma ferramenta de trabalho, permitindo que o professor estruture suas aulas de modo a sequenciar os tópicos que serão abordados.

Uma vez escolhidos os experimentos a serem realizados, buscou-se montar um roteiro de experiência diferente dos tradicionalmente encontrados na literatura. Segundo Ferreira, Corrêa e Silva (2019) “...muitos roteiros os experimentos são concebidos para confirmar conceitos e não para explorá-los...”. Ao contrário dessa prática tradicional, a abordagem utilizada durante as aulas contemplava roteiros de experiências apresentados com questões teóricas sobre o que era observado pelos estudantes durante a realização das atividades, de modo a priorizar a visualização dos eventos e o entendimento dos conceitos envolvidos no experimento. Segundo Ferreira, Corrêa e Silva (2019):

Acreditamos que os estudantes podem compreender os conceitos científicos de uma forma mais efetiva e conhecer melhor sobre a natureza da ciência, quando se envolvem em uma abordagem investigativa. Dentro dessa abordagem, a experimentação pode ser um momento rico para atingir essa finalidade. (Ferreira; Corrêa; Silva, 2019)

Essa abordagem permitiu trabalhar uma aprendizagem mais significativa, na qual os conceitos e leis não eram apresentados previamente aos estudantes, mas sim descobertos por eles à medida que observavam os resultados dos experimentos (Moreira, 2012).

3.1 Planejamento das Aulas e sua Dinâmica

No que se refere ao planejamento das aulas, estas foram pautadas inicialmente na proposta de Villatorre, Higa e Tychanowicz (2012), que sugere três estratégias:

- Investigação de conceitos por parte dos alunos,
- Exposição de conceitos por parte do professor,
- Práticas de experimentação.

Diferentemente desses autores, neste trabalho optou-se pela inversão dessas estratégias. Ou seja, primeiramente os estudantes realizavam o experimento, em seguida buscavam identificar os conceitos e leis relacionados aos resultados observados, e, por fim, o professor corrigia o experimento, discutindo os erros e acertos cometidos pelos estudantes, permitindo assim uma aprendizagem mais significativa.

Essa alteração no processo de ensino/aprendizagem introduziu uma nova dinâmica durante as aulas, promovendo uma participação mais ativa dos estudantes. Isto pôde ser observado pelas respostas dadas por eles sobre a metodologia utilizada pelo professor (Figura 3), onde 85% da turma da manhã e 79% da turma da noite afirmaram que a metodologia aplicada de certa forma ajudou de certa forma a compreender os conceitos e leis discutidos em sala de aula.

Além disso, em cada encontro de quatro aulas, praticamente se concluía o tema abordado, de modo que os estudantes mantinham o conteúdo da disciplina sempre em dia. Isto permitia que os estudantes fossem pontuando a cada atividade, fugindo do modelo tradicional de provas individuais aplicadas duas ou três vezes ao longo do semestre. Esse modelo é interessante pois evita o acúmulo de conteúdo a ser estudado para as provas.

Outra “inversão” aplicada nessas aulas foi com relação à abordagem dos temas desenvolvidos em cada aula. Essa proposta foi baseada inicialmente na ideia da engenharia reversa, que propõe uma “desconstrução” no sentido de, a partir de um dispositivo pronto (neste caso prático, um motor elétrico simples), analisar suas partes individualmente, tentando entender os conceitos e leis que regem seu funcionamento como um todo. Segundo Calderon (2010)

O termo genérico “Engenharia Reversa” pode ser encontrado em diferentes áreas, mas em todas elas “Reversa” implica partir de algo existente para trás e depois encontrar o caminho de volta aos estágios conceituais iniciais por meio de uma combinação de processos cognitivos, testes técnicos e cálculos para tentar recuperar as especificações iniciais de um produto...(Calderon, 2010)

Nesta proposta de aulas, a “inversão” da abordagem dos temas discutidos em sala de aula dialoga com a aprendizagem significativa. Segundo essa abordagem, existem dois processos: 1) a diferenciação progressiva, na qual, que a partir de um conhecimento inicial, surgem outros conceitos que ganham novos significados. Nesse contexto, o tema abordado deve ser programado de forma que as ideias mais gerais da disciplina sejam apresentadas primeiro e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários para o entendimento global da matéria; 2) a reconciliação integrativa, que ocorre quando o estudante percebe a relação de dois conceitos antes visto como distintos. Aqui, parte-se do conceito específico conectando-o a um conceito mais geral de forma proposicional (Tavares, 2007).

