



## **A SUSTENTABILIDADE ATRELADA AO ENSINO DE ENGENHARIA**

Vitor Cardozo Pereira <sup>1</sup>

Erica Leonor Romão <sup>2</sup>

**Integração de conceitos de sustentabilidade nos currículos educacionais para promover uma compreensão mais ampla das interações entre seres humanos e meio ambiente.**

### *Resumo*

A economia vinculada ao meio ambiente e a sociedade, desafia os futuros profissionais em desenvolver competências e habilidades para um pensamento sistêmico comprometido com o desenvolvimento sustentável. O rápido desenvolvimento tecnológico e da ciência determina mudanças em diversas áreas. