

Proposta de atividade de física no formato aula invertida para graduandos em engenharia elétrica

*Proposal for an inverted classroom physics activity for undergraduate electrical engineering students*

*Propuesta de una actividad de física en formato de aula invertida para estudiantes universitarios de ingeniería eléctrica*

Leandro Silva Moro<sup>1</sup>

**Resumo:** Este trabalho é de caráter propositivo e tem o objetivo de apresentar uma Proposta de Atividade de Sala de Aula Invertida no âmbito do Ensino de Física para graduandos, na modalidade presencial, em um curso de bacharelado em Engenharia Elétrica, em uma universidade pública. A metodologia adotada se baseia no aporte de teórico-prático de sala de Aula Invertida como possibilidade de Metodologia Ativa. Por razões técnicas não foi possível a sua aplicação, mas o contexto de elaboração remonta discussões sobre conservação e transformações de energia empreendidas em sala de aula com estudantes do último período. Quando se percebeu a necessidade de ampliar o espaço-tempo da sala de aula e articular essa temática com questões práticas do curso, de modo reflexivo. Pois, o trabalho do engenheiro eletricista, como o de outros profissionais, não pode ficar reduzido à mera prática ou imitação de modelos, mas demanda articulações teoria e prática, ou seja, teoria para se refletir sobre a prática e vice-versa. Nesse sentido, a proposta se apresenta como um desafio, haja vista que uma metodologia ativa para se efetivar, depende do contexto, da intervenção docente, das experiências vivenciadas e de outras variáveis.

**Palavras-chave:** Engenharia elétrica. Ensino de Física. Sala de aula invertida.

**Abstract:** This work is propositional in nature and aims to present a Flipped Classroom Activity Proposal within the scope of Physics Teaching for undergraduates, in person, in a bachelor's degree course in Electrical Engineering, at a public university. The methodology adopted is based on the theoretical-practical input of the Flipped Classroom as a possibility of Active Methodology. For technical reasons, it was not possible to apply it, but the context of its elaboration dates back to discussions on energy conservation and transformations undertaken in the classroom with students from the last period. When the need to expand the space-time of the classroom and articulate this theme with practical issues of the course, in a reflective way, was realized. Therefore, the work of an electrical engineer, like that of other professionals, cannot be reduced to mere practice or imitation of models, but demands articulation between theory and practice, that is, theory to reflect on practice and vice versa. In this sense, the proposal presents itself as a challenge, given that an active methodology to be implemented depends on the context, teaching intervention, lived experiences and other variables.

**Keywords:** Electrical engineering. Flipped classroom. Teaching Physics.

**Abstract:** El trabajo es de carácter proposicional y tiene como objetivo presentar una Propuesta de Actividad de Aula Invertida en el ámbito de la Enseñanza de la Física para estudiantes de pregrado, de manera presencial, en la carrera de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, de una universidad pública. La metodología adoptada se basa en el aporte teórico-práctico del Flipped Classroom como posibilidad de la Metodología Activa. Por razones técnicas no fue posible aplicarlo, pero el contexto de su elaboración se remonta a las discusiones sobre conservación y transformaciones de energía realizadas en el aula con estudiantes del último período. Cuando se percibió la necesidad de ampliar el espacio-tiempo del aula y articular esta temática con cuestiones prácticas del curso, de manera reflexiva. Por tanto, el trabajo de un

1 Doutor em Educação, Docente colaborador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). moroleandrosilva@gmail.com.

*ingeniero eléctrico, como el de otros profesionales, no puede reducirse a la mera práctica o imitación de modelos, sino que exige una articulación entre teoría y práctica, es decir, teoría para reflexionar sobre la práctica y viceversa. En este sentido, la propuesta se presenta como un desafío, dado que la metodología activa a implementar depende del contexto, la intervención docente, las experiencias vividas y otras variables.*

**Keywords:** Aula invertida. Enseñanza de Física. Ingeniería eléctrica.

## INTRODUÇÃO

Conforme indica Moran (1999), p. 1), “[...] muitas formas de ensinar hoje não se justificam mais. Perdemos tempo demais, aprendemos muito pouco, desmotivamo-nos continuamente. Tanto professores como alunos temos clara a sensação de que muitas aulas convencionais estão ultrapassadas. Mas para onde mudar? Como ensinar e aprender em uma sociedade mais interconectada?” Nessa perspectiva indagativa, haveria uma maneira de se ensinar quaisquer conteúdos de Física, a quaisquer estudantes?

Acredita-se que o ingresso do acadêmico na graduação e pós-graduação demanda novas formas de relação com os saberes científicos, tecnológicos, do “mundo do trabalho” e outros. Parte do que se espera mudar quando se avança para esses níveis de ensino são as formas e os padrões de discussão; as apropriações mais críticas de tecnologias e de referenciais teórico-metodológicos; as problematizações; a integração de novos dados, fatos; outras rotas ou trilhas de ensino-aprendizagem; os entendimentos mais amplos e profundos etc. Quanto aos professores, isso exige para cada semestre ou turma comportamentos e atitudes diferenciadas, bem como mudanças nas suas concepções acerca dos modos de ensinar e aprender. Não se ensina somente conceitos de movimento, força, energia ou equações de Maxwell. Mas, como se chegou a isso e como isso se relaciona com a vida dos envolvidos também.