A realização das atividades experimentais como ponto de partida para a discussão dos conceitos e leis da Física contempla os dois princípios propostos por Ausubel (2003): a diferenciação progressiva, uma vez que as ideias mais gerais precederam os conceitos mais específicos trabalhados de forma hierarquizada, e a reconciliação integrativa, devido à repetida retomada dos conceitos já incluídos.

Pela dinâmica e participação dos estudantes durante as aulas, e pelas respostas dadas por eles (Figuras 3 e 4), pode-se afirmar que a metodologia utilizada foi positiva. Todavia, é importante destacar algumas falas.

No questionário respondido pelos estudantes, foi incluída uma questão aberta para que opinassem sobre: “Qual a melhor forma de aprender na sua opinião? ou Que tipo de aula você acha que aprende mais?”. Destacamos a seguir algumas respostas que, de certa forma, representam alguns perfis dos estudantes.

- A) *"A melhor forma de aprender são as atividades de pesquisa e aulas participativas onde se pode desenvolver na prática os conceitos."*
- B) *"Em minha opinião, o melhor tipo de aula é a que o aluno faz experimentos em aula. Eu aprendo mais praticando do que ouvindo o professor falar."*
- C) *"Aulas com exposição mais usuais dos conceitos e com testes práticos."*
- D) *"Aula teórica acrescida de exercícios e práticas, além de exercícios para casa."*
- E) *"Eu aprendo mais fazendo exercícios sobre a aula que foi ministrada."*
- F) *"Eu sempre achei que aprendo melhor prestando atenção na aula e realizando atividades do assunto tratado, porém esse semestre fui desafiado a ter um aprendizado de maneira diferente e achei bastante interessante."*

As respostas dos estudantes “A” e “B” estão em consonância com a metodologia adotada pelo professor durante as aulas. A alteração da dinâmica das aulas, com a utilização dos simuladores, atendeu às opiniões deles sobre como aprender, pois os estudantes iniciavam um determinado tema a partir da visualização do fenômeno, observando as variáveis envolvidas e seus efeitos.

É importante destacar que, durante as atividades, o professor auxiliava cada grupo no entendimento dos efeitos observados, esclarecendo as dúvidas dos estudantes. Após o experimento, havia uma apresentação formal dos conceitos, realizada de uma forma expositiva pelo professor, finalizando as atividades daquela aula.

Antes de realizar o experimento, era feita uma explanação sobre como utilizar o simulador, e o roteiro do experimento continha perguntas sobre os efeitos observados para embasar os conceitos sobre o fenômeno. Também era disponibilizado na plataforma Moodle material de apoio, como filmes, textos e slides, que complementavam a simulação. Segundo Heckler, Saraiva e Filho (2007), “Esses cuidados são muito importantes pois uma simulação fora de um material bem elaborado pode levar a uma aprendizagem puramente mecânica, em oposição ‘a desejada aprendizagem significativa’”.

Podemos afirmar que a utilização dos simuladores do PhET foi de fácil aceitação, até porque os estudantes da atual geração têm grande familiaridade com o uso da tecnologia, o que é um fator a mais para aguçar a sua curiosidade e vontade de aprender (Santos; Dickman, 2019)

Como contraponto, destacam-se as respostas dos estudantes “C” e “D”, que indicam preferência por aulas expositivas tradicionais. O estudante “D” foi mais enfático, mencionando a sequência “*exposição da teoria, resolução de exercícios e tarefa para casa*”. Vale observar que um total de 7 estudantes (2 da turma da manhã e 5 da turma da noite) registraram sua preferência por aulas expositivas, enfatizando a resolução de exercícios. É interessante notar que, esses dois estudantes apesar de preferirem o formato de aula tradicional expositiva, escolheram a opção “4” (Figura 3) na pergunta sobre se a metodologia utilizada pelo professor facilitou ou não a compreensão dos conceitos discutidos em sala de aula.

Como reflexão observamos que, apesar de preferirem o estilo tradicional de aula, esses estudantes admitem que o formato mais dinâmico apresentado durante o semestre foi positivo e os auxiliando no entendimento dos conceitos.

