



A DISCIPLINA DE ENERGIA DA BIOMASSA NO CURSO DE ENGENHARIA: CARACTERÍSTICAS E METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

THE BIOMASS ENERGY DISCIPLINE IN ENGINEERING COURSES: CHARACTERISTICS AND TEACHING-LEARNING METHODOLOGY

Vitor Cardozo Pereira¹, Erica Leonor Romão²

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v45p285-302.2026

RESUMO: Este trabalho apresenta a concepção, a implementação e a avaliação da disciplina optativa Energia da Biomassa, ofertada aos cursos de Engenharia da Escola de Engenharia de Lorena, da Universidade de São Paulo (EEL-USP). A iniciativa surgiu da necessidade de intensificar o contato dos alunos com práticas laboratoriais, após a pandemia da Covid-19, ao abordar o aproveitamento energético de resíduos de biomassa frente aos desafios da transição energética e da sustentabilidade. A metodologia se baseou na análise de ementas de diversas instituições e no desenvolvimento de material didático fundamentado em metodologias ativas de ensino-aprendizagem, com foco na experimentação prática. Entre 2023 e 2025, 36 estudantes cursaram a disciplina, dos quais 61% responderam à pesquisa de opinião. Os resultados indicaram alto engajamento e percepção positiva quanto ao interesse no tema, apontando a eficácia do uso dessas metodologias e sua contribuição para a formação profissional. Conclui-se que a integração entre teoria e prática favorece o aprendizado e contribuiu na formação de engenheiros frente às questões ambientais e energéticas.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Engenharia; metodologias ativas; experimentação prática; sustentabilidade.

ABSTRACT: This work presents the conception, implementation, and evaluation of the elective course "Biomass Energy," offered to engineering students at the Lorena School of Engineering of the University of São Paulo (EEL-USP). The initiative arose from the need to intensify students' contact with laboratory practices after the COVID-19 pandemic, addressing the energy recovery from biomass waste in the face of the challenges of energy transition and sustainability. The methodology was based on the analysis of course syllabi from various institutions and the development of teaching materials with active teaching-learning methodologies, focusing on practical experimentation. Between 2023 and 2025, 36 students took the course, with 61% responding to the opinion survey. The results indicated high engagement and a positive perception of interest in the topic, highlighting the effectiveness of the methodologies used and their contribution to professional training. It is concluded that the integration of theory and practice favors learning in the training of engineers in the face of environmental and energy issues.

KEYWORDS: Engineering Education; active learning methodologies; hands-on experimentation; sustainability.

¹ Engenheiro Ambiental, Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena, vitorpereira@usp.br

² Engenheira Química e Profa. Dra. na Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena, ericaromao@usp.br



INTRODUÇÃO

O Ensino de Engenharia tem passado por constante evolução e adaptações para que os estudantes de graduação desenvolvam habilidades, competências e expertise técnica para atuar no mercado de trabalho, juntamente com os avanços tecnológicos e da sociedade. A necessidade de engenheiros no mercado de trabalho tem aumentado devido à complexidade da economia global e ao avanço da tecnologia na busca por competência profissional comprometida com a sustentabilidade (Ineia *et al.*, 2023).

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) (Brasil, 2019) dos Cursos de Graduação em Engenharia estabelecem as habilidades e competências esperadas do egresso, bem como os conteúdos básicos, profissionais e específicos. Entre essas habilidades, destaca-se a realização de atividades práticas e laboratoriais relacionadas aos conteúdos básicos, específicos e profissionais voltados à resolução de problemas próprios da Engenharia, de modo a fornecer o embasamento teórico necessário ao desenvolvimento das competências exigidas no exercício profissional.

Moraes e Galiuzzi (2020) ressaltam como a introdução da experimentação nas escolas influenciou os processos de ensino e a aprendizagem. Esse processo começou com iniciativas nas universidades, com o propósito de promover e incentivar o surgimento de novos cientistas, bem como de aprimorar o ensino de Ciências por meio da prática dos Conhecimentos adquiridos. Durante o processo de ensino-aprendizagem, cabe ao professor proporcionar ao estudante oportunidades para compreender, analisar e aplicar conceitos teóricos em situações práticas, contribuindo para sua formação e para o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias à atuação no mercado de trabalho.

As metodologias de ensino são práticas pedagógicas que visam a promover a compreensão de conhecimentos, valores e comportamentos específicos. Essas metodologias orientam o processo de ensino e aprendizagem, favorecendo a construção do conhecimento pelos estudantes. De maneira geral, Backes *et al.* (2010) dividem as metodologias em duas categorias: passivas (ou tradicionais) e ativas. As metodologias tradicionais são caracterizadas por aulas expositivas, sendo o professor responsável por apresentar o conteúdo teórico aos alunos. Nessa abordagem, o processo de ensino é centrado no professor, enquanto os alunos assumem uma postura predominantemente passiva (Kuri, Silva e Pereira, 2006).



Além disso, essas metodologias podem incluir a resolução de exercícios, o uso de literatura apropriada e materiais didáticos relacionadas ao conteúdo.

As metodologias ativas promovem a independência dos alunos e a capacidade de desenvolver seu próprio conhecimento, atribuindo ao estudante um papel central no processo de aprendizagem, enquanto o professor atua como mediador e facilitador da aprendizagem. Nessa abordagem, os alunos são incentivados, por meio de ações e atividades, a refletir sobre o que estão fazendo e o que estão aprendendo, bem como a buscar soluções para problemas reais do ambiente empresarial por meio de análises, discussões e troca de informações com colegas e professores (Backes *et al.* 2010; Reis, Alves e Wendland, 2023).

Apesar de as metodologias ativas serem frequentemente tratadas como uma abordagem recente, sua utilização na educação já era defendida no início do século XX, destacando a importância de aplicar o conhecimento adquirido em sala de aula a situações reais na formação de crianças e jovens, de modo a despertar o interesse pela aprendizagem (Reis, Alves e Wendland, 2023). Existem várias abordagens baseadas em metodologias ativas, desde as mais simples até as mais complexas, tais como sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem baseada em projetos (Reis, Alves e Wendland, 2023; Hernández-de-Menéndez *et al.* 2019).

A experimentação ativa é uma estratégia alinhada aos princípios das metodologias ativas, pois promove a formação do conhecimento científico nos alunos por meio da construção ativa do conhecimento, a partir da interação com os objetos, sem que a formação de conceitos ocorra imediatamente, podendo ocorrer em etapas posteriores. Por meio da experiência física, os alunos exploram os objetos ao manipulá-los, o que os ajuda a descobrir propriedades materiais observáveis e percebidas por meio dos sentidos, como o tato (Piaget, 1973). Embora a teoria de Piaget tenha sido desenvolvida a partir de estudos com crianças, suas premissas têm sido aplicadas à educação científica de adolescentes e adultos, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e para a formação do profissional (Yamazaki *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, integrar disciplinas que articulem conteúdos teóricos com atividades desenvolvidas no contexto profissional, bem como com temas relacionados ao compromisso com o meio ambiente e a sustentabilidade, pode desenvolver no aluno uma visão investigativa e atenta aos impactos ambientais, promovendo uma mudança de postura em prol do seu desenvolvimento profissional (Hoffeken e Lazendic-Galloway, 2024).



A ideia para o desenvolvimento da disciplina proposta surgiu logo após a pandemia da Covid-19, período em que os alunos não tiveram acesso ao laboratório e tampouco conheceram os equipamentos utilizados nas atividades da engenharia.

Assim, este trabalho teve como objetivo conceber e implementar uma disciplina optativa no curso de graduação em Engenharia Ambiental, por meio da experimentação ativa, na qual o aluno passa por uma experiência concreta (sentir), motivado por seu interesse/curiosidade ou necessidade. A partir dessa vivência, ele é estimulado a refletir (pensar) sobre as informações adquiridas durante os experimentos e a observar os resultados obtidos. Por fim, a experimentação ativa (fazer) favorece a compreensão conceitual das situações estudadas, promovendo a busca por teorias sólidas que subsidiem a resolução dos problemas e na tomada de decisões (Mohammadreza *et al.*, 2023; Mingqian *et al.*, 2022; Kolb, 1984; Kuri, Silva e Pereira, 2006).

A disciplina proposta visa ao aproveitamento de resíduos de biomassa de origem agrícola, florestal e agroindustrial, transformando-os em produtos destinados à geração de energia renovável, reforçando o conceito de sustentabilidade (técnica, econômica, ambiental e social) e de economia circular. O tema é relevante porque, no Brasil, a oferta interna de energia, em 2023, foi composta por 50,9% fontes não renováveis e 49,1% de fontes renováveis, sendo a biomassa a primeira fonte de energia renovável, seguida das fontes hidráulica, eólica e solar. Em âmbito mundial, a participação das fontes renováveis na matriz energética foi de apenas 14,7% em 2021 (Brasil, 2024).

A biomassa é um material renovável e de baixa emissão de carbono, cujo uso vem se tornando cada vez mais presente no Brasil. Devido à sua versatilidade e potencial como fonte renovável, conecta-se diretamente a diversas áreas da engenharia, como conversão de energia, processos térmicos e gestão de resíduos, contribuindo para uma formação alinhada às demandas ambientais atuais (Okonkwo *et al.*, 2024). A utilização da biomassa em sua forma bruta, como por exemplo na combustão, não é a melhor forma de aproveitamento, por causar danos ambientais e não aproveitar integralmente a energia armazenada. Assim, a conversão da biomassa em formas sólidas, líquidas e gasosas resulta em fontes de energia mais limpas. Estudos demonstram diversas rotas tecnológicas baseadas na utilização de biomassa que apresentam potencial de mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE), uma vez que podem substituir combustíveis fósseis (Lin *et al.*, 2026; Osman *et al.*, 2021).



Dessa forma, a articulação entre conteúdos teóricos e práticos, abordando temas atuais da engenharia, contribui para o processo de ensino-aprendizagem e prepara os futuros engenheiros para os desafios contemporâneos, desenvolvendo uma visão interdisciplinar e capacidade técnica para atuar no desenvolvimento de soluções energéticas sustentáveis.

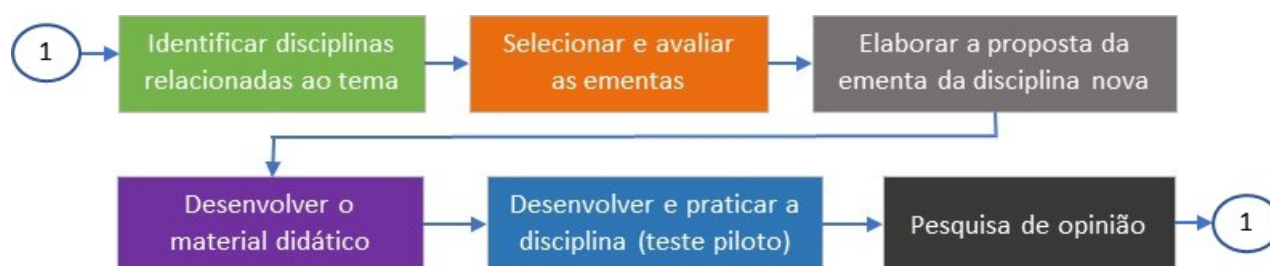
METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza documental e de caráter descritivo, conduzida de forma clara e objetiva (Gil, 2022).

Levantamento de dados

Para a realização do levantamento de dados, foi elaborado um planejamento das atividades, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Planejamento das atividades



Fonte: elaborada pelos autores.

Identificação das disciplinas relacionadas ao tema

Iniciou-se a busca por disciplinas que utilizam biomassa para produção de bioenergia, oferecidas em cursos de graduação e pós-graduação de universidades com pesquisa na área, cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Florestal avaliados pelo Guia da Faculdade e classificados com 5 ou 4 estrelas (Estadão, 2022).

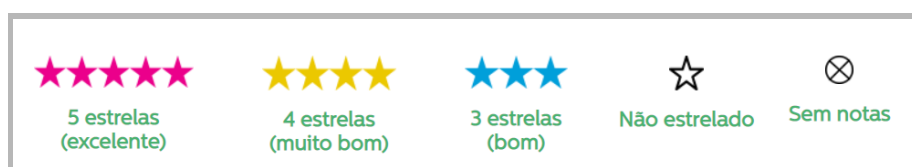
O Guia da Faculdade é uma das avaliações mais conhecidas no Brasil para avaliação da qualidade dos cursos de graduação, do qual a Universidade de São



Paulo participa. A pesquisa abrange mais de 17 mil cursos de graduação em todo o país, com o objetivo de avaliar a qualidade dos cursos em Instituições de Ensino Superior, públicas e privadas, cadastradas no Ministério da Educação. Essa avaliação é feita com base no projeto pedagógico, no corpo docente e na infraestrutura do curso, de forma sigilosa e voluntária por mais de 6 mil professores e coordenadores de curso de diversas instituições do país (Estadão, 2022). Os resultados são amplamente divulgados pelas instituições de ensino e servem como referência para estudantes na escolha do curso e da instituição, permitindo a comparação da qualidade entre cursos de uma mesma área de conhecimento.

A partir das avaliações, é realizada a classificação das Instituições de Ensino Superior no Guia da Faculdade (Figura 2) por conceitos que variam de cinco estrelas (excelente) até a ausência de classificação.

Figura 2 – Classificação das Instituições de Ensino Superior do guia da faculdade



Fonte: Estadão (2022).

Partindo dos cursos de graduação selecionados, realizou-se a verificação de alguns cursos de pós-graduação da mesma instituição que possuíam linhas de pesquisa relacionadas à proposta deste estudo e das informações disponíveis nos respectivos sites institucionais.

Seleção e avaliação das ementas

As ementas das disciplinas de graduação e pós-graduação das universidades selecionadas foram consultadas e avaliadas em novembro de 2022, com o objetivo de conhecer os conteúdos oferecidos nas disciplinas obrigatórias e optativas, identificando aspectos, teóricos e práticos, a carga horária, o período de oferta, as formas de avaliação entre outras informações disponíveis. Cabe ressaltar que não foram encontradas, nas ementas, informações sobre as formas de avaliação das disciplinas.



Elaboração da ementa da nova disciplina

A ementa da disciplina foi elaborada com base no conteúdo oferecido nas disciplinas relacionadas à biomassa e bioenergia, considerando os temas que abrangem conhecimentos relevantes para os setores industrial e de pesquisa. O conteúdo teórico, a ser oferecido em sala de aula, e o conteúdo prático, a ser desenvolvido em laboratório, foram definidos de acordo com a disponibilidade de equipamentos e com a infraestrutura da instituição.

Desenvolvimento do material didático

A elaboração do material didático foi baseada, primeiramente, na experiência da docente como pesquisadora na área e na vivência do aluno, autores deste trabalho, considerando critérios como a adequação da linguagem, a contextualização dos conteúdos e a adição de imagens e tabelas para maior clareza das informações. O material proposto é composto de conteúdo teórico e metodologias a serem utilizadas nas atividades práticas, visando a estimular a participação ativa dos estudantes e favorecer a compreensão e o aprendizado.

Teste piloto

Esta etapa teve como objetivo implementar e avaliar a proposta da ementa elaborada, por meio de um teste piloto, visando verificar sua adequação e efetividade na aprendizagem dos estudantes. A primeira oferta da disciplina ocorreu no segundo semestre de 2023, após a aprovação da Comissão do Curso de Engenharia Ambiental como disciplina optativa.