Sendo assim, não só na universidade, mas na vida de modo geral, o ser humano vive essa condição desafiadora e complexa de ser um indivíduo que se realiza e se constrói nas e por meio das interações sociais. Os processos educativos não acontecem a parte do projeto de vida dos envolvidos, da sociedade ou

do ambiente. E as transformações tecnosociais em curso no Brasil e no mundo avançam numa velocidade muito maior do que a capacidade professores e estudantes se apropriarem criticamente delas.

O período pandêmico iniciado em março de 2020 explicitou que existem diversas possibilidades e desafios para se usar Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no ensino de Física nas modalidades presencial, remota, a distância, híbrida e nos diferentes níveis de ensino. Contudo, seu uso com fins educativos não é naturalizado, é preciso aprender e isso demanda propósitos definidos e pensamento crítico. Possivelmente, o sentido um vital disso para muitos docentes é tão desafiador quanto antigo: ensinar de jeitos diferentes daqueles que aprenderam. Os seus estudantes são de outras gerações. Nasceram, aduleceram e se profissionalizam em outros contextos, por isso estabelecem relações diferentes com as Ciências, a universidade, a sociedade, as tecnologias, o ambiente, os seus colegas e professores, e, por conseguinte, a sua profissionalidade.

Retomando a epígrafe inicial, as palavras do professor e pesquisador José Moran (1999) suscitam que para pensar nas possibilidades e nos desafios do trabalho educativo mediado por essas tecnologias em um curso superior, por exemplo, demandam pensar na complexidade dos processos educativos, isto é, nas diversas variáveis envolvidas: Projeto Pedagógico de Curso (PPC); formação e planejamento docente; objetivos de ensino-aprendizagem; referenciais teórico-metodológicos; relação do Ensino de Física com o curso; o estágio acadêmico em que os estudantes se encontram; seu perfil de aprendizagem, nível de alfabetização científica e tecnológica; seus conhecimentos prévios e interesses; suas motivações e expectativas, porque não são estu-

dantes genéricos; as concepções acerca das tecnologias pelos envolvidos, as quais podem ser potencializadoras ou limitadoras; o tempo para realização das atividades propostas; o engajamento dos envolvidos; o feedback docente e outras variáveis.

Historicamente, muitas são as formas como os professores podem ser reconhecidos e caracterizados, e uma delas é como catalisadores. Isto é, aqueles que revelam em suas práticas novos modos de compreender as necessidades e interesses dos estudantes contemporâneos. Assim, esses docentes devem buscar desenvolver transformações em suas práticas, a partir de novas estratégias pedagógicas e mediações em sala de aula para atender os seus estudantes (HAGEMeyer, 2006).

Além disso, devem ter sensibilidade para construir por meio de sua intervenção didática um traço distintivo da sua atuação docente e da universidade na vida dos discentes, de maneira que esses percebam que o que se pode fazer e criar juntos, não seria possível em outros momentos ou lugares. Enfim, os professores atuais devem ter uma visão de mundo intercultural e serem capazes de entender a dinâmica de exclusão social e marginalização intensificada pela crise pandêmica.

Parafraseando o professor e pesquisador português Antônio Nóvoa ser professor não é apenas lidar com conhecimentos, mas lidar com conhecimentos em situações de relações humanas. Um professor de Física, por exemplo, não tem apenas que ensinar Física, mas formar estudantes por meio da Física (NÓVOA, 2022).

Posto isso, o objetivo deste trabalho é apresentar uma Proposta de Atividade de Sala de Aula Invertida no Ensino de Física para graduandos, na modalidade bacharelado em Engenharia Elétrica. A qual surgiu no contexto da disciplina Tópicos em Engenharia I, durante o primeiro semestre de 2022, na modalidade presencial e noturno. E com estudantes do último período do referido curso em uma unidade de uma universidade pública do interior de Minas Gerais (MG). A partir de discussões sobre conservação e transformações de energia empreendidas em sala de aula percebeu-

se a necessidade de ampliar o espaço-tempo da sala de aula e articular a temática com questões práticas do curso, sobretudo as trazidas pelos estudantes. Haja vista que, sem reflexão, a prática pode reforçar a ilusão de que existe teoria sem prática e vice-versa.

A seguir procura-se discorrer sobre o fato de que a ideia de metodologias ativas, mesmo não sendo nova enquanto conceito, mas como expressão, ainda é um desafio enquanto prática (CAMARGO; DAROS, 2018). Pois, sua aplicação é um trabalho plural, dialógico e intercultural. Logo, se ensina e aprende no mundo e não apenas sobre o mundo.