Podemos inferir que, acostumados ao formato passivo em uma aula tradicional – exposição da teoria, resolução de exercícios e tarefas para casa – esses estudantes podem não reconhecer claramente as vantagens de metodologias mais diversificadas que promovem uma postura mais ativa e participativa.

A resposta do estudante “E” nos remete à cultura do ensino pela testagem. A resolução de exercícios é uma prática importante nas engenharias, mas deve-se ter cuidado para não a utilizar meramente como aplicação de fórmulas. Segundo Moreira (2021):

Vivemos na cultura do ensino para a testagem, conhecido internacionalmente como *teaching for testing*. As escolas funcionam mais como centros de treinamento do que como centros educacionais e professores e alunos têm que se submeter a essa cultura treinadora que tem por trás a preparação para o mercado. (Moreira, 2021)

É importante observar a necessidade do entendimento claro dos conceitos por parte dos estudantes, segundo Moreira:

Na Física, modelos conceituais e teóricos são construídos como instrumentos para a compreensão de fenômenos físicos... Dar mais atenção a conceitos do que fórmulas; há conceitos que são estruturantes da Física; conceitos estão na base da compreensão humana; a conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo. (Moreira, 2021)

Por fim, o estudante “D” foi o único das duas turmas que fez uma ponderação sobre a sua percepção da forma de aprender e o desafio da “nova” metodologia utilizada durante as aulas do semestre. Podemos interpretar o termo “desafiado” utilizado pelo estudante como uma referência à aplicação de uma metodologia de ensino mais ativa, que o retirou de sua zona de conforto. Ou seja, ele foi confrontado com um método diferente do ensino tradicional ao qual estava adaptado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, buscou-se apresentar uma forma diferente de abordar conceitos e leis do eletromagnetismo para estudantes iniciantes dos cursos de engenharia. A formatação das aulas foi baseada nas ideias da engenharia reversa, do ensino significativo e metodologias ativas.

Os estudantes ingressantes nos cursos de engenharia trazem uma experiência didática pautada pelo ensino tradicional, com aulas expositivas seguidas de resolução de exercícios aplicados. Alterar os modelos de aula nos semestres iniciais é crucial para que o estudante tenha contato com outras formas de aprendizagem, passando do ensino conteudista para um ensino mais dinâmico, evoluindo de um estudante ouvinte para um estudante protagonista do seu próprio saber.

Embora a resolução de problemas seja fundamental nos cursos de engenharia, observa-se que muitos estudantes são treinados mais para decorar fórmulas e realizar cálculos, sem uma visão clara dos conceitos envolvidos.

A inversão no processo de ensino/aprendizagem proposta neste trabalho possibilitou aos estudantes observarem o fenômeno antes da teoria e, a partir dessas observações, construir seu conhecimento. A realização de experimentos reais e virtuais, partindo do sistema (motor elétrico) para, em seguida, analisar suas partes passo a passo, foi fundamental para esse propósito.

O uso do simulador *Phet* mostrou-se adequado como ferramenta para a introdução dos conceitos da física durante as aulas de laboratório.

As respostas dadas pelos estudantes mostraram que a proposta foi bem aceita e contribuiu para melhorar seu entendimento sobre a matéria. Este modelo pode ser expandido para outros temas e aprimorado com diferentes formas de abordagem.

Por fim, é importante ressaltar que a utilização de simuladores em sala de aula, por si só, não garante um melhor aprendizado. Escolher a metodologia mais adequada ao modelo de aula que se pretende aplicar, para abordar os conceitos com o auxílio desta tecnologia, é também um ponto fundamental para alcançar um aprendizado mais eficaz.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 5, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/4069/2633>. Acesso em: 16 ago. 2024.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

CALDERON, M. L. S. Application of reverse engineering activities in the teaching of engineering design. In: **Anais Eletrônico do International Design Conference - Design 2010**. Croatia: Dubrovnik, 2010. Disponível em: <https://www.designsociety.org/publication/29470>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CAMPOS, B. d. O. **Utilização de simulações computacionais no ensino de física, na área da termologia**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Física, Minas Gerais, 2017. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/bitstream/tede/1017/5/Dissertação>. Acesso em: 04 out. 2023.