Pesquisa de opinião

Visando à melhoria da disciplina, no final do semestre foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário como pesquisa de avaliação sobre o conteúdo oferecido. O questionário foi disponibilizado por meio do *Google Forms*, com 16 questões abertas (sobre a exposição do conteúdo, o estímulo e o desenvolvimento da disciplina, a adequação ao curso, a avaliação dos estudantes e as sugestões de melhoria) e duas questões fechadas sobre a qualidade da disciplina e os critérios de avaliação do conteúdo.



A pesquisa de opinião dos estudantes pode contribuir para o aperfeiçoamento contínuo do conteúdo, permitindo o retorno ao início do planejamento das atividades apresentado na Figura 1, para a atualização e aperfeiçoamento da disciplina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 12 disciplinas dentro do escopo da proposta, sendo seis em cursos classificados com 5 estrelas e seis com 4 estrelas. A grande maioria foi identificada em cursos de graduação de Engenharia Florestal, devido à proximidade com a temática estudada, sendo oferecida a partir do 6º semestre predominantemente como disciplinas obrigatórias, sendo duas optativas. As disciplinas são oferecidas com 3 a 4 créditos, com carga horária mínima de 30 horas, sendo que 50% delas possuem entre 60 a 80 horas, dividindo a carga horária entre aulas teóricas (T) e práticas (P). Das ementas analisadas, 50% delas não citam o oferecimento de aulas práticas. As disciplinas identificadas nos cursos de pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) foram as que mais se aproximaram no tema, com carga horária de 30 horas; porém, as ementas não citam aulas práticas (Pereira e Romão, 2024).

Com base nas ementas das disciplinas, elaborou-se a primeira versão da ementa para a disciplina proposta, considerando a disponibilidade institucional para a ofertadas aulas teóricas e práticas (Pereira e Romão, 2024). A disciplina proposta foi nomeada Energia da Biomassa e teve seu primeiro oferecimento em 2023, com dois créditos-aula por semana totalizando 30 horas/aula no semestre, contando com a participação de 23 alunos dos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Bioquímica e Engenharia Química. No segundo ano de oferecimento (2024), a ementa foi ajustada para 4 créditos, totalizando 60 horas/aula, a fim de ampliar e adequar o conteúdo proposto, como a inserção de conteúdo teórico sobre técnicas de caracterização da biomassa (microscopia eletrônica de varredura – MEV e análise termogravimétrica – TG) e a inclusão de mais atividades práticas (medição dos *pellets* e visita ao laboratório de pesquisa em outra área do *campus*).

No segundo oferecimento da disciplina, houve participação de apenas três alunos devido à coincidência de horário com outra disciplina obrigatória. Para o ano seguinte, foi prevista a adequação dos horários, favorecendo a participação dos estudantes.



A proposta da ementa e do conteúdo da disciplina Energia da Biomassa é apresentada no Quadro 1, incluindo o conteúdo programático, a carga horária das aulas teóricas e práticas, os critérios de avaliação e a bibliografia sugerida.

Quadro 1 – Proposta da ementa e conteúdo da disciplina de Energia da Biomassa

Disciplina: Energia da Biomassa		
Docente responsável:		
Número de créditos: 4 Carga horária semestral: 60 h Carga horária semanal teórica: 40 h Carga horária semanal prática: 20 h Tipo: anual		
Objetivos		
A disciplina Energia da Biomassa tem como objetivo apresentar ao aluno o potencial de uso da biomassa, mostrar os conceitos teóricos da biomassa como energia, bem como compreender as principais propriedades da biomassa e processos de conversão da biomassa para geração de energia no Brasil e no Mundo. A disciplina combina conhecimentos teóricos com atividades práticas em laboratório.		
Programa Resumido		
A disciplina aborda o conceito de biomassa moderna (sustentável) com apresentação de um panorama sobre as fontes de biomassa no Brasil, bem como as formas de caracterização da biomassa. Enfoque nos resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia. Apresentação dos processos de tratamento de biomassa, como: pirólise, torrefação, gaseificação e processo de compactação como peletização e briquetagem. Disciplina com aula prática em laboratório.		
Programa		
Biomassa no Brasil e no mundo. Fontes de biomassa. Biomassa no Brasil. A energia da biomassa no contexto energético. Biomassa na matriz energética. Caracterização da Biomassa. Estrutura da parede celular. Composição química, elementar e imediata de combustíveis de biomassa. Poder calorífico. Consumo de madeira e reflorestamento no Brasil. Resíduos agrícolas e florestais. Florestas energéticas no Brasil. Pirólise e torrefação de biomassa. Gaseificação. Compactação da biomassa para energia. Principais grupos e linhas de pesquisa na área da biomassa e energia. Introdução ao conceito de metodologias de análises baseado em normas brasileiras e internacionais. Interpretação de análises para caracterização de biomassa, como análise termogravimétrica (TG/DTG), microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise elementar e imediata, etc. Principais grupos e linhas de pesquisa na área da biomassa e energia. Disciplina com aula teórica e prática em laboratório.		
Conteúdo		
Conteúdo	Aula teórica (T)	Aula prática (P)
Biomassa no Brasil: Introdução; Fontes de biomassa; Biomassa no Brasil	3T	1P
Caracterização da Biomassa: Introdução; Química da madeira; Estrutura da parede celular; Análise Granulométrica (P); Composição química elementar e imediata (P) de combustíveis de biomassa e Poder calorífico	4T	4P