## 2 REFERENCIAL

De acordo com Resnick (2014, p. 2 - 4), a [...]tecnologia deve levar o aluno a ser um pensador criativo, se desenvolvendo por meio de trabalhos coletivos que envolvam a experimentação de novas formas de se relacionar com o mundo. [...] A fluência no uso das tecnologias digitais não se resume apenas na capacidade de conversar, navegar ou manusear um computador, mas, sobretudo, ser capaz de projetar, criar, inventar algo significativo.

Resnick (2014) defende o uso de tecnologias numa concepção de inovação, cujo ensino deve estar centrado no estudante, nas suas práticas e nos seus processos criativos. O múltiplo contexto brasileiro exige um processo de inovação educacional mais amplo e profundo que a integração das TDIC aos processos educacionais. A inovação mais do que uma palavra da moda é um empreendimento extremamente complexo e dispendioso (investimento de dinheiro e tempo de vida). A simplificação exagerada de algo complexo, como um curso de graduação, pode deixar de lado exatamente aquilo que se quer discutir/profundar/avaliar.

Existe uma distinção entre os conceitos de inovação e transformação, considerando que, se toda transformação é inovação, nem toda inovação é transformação. Essa remete à mudança da própria forma, isto é, da essência do fenômeno ao qual se refere. A inovação para ser transformadora deve estar empenhada não

apenas em mudar os meios, os procedimentos, os métodos [...], mas a própria finalidade da [Engenharia Elétrica], articulando-a com a transformação social, isto é, com a mudança estrutural da sociedade (SAVIANI, 2017).

Convém destacar que as tecnologias não são neutras e transbordam o conceito, pois fazem parte da condição humana e profissional. Os seus usos e apropriações são imprescindíveis para proporcionar a professores e estudantes a oportunidade de interagirem, ensinar e aprender, como se tenta fazer por meio deste artigo, por meio da escrita. Ainda que, as TDIC expandam a sala de aula, não se tem domínio ou exclusividade de uso delas, pois os indivíduos também usados por elas. Basta pensar em como os algoritmos e a inteligência artificial (IA) agenciam e tem moldado as suas experiências.

Por isso, precisa-se conseguir fazer reflexões críticas acerca dos desafios, dos limites e das condições de uso e apropriações de TDIC (im)postas pelos agentes externos, indivíduos e entidades inscritos nesses artefatos. No mundo capitalista não é novidade que não há tecnologias digitais gratuitas e a conectividade parece irrestrita. Então, estar conectado a determinado(s) aplicativo(s) (App) ou plataforma(s) não depende mais apenas do humano. A retórica de gratuidade parece ser um atrativo insidioso, pois os usuários passam a deslocar os enunciados de determinada(s) plataforma(s) ou App em todas as suas (re)ações. É como se “trabalhassem” para a plataforma ou o App, pois passam a ser seus agenciadores de marketing. Ademais, ainda que não esteja consciente, cada usuário paga com seus dados, suas experiências e o treinamento de algoritmos a cada clique (MORO, 2020).

É sabido que a educação não possui um corpo de conhecimentos próprio, pois integra diversas áreas de conhecimento e metodologias. De acordo com Camargo e Daros (2018), embora o filósofo americano John Dewey (1859- 1952); o psicólogo norte-americano David Ausubel (1918-2008); o biólogo e psicólogo suíço Jean Piaget (1896 - 1980); o educador brasileiro Paulo Freire (1921-1997); o psicólogo e pesquisador russo Lev Vygotsky (1896 -

1934) não tenham citado em suas pesquisas e trabalhos a expressão “Metodologias Ativas”, eles defendiam a aplicação de tais princípios: trabalho com projetos, superação de desafios, resolução de problemas, construção de conhecimentos a partir de conhecimentos prévios dos indivíduos etc.

Atualmente reinterpretadas, as supostas metodologias ativas são processos que possibilitam compreensões em níveis diferentes e, privilegiam modos de ação (problematizar; pesquisar; experimentar); reflexão (questionar, identificar; analisar; comparar; discutir); e compreensão (relacionar; explicar; sintetizar; avaliar) (VALENTE, 2018; CAMARGO; DAROS, 2018).

Nesse sentido, cabe questionar: quem escolhe as tecnologias e metodologias supostamente ativas? Professor? Estudantes? Ou ambos? Como o professor pode assumir categoricamente que utiliza uma metodologia ativa se os estudantes também não forem ativos para avaliarem eles próprios, os pares/colegas, as escolhas didáticas empreendidas e os artefatos tecnológicos utilizados na disciplina? Se os estudantes não sentem que podem participar das escolhas, do que e do modo de aprender, como vão adquirir um papel mais ativo na construção dos parâmetros de (auto)avaliação ao longo da vida?

A (auto)avaliação envolve processos de reflexão sobre as razões, as causas das situações (des)favoráveis e das insuficiências e demanda assumir a responsabilidade pela própria formação. Tanto que “estar em formação implica um investimento pessoal, um trabalho livre e criativo sobre os percursos e projetos próprios, com vistas à construção de uma identidade, que é também uma identidade profissional” (NÓVOA, 1997, p. 25). Desse modo, a profissionalização é caminho a ser conquistado para a criação de condições favoráveis à autonomia e gestão da profissionalidade.