FERREIRA, S.; CORRÊA, R.; SILVA, F. C. Estudo dos roteiros de experimentos disponibilizados em repositórios virtuais por meio do ensino por investigação. **Ciência Educação**, Bauru, v. 25, n. 4, p. 999–1017, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/LJNmpSH8XwzCB84>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GERAB, F.; VALÉRIO, A. D. A. Relação entre o desempenho em física e o desempenho em outras disciplinas da etapa inicial de um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 2401, 2014. Disponível em: <https://x.gd/4jP2j>. Acesso em: 10 abr. 2023.

HALLIDAY, D.; RESNIC, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 15. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2002. v. 3.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. d. F. O.; FILHO, K. d. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267–273, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/3T3bD3LBbysdnDNF>. Acesso em: 10 abr. 2023.

JAIME, D. M.; LEONEL, A. A. Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20230309, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PvcqYmVLssjYpgg>. Acesso em: 16 ago. 2024.

LAVOR, O. P.; OLIVEIRA, E. A. G. Discutindo eletrostática através de uma sequência de ensino investigativa. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 34, n. 1, 2022. Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/61012022000100071>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MACHADO, V.; PINHEIRO, N. A. M. Investigando a metodologia dos problemas geradores de discussões: aplicações na disciplina de física no ensino de engenharia. **Revista Ciência Educação**, v. 16, n. 2, p. 525–542, 2010. Disponível em: <https://x.gd/Q15ao>.

MICHAELSEN, L. K.; KNIGHT, A. B.; FINK, L. D. **Team-based learning**: A transformative use of small groups. Westport, Connecticut, EUA: Greenwood Publishing Group, 2002.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 04 out. 2023.

MOREIRA, M. A. M. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/JsfCRNFCxHqLy/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

NETO, R. D. S. Uma análise sobre os aprendizados de alunos ao utilizarem simuladores em aulas de física. In: **Anais Eletrônico do CIET: Horizonte – Congresso Internacional de Educação e Tecnologia e de Educação a Distância**. São Carlos: SP, 2024. Disponível em: <https://ciet.ufscar.br/anais2024>. Acesso em: 18 ago. 2024.

PARREIRA, J. E.; DICKMAN, A. G. Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20200096, 2020. Acesso em 10 abr. 2023.

PhET Interactive Simulations. **PhET Interactive Simulations**. 2023. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 5 abr. 2023.

- REDISH, E. F.; SCHERR, R.; TUMINARO, J. Reverse-engineering the solution of a “simple” physics problem: Why learning physics is harder than it looks. **The Physics Teacher**, v. 44, p. 293–300, May 2006. Disponível em: <https://x.gd/QjY6r>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- RIHS, A. R.; DICKMAN, A. G.; LEITE, C. Uma abordagem contextualizada da física no curso de engenharia ambiental e sanitária. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20210335, 2022. Disponível em: <https://x.gd/kvchT>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- SANTOS, B. M.; SILVA, H. E. da; ROSA, R. C. Relato de experiência: atividades lúdicas e experimentais para o ensino de ondas. **Revista REAMEC**, Cuiabá (MT), v. 8, n. 2, p. 327–351, maio-agosto 2020. Disponível em: <https://x.gd/tiju2>.
- SANTOS, J. C. D.; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, p. e20180161, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbep/a/BKKqL43Gq4>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- SERWAY, R. A.; JR., J. W. J. **Princípios de Física**. 12. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. v. 3.
- TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências Cognição**, v. 12, p. 72–85, 2007. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- VILLATORRE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. **Metodologia do Ensino de Matemática e Física – Didática e Avaliação em Física**. Curitiba, Paraná: Ed. Intersaberes, 2012. v. 2. 110 p.
- ZALEWSKI, J.; HARPE, K. D. L.; NOVAK, G.; SPICKLEMIRE, S. Teaching physics through reverse engineering. In: **The 10th International Conference on Physics Teaching in Engineering Education (PTEE 2019)**. The Hague University of Applied Sciences, Delft, The Netherlands: Rotterdamseweg, 2019. p. 1–8. Disponível em: <https://x.gd/ffej2>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- ZALEWSKI, J.; NOVAK, G.; CARLSON, R. E. Review: An overview of teaching physics for undergraduates in engineering environments. **Education Sciences**, v. 9, n. 4, p. 278, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/4/278>. Acesso em: 15 abr. 2023.