Resíduos agrícolas e florestais: Introdução; Consumo de madeira de reflorestamento no Brasil; Consumo de resíduos agrícolas	2T	1P
Florestas energéticas no Brasil: Introdução; Florestas energéticas; principais grupos e linhas de pesquisa na área de biomassa e energia.	2T	0P
Processos de tratamento da biomassa: Pirólise e torrefação (P) de biomassa; Gaseificação; Compactação da biomassa p/energia (peletização (P) e briquetagem)	4T	2P
Energia a partir da biomassa: Biomassa na matriz energética; A produção de eletricidade a partir da biomassa no Brasil e no Mundo	2T	0P
Viagem didática; Seminários e/ou palestras; Avaliação	3T	2P
Total (aulas e carga horária)	20 T (40 h)	10 P (20 h)
Avaliação: Avaliação baseada em provas, exercícios, projetos, seminários e outras formas de avaliação, sendo a nota final correspondente a média ponderada das notas atribuídas às avaliações aplicadas.		
Bibliografia ARLINDO JR., P.; REIS, Lineu Belico dos. Energia e sustentabilidade. Editora Manole, 2016 CORTEZ, L. A. B; LORA, E. S; GÓMEZ, E. O. (Orgs.) Biomassa para energia. Campinas, Editora da UNICAMP, 2008. NOGUEIRA, L.A.H; LORA, E.E.S. Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações, 2ª Ed., Editora INTERCIÊNCIA. 2003. SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-açúcar & Espécies Florestais, Viçosa, MG, 2013. Bibliografia Complementar: (Material disponível na internet) BEN – Balanço Energético Nacional, 2022. IBA - Indústria Brasileira de Árvores. Anuário Estatístico, 2022. KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. Química da Madeira. Universidade Federal do Paraná, 4a. Ed., Curitiba, PR, 2013. PEDRAZZI, C.; et al. Química da Madeira. Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, Santa Maria, RS, 2019.		

Fonte: elaborado pelos autores.

A ementa apresenta o conteúdo teórico, embasado em livros e artigos científicos, para melhor compreensão do tema. Nesta etapa, contempla-se o desenvolvimento da competência dos alunos para a busca de artigos científicos em bases de dados, visando à identificação de pesquisas na área, ao fortalecimento do conhecimento teórico e prático, bem como à compreensão do estado da arte sobre o tema.

Nas aulas práticas, trabalha-se com metodologias baseadas em normas nacionais, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e internacionais,



da International Organization for Standardization (ISO), específicas da área, para a caracterização das matérias-primas e o controle de qualidade do biocombustível obtido. As normas são citadas e referenciadas nas metodologias apresentadas aos estudantes durante o desenvolvimento de cada atividade e têm como objetivo mostrar que existem critérios e padrões para a realização dos ensaios, bem como destacar sua importância. Também são abordados os cuidados na manipulação dos materiais, das vidrarias e dos equipamentos, ensinando-se os estudantes a realizar e/ou verificar a calibração dos equipamentos antes da utilização, além de outros procedimentos laboratoriais que podem interferir nos resultados das análises.

Visando auxiliar na realização das aulas práticas, foram elaborados procedimentos experimentais, e foi entregue aos alunos uma planilha com espaço para a anotação dos pesos e dos dados necessários à realização dos cálculos previstos na metodologia. Dentre os experimentos realizados nas aulas práticas, podem-se citar a determinação do teor de umidade, do teor de materiais voláteis, do teor de cinzas, da densidade aparente e da distribuição granulométrica das biomassas, entre outros ensaios. Ressalta-se que essas atividades são empregadas em diferentes segmentos industriais, permitindo aos estudantes o desenvolvimento de competências técnicas para a formação profissional e a atuação no mercado de trabalho.

Como forma de estimular a interação e o interesse dos alunos, as atividades da disciplina são realizadas em grupos de dois alunos (duplas), possibilitando o contato entre alunos e professor (Ponciano, Gomes e Moraes, 2017). Cada grupo escolhe uma biomassa diferente para desenvolver as atividades durante a disciplina, com o propósito de avaliar as diferentes características desses materiais. Entre as biomassas utilizadas, destacam-se o sabugo de milho, o bagaço de cana, o bagaço de laranja, a casca de arroz, a palha de café, o bagaço de uva entre outras.

A escolha do tipo de biomassa pelos alunos ocorre em razão da curiosidade, do interesse, da facilidade de obtenção do material ou do fato de a biomassa estar relacionada à atividade profissional da família, como ocorreu com um aluno cuja família mantinha contato com uma vinícola e que escolheu trabalhar com o bagaço de uva.

Dessa forma, a vivência prática com diferentes tipos de biomassa e a comparação dos resultados obtidos levam a discussões que favorecem a compreensão das diferenças intrínsecas de cada material, como, por exemplo, a influência do teor de umidade e da granulometria sobre as propriedades e as aplicações da biomassa, considerando aspectos relacionados ao transporte, ao

armazenamento e à eficiência dos processos termoquímicos adotados. A Figura 3 apresenta uma aula prática em laboratório.

Figura 3 – Aula prática de laboratório



Fonte: elaborada pelos autores.

Do total de 36 alunos que cursaram a disciplina de Energia da Biomassa até 2025, 22 discentes (61%) responderam à pesquisa de opinião sobre a disciplina.