Para tanto, infere-se que muitas são as propostas que se inserem nessa perspectiva de metodologias ativas de ensino-aprendizagem dentre as quais destaca-se: Sala de Aula Invertida ou Flipped Classroom; Aprendizagem Baseada em Problemas ou Problem-Based

Learning (PBL); Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP); Gamificação; e Rotação por Estações de Aprendizagem (REA) (CAMARGO; DAROS, 2018).

No caso da Sala de Aula Invertida ou Flipped Classroom as atividades propostas online e/ou extraclasse e as realizadas presencialmente devem ser reestruturadas, replanejadas, o que consiste na inversão dos processos educativos habituais (VALENTE, 2018). O docente deve encaminhar para aos estudantes, textos, atividades e outros materiais para que possam estudar previamente. Em seguida, realizam em conjunto, na sala de aula, atividades práticas, problematizações e discussões com base nos materiais sugeridos e outros que os estudantes sugerirem. Moran (2018) notifica que os estudantes devem ser mais estimulados a serem protagonistas da sua aprendizagem. Pensando nisso, parece contraproducente dizer que a Metodologia é ativa a priori, pois o processo ativo só parece possível no contexto de execução da atividade ou a posteriori por meio de indícios em outros contextos. Por isso, defende-se a ideia de proposta de Metodologia Ativa.

Deve-se considerar o currículo oculto, isto é, informações e situações que os estudantes trazem acerca do curso ou ambiente de trabalho e que refletem relações de poder que mediam sua formação e revelam processos subjacentes ao currículo explícito.

Pressuposto isso, o professor precisa mitigar uma suposta compreensão enganosa da realidade. Ou seja, aquela de que o que se aborda em sala de aula esgota o conteúdo ou objeto de estudo. A aula, seja qual for, aborda apenas tópicos, partes, assim o conteúdo não se esgota, uma que o aprendizado dos envolvidos também não satura nas abordagens da referida disciplina e nem mesmo ao longo de toda a sua trajetória na universidade. Então, conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9394/96 (LDB 9394/96) se a educação acontece ao longo de toda a vida (BRASIL, 2020), numa perspectiva inclusiva, deve-se aproveitar todas as oportunidades oferecidas pela sociedade e permitir que “todos” tenham acesso à construção de conhecimentos e avancem.

Nessa perspectiva, defende-se que para que a Proposta de Atividade de Sala de Aula Invertida no Ensino de Física para graduandos em Engenharia Elétrica se efetive como Metodologia Ativa deve-se promover a construção de conhecimentos, o que demanda pesquisa dentro e fora da sala de aula. Segundo o professor aposentado Antônio Severino, da Universidade de São Paulo (USP) quando se fala de aprendizagem dos estudantes, infere-se sobre uma relação de conhecimento (não se pode ensinar algo que não conhece, que não internalizou). Então, o estudante aprende, quando conhece, internaliza, subjetiva a informação a transforma em conhecimento a partir do que sabe.

Severino (2021) ainda assevera que ensinar e aprender significam conhecer, isto é, construir o objeto. E construir o objeto é pesquisar. Para tanto, precisa-se de uma postura investigativa associada às habilidades de leitura e escrita. O que demanda vontade, treinamento, dedicação e outras variáveis. Logo, quem não possui o hábito de leitura, precisa adquiri-lo e quem possui é necessário desenvolvê-lo para aprimorar a escrita. Pois, acredita-se que é extremamente difícil uma formação de qualidade sem investigação, isto é, sem construção de conhecimentos que possa repercutir na prática de Engenharia Elétrica reflexiva e intercambiável com a teoria e vice-versa.

Considerando-se, a função social desses futuros engenheiros, acredita-se que só conseguirão prestar serviços de qualidade à comunidade, se tais serviços nascerem e se nutrirem da pesquisa, o que demanda protagonismo e, por conseguinte, concepção e escopo de metodologia ativa. Em continuação, o professor Pedro Demo é taxativo acerca das razões de educar pela pesquisa:

*O estudante que queremos formar não é apenas técnico, mas fundamentalmente cidadão, que encontra na competência reconstrutiva de conhecimento seu perfil decisivo. Tem pela frente o duplo desafio de fazer o conhecimento progredir, mas, mormente, de o humanizar. [...] Pesquisa é, pois, razão acadêmica crucial de ser. A aprendizagem adequada é aquela efeti-*

*vada dentro do processo de pesquisa do professor, no qual ambos \_\_ professor e aluno \_\_ aprendem, sabem pensar e aprendem a aprender (DEMO, 2000, p. 2).*

Nesse sentido, a proposta em questão tem como propósitos: propor problemas e fomentar uma cultura de investigação; promover procedimentos científicos elementares (indagações, formulação e teste de hipóteses, busca de evidências que ratifiquem ou refutem o que se sabe); sugerir aos estudantes maneiras mais críticas de “ler” implicações acerca da sua profissionalidade e do mundo; desenvolver no aluno autonomia, autoavaliação e autorregulação no seu processo de aprendizagem; e ampliar e aprofundar a compreensão do conceito de energia, sua conservação, possibilidades de transformação e disponibilidade.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ricardo (2010, p. 40-45) afirma que um “[...] Ensino de Física contextualizado, problematizado, deverá ser construído a partir de situações de aprendizagem bem definidas; [...] exigirá a escolha de conceitos e noções centrais, em torno das quais as sequências didáticas serão estruturadas.