Foi perguntado aos alunos se o conteúdo da disciplina foi exposto com clareza. Todos responderam que sim, e alguns relataram a importância do conteúdo abordado, pois não possuíam conhecimentos prévios sobre biomassa. Nesse contexto, o professor atuou como mediador do conhecimento, proporcionando aos estudantes as informações específicas sobre os resíduos de biomassa selecionados por eles.

Em relação ao estímulo durante as aulas, os alunos relataram sentir-se motivados, destacando que as perguntas realizadas pelo professor aos discentes de cursos específicos os levavam a refletir e a responder com base nos conteúdos já adquiridos em suas áreas de formação. Isso evidencia a importância do professor como interlocutor, mediador do processo de aprendizagem e facilitador da construção do conhecimento, conforme preconizam as metodologias ativas (Mingqian *et al.*, 2022).

Outros alunos relataram que as aulas práticas, associadas a experimentos baseados em dados reais, bem como ao uso de materiais demonstrativos, relacionados ao conteúdo teórico, incentivaram o compartilhamento de dados e opiniões, estimulando a reflexão sobre o tema. Além disso, os estudantes destacaram que houve tempo adequado para tirar dúvidas e para expressar opiniões sobre os assuntos discutidos em sala.



Quanto ao material de apoio disponibilizado pela docente, foi relatado que os slides, artigos científicos, a atividade de busca por artigos científicos e as normas técnicas contribuíram para o processo de aprendizagem. No entanto, foi apontada a falta de livros indicados na ementa, pois a biblioteca da instituição dispunha de apenas um exemplar de um dos títulos, restringindo o acesso dos estudantes.

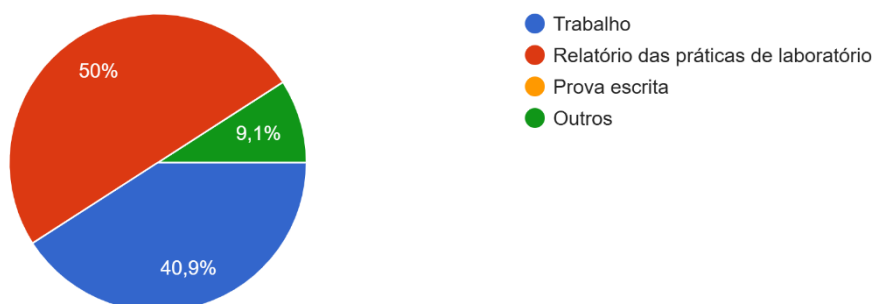
No que se refere à forma de ensino, os alunos foram questionados sobre a clareza dos critérios de avaliação da disciplina. Dos 22 discentes que responderam à pesquisa, 20 (90,9%) afirmaram ter clareza, enquanto apenas 2 (9,1%) responderam ter dúvidas: uma dúvida referente à pontuação das avaliações e outra relacionada às alterações realizadas ao longo do semestre. As avaliações foram compostas por relatórios das atividades desenvolvidas em laboratório e pela elaboração de um artigo científico, integrando os conhecimentos adquiridos na disciplina. Todos os estudantes consideraram o tempo para realização dessas atividades satisfatório, pois foram informados com antecedência sobre os prazos de entrega dos relatórios e do artigo final da disciplina. Um estudante destacou que a execução dos relatórios contribuiu para a elaboração do artigo final, evitando o acúmulo de tarefas.

Quando questionados sobre os critérios de avaliação de sua preferência (Figura 4), 91% dos alunos responderam preferir trabalhos e relatórios das atividades práticas de laboratório, característicos das metodologias ativas de ensino (Kuri, Silva e Pereira, 2006). Na opção "outros", um aluno sugeriu a aplicação de prova teórica, evidenciando que, mesmo entre os alunos mais jovens, ainda há preferência por práticas de ensino tradicionais (Ponciano, Gomes e Moraes, 2017).

Figura 4 – Critério de avaliação escolhido pelos alunos

Como você sugere como critério de avaliação da disciplina?

22 respostas



Fonte: elaborada pelos autores.



Os alunos relataram que a avaliação estava alinhada à proposta da disciplina, considerando-a um método adequado para avaliar a aprendizagem adquirida nas atividades práticas. A avaliação conduzida pela docente contemplou critérios objetivos e subjetivos. Os critérios subjetivos contemplaram aspectos relacionados ao engajamento, à participação nas discussões, à colaboração em equipe e ao desenvolvimento do pensamento crítico. Os critérios objetivos estavam relacionados à qualidade dos relatórios técnicos, do artigo científico, bem como à execução das atividades práticas. Essa abordagem permitiu verificar a assimilação dos conteúdos pelos estudantes, subsidiando a atribuição da nota da disciplina.

Por fim, os discentes demonstraram concordância quanto à contribuição das atividades práticas para o alcance dos objetivos propostos pela disciplina. Dois alunos comentaram que as atividades práticas foram relevantes para o alcance dos objetivos propostos, evidenciando que a integração entre teoria e prática foi essencial para a aprendizagem. Tal percepção reforça a importância da inclusão de aulas práticas em laboratório didático (Andrade, Diniz e Campos, 2011; Kuri, Silva e Pereira, 2006).

Os dados obtidos na pesquisa de opinião também indicaram que a maioria dos estudantes prefere atividades avaliativas realizadas em grupo, conforme indicado nas respostas sobre o formato de avaliação considerado ideal. Essa preferência pode estar relacionada aos benefícios pedagógicos do trabalho colaborativo, que favorece o desenvolvimento de competências essenciais, como comunicação, resolução de problemas, pensamento crítico e cooperação. Além disso, essa estratégia promove maior engajamento dos alunos com o conteúdo e contribui para um ambiente de aprendizagem dinâmico e participativo (Bhaskar *et al.*, 2025).

Quando questionados sobre a importância da disciplina para o perfil do curso, todos os alunos afirmaram considerar seu conteúdo atual e importante para a formação e atuação do engenheiro, por não ser abordado em outras disciplinas. Um dos participantes relatou que a disciplina foi um estímulo para o seu curso, mencionando que, apesar de estar desmotivado, teve oportunidade de tocar e manusear o resíduo de biomassa escolhido, aprofundar seu estudo e compreender os resultados obtidos. O mesmo aluno comentou, ainda, a satisfação em elaborar o artigo científico a partir de seus próprios resultados, descrevendo a experiência como gratificante do ponto de vista acadêmico e profissional.

Os alunos também mencionaram que os conteúdos apresentados na disciplina possuem correlação com diferentes áreas de seus cursos, como Engenharia Ambiental, Bioquímica, de Materiais e Química. Foram citadas atividades



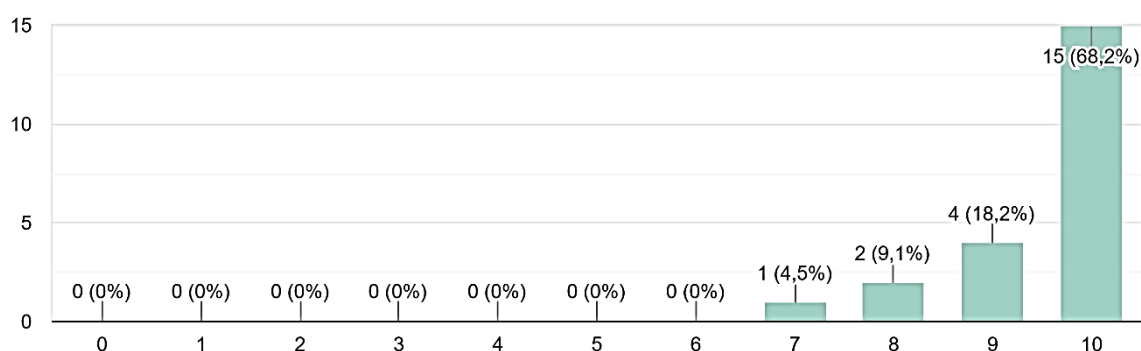
relacionadas às operações unitárias, análises químicas e às estruturas químicas dos componentes da biomassa. Quanto à articulação com outras disciplinas do curso, todos responderam que existe integração, citando as disciplinas de Ciências Biológicas, Bioquímica, Física Experimental, Sustentabilidade, Introdução à Ciência dos Materiais e Operações Unitárias.

Na avaliação da qualidade da disciplina (Figura 5), os alunos atribuíram notas entre 7 e 10, sendo que 86,4% das respostas corresponderam às notas 9 e 10, o que demonstra um alto nível de satisfação dos estudantes com a proposta de execução da disciplina.

Figura 5 – Classificação da qualidade da disciplina

De 0 a 10, qual a classificação da qualidade da disciplina?

22 respostas



Fonte: elaborada pelos autores.

No primeiro oferecimento da disciplina, ocorrido em 2023, foi perguntado aos alunos sobre o interesse em cursar a disciplina como optativa, com carga horária de quatro créditos. Apenas um aluno respondeu que não, dois sugeriram a redução para três créditos, e outros dois manifestaram preferência por dois créditos. Os demais (57%) concordaram com a proposta de quatro créditos, justificando que a maior carga horária proporciona mais tempo para conhecer outros equipamentos e desenvolver atividades. Como sugestão, destacou-se a realização de visitas didáticas a indústrias da área.

Além das questões quantitativas, as respostas abertas revelaram uma percepção positiva quanto à qualidade da disciplina. A média geral atribuída pelos estudantes foi de 9,48, demonstrando elevado grau de satisfação com os conteúdos abordados e com a condução das aulas. Entre os principais pontos destacados pelos alunos estiveram a atualidade do tema, a relevância da biomassa como fonte energética alternativa e o equilíbrio entre a teoria e prática.



Os comentários indicaram que as atividades experimentais foram especialmente valorizadas, por contribuírem diretamente para o entendimento do conteúdo e promoverem maior engajamento dos discentes. Essas observações reforçam a eficácia da proposta didática adotada e o alinhamento da disciplina com as expectativas formativas dos estudantes.

Dessa forma, após as avaliações feitas pelos alunos da primeira turma, foi solicitada ao departamento a criação da disciplina optativa Energia da Biomassa, na grade do curso de Engenharia Ambiental, com extensão para os demais cursos da EEL.