Sob o guarda-chuva das supostas metodologias ativas pensou-se em uma atividade de caráter contextualizado, problematizado e associado aos interesses dos estudantes e de seus conhecimentos prévios percebidos durante as aulas da citada disciplina.

Espera-se que essas prováveis situações de aprendizagem definam a relação didática que se pode estabelecer entre professor/alunos, aluno/alunos e saberes a ensinar e aprender (RICARDO, 2010). De outro modo, são essas situações de aprendizagem que irão fazer potencializar ou mitigar a relação didática e empreender uma tentativa de articulação dos vetores ensino, pesquisa e extensão universitária. Uma vez que o trabalho do engenheiro eletricista também tem um papel social e expressa as funções da instituição universitária em determinado momento histórico. Assim como outros profissionais a sua atuação pode,

(in)diretamente, afetar a vida dos outros cidadãos positiva ou negativamente.

Considerando também o senso de propósito ético, a universidade e a sociedade para serem democráticas e sustentáveis precisam incluir. E para incluir é preciso aventar alternativas e possibilidades didático-metodológicas para se enfrentar os contextos que se apresentam. Por isso, para ensinar Física para Engenharia Elétrica, não basta saber minimamente Física é necessário ter conhecimentos didático-pedagógicos, sobre o referido curso, legislações e diversos outros.

A Engenharia Elétrica engloba desde sistemas de potência, geração de energia (inclusive as alternativas renováveis), eletrônica, telecomunicações, conversão eletromecânica de energia (tração elétrica de veículos), bem como engenharia biomédica, sistemas digitais e computadores, controle, automação e robótica.

Fazendo releituras do setor energético brasileiro percebe-se que o mesmo vive em/de crises. E em busca de atenuantes ou soluções: Energias Renováveis, Recursos Energéticos Distribuídos (RED), projeto de nação para o setor, profissionais comprometidos e qualificados etc. Diante da complexidade, o estudante de Engenharia Elétrica, por si, não conseguirá resolver esse problema, até porque nas ciências e na vida, ninguém faz nada sozinho. A trilogia “A história da Eletricidade” também evidencia isso. Para que essa e outras profissões existissem diversos profissionais e colaboradores anônimos tiveram que fazer descobertas e aplicações, errar e acertar.

Nesse sentido, cada disciplina do curso em questão integra um cordão umbilical e deve propor situações didáticas abertas, com objetivos flexíveis, situações problema, desafios diversos, com fins construtivos e formativos, incitando nos estudantes o desejo e a necessidade de aprender.

Nessa vertente, a concepção de Proposta de Atividade de Sala de Aula Invertida busca superar a fragmentação e a superficialidade dos conhecimentos científicos. Por isso, está fundamenta na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Considera-se a TAS um aporte

teórico relevante porque leva em conta que para a ocorrência da aprendizagem significativa algumas condições devem ser consideradas: identificar o que os estudantes sabem; esses também precisam ter desejo de aprender e tentar relacionar os “novos conhecimentos” de maneira não arbitrária e substantiva, ou seja, não literal ao que sabem; e a presente proposta precisa contemplar conteúdo potencialmente significativo, isto é, ser lógica não só para o docente, mas para os discentes também (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Diante disso, a atividade em questão se estrutura a partir das seguintes TDIC:

a) Nota de Discussão: “Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético”. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20-%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20Distribu%C3%ADdos.pdf>.

b) Documentários: Trilogia sobre “A História da Eletricidade”.

- Episódio 1: A faísca. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=83s>

- Episódio 2: A Era Da Invenção. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t5m-9vjCe1g&t=21s>

- Episódio 3: Revelações e Revoluções. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI&t=377s>

Após o docente disponibilizar os materiais elencados em grupo da disciplina no WhatsApp, os estudantes deverão ter um prazo de duas ou três semanas para lerem a Nota de Discussão “Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético”, assistir a trilogia sobre “A História da Eletricidade” e buscarem informações em outras fontes.

Transcorrido esse tempo, em sala de aula, o professor pode dividir a atividade em dois outros momentos, considerando previamente o quantitativo de 4 a 6 seis aulas, sendo duas geminadas. No primeiro momento sugere-se atentar para dúvidas e indagações levantadas pelos discentes. Na sequência pretende-se propor três questões para discussões. Acredita-se

que o conjunto de questões pode direcionar o diálogo, despertar a curiosidade, relacionar a temática com o cotidiano e as atribuições do engenheiro electricista; explorar os conhecimentos prévios dos envolvidos; estimular o levantamento de hipóteses sobre os problemas propostos; e despertar nos estudantes o interesse pela pesquisa como princípio formativo. As questões elaboradas de antemão são:

- Questão 1: Sabe-se que existem diversas fontes e formas de energia no mundo. E cada vez mais, a demanda por transformações de outras formas de energia em energia elétrica no Brasil e no mundo aumenta. Contudo, formas de energia como das ondas/marés, energia geotérmica e energia nuclear ainda não tem uma forte adesão social ou são ainda pouco populares aqui no Brasil.