Ações de melhoria continuam sendo implementadas na disciplina, com a inclusão da interpretação de análises relacionadas à caracterização da biomassa, como a análise termogravimétrica (TG) e a microscopia eletrônica de varredura (MEV); a realização de visitas dos alunos a outra instalação da Escola de Engenharia de Lorena (Área II), para que conheçam os equipamentos disponíveis, tanto os utilizados nos processos de caracterização quanto os empregados em experimentos de conversão energética; e a introdução de pequenas simulações do processo de queima, para avaliar o comportamento dos produtos e resíduos estudados em sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido buscou explorar o processo de ensino e aprendizagem baseado na experimentação ativa no contexto do curso de Engenharia da EEL/USP. A implementação da disciplina de Energia da Biomassa, proposta neste estudo, mostrou-se uma estratégia eficaz para integrar conhecimentos teóricos e práticos na formação de estudantes de Engenharia. Por meio das atividades teóricas e práticas desenvolvidas em laboratório, alinhadas a situações reais observadas em ambientes industriais – base da metodologia aplicada –, os alunos puderam vivenciar e compreender as potencialidades e os desafios relacionados ao aproveitamento de resíduos de biomassa para geração de energia renovável.

Os resultados indicaram que a abordagem metodológica adotada foi bem aceita pelos alunos, contribuindo para o desenvolvimento de competências técnico-científicas, além de estimular o pensamento crítico e investigativo. Verificou-se, ainda, que a metodologia ativa, alinhada ao método tradicional de ensino, pode ser conciliada, favorecendo o processo de aprendizagem. O engajamento dos alunos e a atuação do professor são fatores determinantes para a efetividade da metodologia aplicada.



Assim, espera-se que a disciplina proposta continue contribuindo para a formação de futuros engenheiros, promovendo uma aprendizagem mais contextualizada às demandas atuais do mercado de trabalho e às questões ambientais. Ademais, considera-se que a experiência relatada pode servir como referência para o desenvolvimento de iniciativas semelhantes em outras disciplinas e Instituições de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C. *et al.* Uma metodologia de ensino para disciplinas de laboratório didático. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 1, p. 128-144, 2011.
- BACKES, D. S. *et al.* Repensando o ser enfermeiro docente na perspectiva do pensamento complexo. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, DF, v. 63, n. 3, jun. 2010.
- BHASKAR, V. C. *et al.* The role of group projects in enhancing soft skills. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 12, art. 506, 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: Conselho Nacional de Educação, 2019.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2024: relatório síntese: ano-base 2023**. [S. l.]: MME/EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.
- ESTADÃO. **Guia da Faculdade 2022**: avaliação e informações sobre milhares de cursos superiores em todo o país. 2022. Disponível em: <https://publicacoes.estadao.com.br/guia-da-faculdade-2022/>. Acesso em: 26 mar. 2023.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ, M. *et al.* Active learning in engineering education: a review of fundamentals, best practices and experiences. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 13, p. 909-922, 2019.
- HÖFFKEN, J.; LAZENDIC-GALLOWAY, J. Engaging for the future: challenge-based learning and stakeholder partnerships in sustainability education. **Sustainable Earth Reviews**, v. 7, art. 20, 2024.
- INEIA, A. *et al.* As visões globais e perspectivas futuras no ensino da sustentabilidade na Engenharia. **Educação em Revista**, v. 39, e41308, 2023.
- KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.
- KURI, N. P.; SILVA, A. N. R.; PEREIRA, M. A. Estilos de aprendizagem e recursos da hipermídia aplicados no ensino de planejamento de transportes. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 19, n. 2, ago. 2006.
- LIN, Y-I. *et al.* Life-cycle greenhouse gas mitigation of biomass technologies for various bioproducts. **Industrial Crops and Products**, v. 248, art. 123556, 2026.



- MINGQIAN, J. Z. *et al.* Constructivist-based experiential learning: a case study of student-centered and design-centric unit operation distillation laboratory. **Education for Chemical Engineers**, v. 41, p. 22-31, 2022.
- MOHAMMADREZA, A. *et al.* Embedding computer programming into a chemical engineering course: the impact on experiential learning. **Education for Chemical Engineers**, v. 43, p. 50-57, 2023.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2020.
- OKONKWO, C. A. *et al.* STEM education for sustainability: teaching high school students about renewable energy and green chemistry. **International Journal of Applied Research in Social Sciences**, v. 6, n. 10, p. 2533-2545, 2024.
- OSMAN, A. I. *et al.* Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, p. 4075-4118, 2021.
- PEREIRA, V. C. *et al.* A sustentabilidade atrelada ao Ensino de Engenharia. **Anais... CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS**, 21. 2024, Poços de Caldas: [s. n.], 2024. Disponível em: <https://meioambientepocos.com.br/anais/Anais2024/A%20Sustentabilidade%20Atrelada%20Ao%20Ensino%20De%20Engenharia.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2025.
- PIAGET, J. **A psicologia**. 2. ed. Lisboa: Livraria Bertrand, 1973.
- PONCIANO, T. M. *et al.* Metodologia ativa na engenharia: verificação da ABP em uma disciplina de Engenharia de Produção e um modelo passo a passo. **Revista Principia**, n. 34, p. 32-39, 2017.
- REIS, A.; ALVES, A.; WENDLAND, E. C. Metodologias ativas no ensino superior: um mapeamento sistemático no contexto dos cursos de Engenharia. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 39, e39012, 2023.
- YAMAZAKI, S. C. *et al.* Piaget como referencial teórico para o ensino e a aprendizagem de adolescentes e adultos. **Revista de Educação em Ciências**, v. 15, n. 34, p. 66-79, 2019.