Pensando na sua condição de futuro engenheiro electricista e considerando a trilogia “A História da Eletricidade”, se você fosse o responsável por um projeto de transição de energia, por exemplo, da energia hidrelétrica ou do carvão para a energia solar, em uma empresa ou cidade de grande porte, como você iria proceder para realizar tal tarefa? Apresente 3 argumentos lógicos, sendo um de natureza técnico-científica, um ambiental ou sustentável e outro legal.

- Questão 2: O entendimento dos modos como a energia elétrica é transformada pode ser considerado um elemento fundamental para que engenheiros electricistas possam criar e “usuários” possam se conscientizar e adotar padrões de vida mais sustentáveis a curto, médio e longo prazo.

Do ponto de vista da Física e da trilogia “A História da Eletricidade” pode-se perceber que a energia não pode ser criada e nem destruída, apenas transformada e muitos são os tipos e os modos de transformá-la. Pensando nisso, faz sentido falar em escassez de energia elétrica no Brasil? Por quê?

- Questão 3: Os Recursos Energéticos Distribuídos (RED) ou Distributed Energy Resources (DER) são conhecidos como tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica, localizados dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distri-

buição, normalmente junto a unidades consumidoras. Adicionalmente, com frequência essa definição vem se ampliando para abarcar ainda eficiência energética, resposta da demanda (RD) e gerenciamento pelo lado da demanda (GLD). Assim, com o intuito de identificar as implicações da penetração em larga escala dessas tecnologias no sistema elétrico, considera-se que os RED contemplam: geração distribuída (GD); armazenamento de energia; veículos elétricos (VE) e estrutura de recarga; eficiência energética; e gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) (BRASIL, 2018).

A nota de discussão disponibilizada pelo professor para leitura esclarece que ao mesmo tempo em que os RED impõem desafios, pode haver diversos benefícios associados à sua integração ao sistema nacional de energia elétrico brasileiro. Pensando nisso, apresente:

(A) dois benefícios de natureza diferente associados aos RED para a população em geral e as concessionárias de energia elétrica no Brasil;

(B) dois desafios de natureza diferente associados aos RED para a população em geral e as concessionárias de energia elétrica no país.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esclarece-se que devido às condições de trabalho do professor-autor na universidade não foi possível a aplicação da proposta, porque ela foi elaborada no contexto de uma disciplina optativa no primeiro semestre de 2022, e não foi ofertada posteriormente. Mas, permanece-se com o desejo de implementá-la em outra disciplina ou instituição. Porque o conceito energia é fundamental para o trabalho do engenheiro eletricista. Diante da variedade de formas que a energia pode assumir, não se consegue chegar a uma simples conclusão sobre sua definição. Embora esse termo tenha diferentes aplicações, em sua essência ele indica sempre processos transformação que se repetem, alternam ou que se apresentam até então “irreversíveis”. Há questões relacionadas a energia no âmbito da Engenharia Elétrica que não são apenas técnicas ou tecnológicas, mas também financeiras, políticas, sociais, ambien-

tais, ideológicas, de interesse, responsabilidade e também envolve outras variáveis que podem ser imprevistas ou escapam aos modelos de planejamento estratégico do setor energético do país na atualidade.

Nesse ínterim, os estudantes podem não conseguir elaborar os seus modelos explicativos somente com os materiais disponibilizados, como estão no último período e de acordo com o PPC já estudaram as disciplinas de Física Geral I e Física Geral II, eles devem ter a iniciativa de pesquisar, para que a metodologia ativa se efetive. “[...] Enxergar o conhecimento físico como meio eficaz de entender a realidade que nos cerca garantiria vida pós-escolar ao mesmo, permitindo o estabelecimento de vínculos afetivos, que seriam duradouros [...]” (PIETROCOLA, 2005, p. 18, grifo do autor).

Com relação a questão 1, salienta-se que a expectativa de resposta do estudante deve contemplar a elaboração e o desenvolvimento de um projeto que considere: a relação entre custos benefícios no âmbito da sustentabilidade (social, econômica e ambiental); as legislações, que não possuem dispositivos éticos, e dependem da responsabilidade e dos interesses dos envolvidos; o uso de algoritmos de IA no gerenciamento da usina solar para melhorar sua eficiência, diagnosticar comportamentos anormais no funcionamento e superar outros desafios; a parceria com outras instituições e empresas etc.

Sabe-se que a energia solar pode ser “aproveitada” em diferentes níveis em todo o mundo. Por isso, para obter informações acerca do nível de irradiância ou irradiação solar há satélites que por meio de modelagem numérica conseguem fornecer dados sobre o nível de irradiância ou irradiação solar para qualquer localidade. Entretanto, além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução).

No caso da questão 2, possivelmente a mais complexa, relacionada a conservação de energia, o estudante precisa entender que as leis de conservação são decorrentes de relações matemáticas intrínsecas a um sistema físico, o que está diretamente relacionado à simetria da natureza. No entanto, os princípios de conservação de massa e de energia nem sempre são suficientes para a análise de alguns sistemas, por conta disso faz-se necessário introduzir a Segunda Lei da Termodinâmica, nesse caso. De acordo com a qual é possível determinar as direções preferenciais de um processo, no caso das diversas transformações de energia, por exemplo. Então, apesar de a energia total de determinado sistema físico ser conservada, o processo inverso não ocorre espontaneamente. Então, parte da energia do sistema, aquela que é considerada não útil, se degrada e aumenta a entropia do planeta, isto é, o grau de desordem. Por exemplo, o calor dissipado pela tela do computador em que se digitou este trabalho e algum ruído ou vibração, são formas de energia que não foram úteis no processo.

Quanto à questão 3, chama atenção para o fato de que a relevância dos RED para a matriz energética brasileira se dá pelo fato de que novas práticas de planejamento, expansão e operação do sistema de energia e das redes elétricas serão necessárias. E isso depende em grande medida do trabalho do engenheiro eletricitista.

Ratificando essa proposta como uma oportunidade para “aprender a aprender” prevê-se que para se cumpri-la, demanda não só disposição, envolvimento, lidar com o aparecimento de respostas e modelos explicativos com pouca coerência ou que não foram aventadas pelo docente proponente. E isso não pode ser ignorado. Até porque na perspectiva de metodologias ativas espera-se que “[...] ao aprender a aprender é que os sujeitos se assumem na construção de seu saber, ao invés de recebê-lo pronto de outros” (MORAES, 2002, p. 135).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com Feynman (1963, tradução nossa), o [...] melhor ensino exige uma relação

direta entre o estudante e um bom professor — uma situação na qual o estudante discute ideias, pensa sobre as coisas, e fala sobre as coisas. Parece impossível aprender alguma coisa apenas sentado na sala de aula, ou mesmo resolvendo problemas propostos. Esse pensamento de físico americano Richard Feynman (1918-1988) também coaduna com a ideia de supostas metodologias ativas. Promover discussões mais amplas, profundas (ainda que posteriormente, quando a compreensão dos estudantes se tornar mais avançada) e articuladas aos desafios diários de sua formação e profissionalidade.

Essa proposta parece paradoxal, pois ao mesmo tempo em que se apresenta como uma possibilidade de metodologia ativa, no sentido amplo de fomentar nos estudantes uma capacidade de reflexão e ação sobre si para ressignificarem a sua profissionalidade e os seus contextos de atuação; ao mesmo tempo impõe desafios relacionados à intervenção docente e ao uso e apropriações das tecnologias.

Lecionar Física ou outra disciplina na graduação pode ser concebida como um fenômeno educativo aberto, complexo e interdisciplinar. Tanto que essa proposta de atividade é uma aposta e um construto que pode sofrer alterações em função: da turma (cultura digital e científica dos discentes e do docente); da instituição onde será desenvolvida (recursos tecnológicos disponíveis, cultura institucional e visão); das condições próprias de acesso e interações dialógicas (desejo e intensidade de comunicação síncrona e assincronamente dos discentes e do docente e mediação docente); e de outras variáveis imprevistas até o momento. Por razões semelhantes outras questões, tecnologias e elementos também podem ser incluídos.

Acredita-se que a principal limitação da proposta seja a de não ter sido aplicada até então. Entretanto, tem-se o intento de implementá-la em outras turmas. Além disso, a avaliação da proposta, quando aplicada deve considerar o erro como parte do aprendizado e não apenas o que os alunos conseguirem produzir, mas também como conseguiram. Supõe-

se analisar se os estudantes pensam e buscam responder as questões com autonomia; se argumentam e fundamentam cientificamente as suas respostas a partir do estabelecimento de relações entre ciências, tecnologia, sociedade, a engenharia elétrica e outros cursos.

Defende-se que não basta mudar tecnologias, elaborar e propor atividades diferentes. As TDIC enquanto parte dos processos ensino-aprendizagem, também podem ser inócuas, se não forem repensados os demais elementos envolvidos nos processos educativos e não apenas na universidade. Nesse contexto, o docente deve provocar um desconforto intelectual nos acadêmicos e levá-los pensar e pesquisar mais sobre os assuntos em outras fontes como por exemplo, sites de universidades, bases de dados e periódicos. Deverá fomentar interações dialógicas, ou seja, aquelas promovem diversos níveis de entendimento e o desejo de continuar aprendendo de modo mais crítico e autônomo.

Por fim, sabe-se que a diversidade da linguagem, elemento da cultura, é inerente ao ensino não só de Física e por isso, precisa ser explorada e compreendida. Portanto, aplicação de conceitos como energia, não só no âmbito da engenharia elétrica, depende de sua compreensão mais ampla e profunda.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Tradução de Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda., 1980.
- BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB - Lei nº. 9394/96), de 20 de dezembro de 1996**. 4. ed. [Atualizada até abril de 2020]. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2020. Disponível em: <https://www2.senado.gov.br/bdsf/handle/id/572694>. Acesso em: 10 maio 2022.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota de Discussão. Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético**. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20-%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20Distribu%C3%ADdos.pdf>. Acesso em: 20 maio 2022.
- BRITISH BROADCASTING CORPORATION (BBC). A História da Eletricidade. Episódio 1: A faísca. **YouTube**. 5 jun. de 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=83s>. Acesso em: 20 maio 2022.
- BRITISH BROADCASTING CORPORATION (BBC). A História da Eletricidade. Episódio 2: A Era Da Invenção. **YouTube**. 11 de ago. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t5m-9vjCe1g&t=21s>. Acesso em: 20 maio 2022.
- BRITISH BROADCASTING CORPORATION (BBC). A História da Eletricidade. Episódio 3: Revelações e Revoluções. **YouTube**. 13 ago. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI&t=377s>. Acesso em: 20 maio 2022.
- CARMARGO, Fausto; DAROS, Thuinie. **A sala de aula inovadora [recurso eletrônico]: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/A-Sala-de-Aula-Inovadora.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa**. 4. Ed. Campinas: Autores Associados, 2000.
- FEYNMAN, Richard Phillips. **Prefácio de Feynman**. Instituto de Tecnologia da Califórnia, Michael A. Gottlieb e Rudolf Pfeiffer. Disponível em: [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I\\_91.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_91.html). Acesso em: 09 set. 2022.
- HAGEMEYER, Regina Cely de Campos. **Função docente e contemporaneidade: fundamentando o processo das práticas catalisadoras**. 2006. 266 f. Tese (Doutorado em Educação)

- Faculdade de Educação (FEUSP), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/6058>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- MORAES, Roque. Educar pela pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: MORAES, Roque. LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula**: tendências para a educação em novos tempos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.
- MORAN, José Manuel. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José Manuel (Org.). **Metodologias ativas para uma Educação Inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018a, p. 2-25.
- MORAN, José Manuel. **Palestra** O Uso das Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação na EAD: uma leitura crítica dos meios. “Programa TV Escola - Capacitação de Gerentes”, COPEAD/SEED/MEC. Belo Horizonte, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/T6%20TextoMoran.pdf>. Acesso em: 06 set. 2022.
- MORO, Leandro Silva. **Características de Conteúdos de Física das Radiações em Três Páginas Institucionais no Facebook**. 2020. 264 f. Tese (Doutorado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade Federal Uberlândia, Uberlândia, 2020. <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.634>.
- NÓVOA, António; ALVIM, Yara (col.). **Escolas e Professores**: Proteger, Transformar, Valorizar. Salvador: SEC/IAT, 2022. Disponível em: <http://pat.educacao.ba.gov.br/recursos-educacionais/conteudo/exibir/16022>. Acesso em: 07 mar. 2022.
- NÓVOA, António. **Formação de Professores e Profissão Docente**. In: NÓVOA, António. Os professores e a sua formação. Dom Quixote: Lisboa, 1997. p. 25.
- PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: PIETROCOLA, Maurício. (Org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. UFSC, 2005.
- RESNICK, Mitchel. “A tecnologia deve levar o aluno a ser um pensador criativo”. **Nova Escola**, ed. 273, 01 jul. 2014. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/905/mitchelresnick-a-tecnologia-deve-levar-o-aluno-a-ser-umpensador-Criativo>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- RICARDO, Elio Carlos. Problematização e Contextualização no Ensino de Física. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010, cap. 2, p. 29-47. [Coleção Ideias em Ação].
- SAVIANI, Dermeval. **Palestra Fundamentos filosóficos e pedagógicos das metodologias de ensino**. PUC-Campinas, Campinas, 2017. Disponível em: <https://www.puc-campinas.edu.br/palestra-de-dermeval-saviani-abre-o-planejamento-academico-pedagogico-2017-1o-semester-da-puc-campinas/>. Acesso em: 20 out. 2020.
- SEVERINO, Antônio Joaquim. **A pesquisa como princípio pedagógico no ensino superior**. Ciclo de Palestras do Corpo e Mente. Grupo de Pesquisa sobre Formação e Intervenção Profissional em Educação Física da Universidade Estadual de Goiás (UEG). 29 maio 2021. Disponível em: <https://youtu.be/2Fx7AnwEMQ0>. Acesso em: 20 maio 2021.
- VALENTE, José Armando. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, Lilian; MORAN, José Manuel (Org.). **Metodologias ativas para uma Educação Inovadora**. Porto Alegre: Penso, cap. 1, 2018, p. 26-44.

Recebido em 14 de junho de 2023  
Aceito em 21 de novembro de 2023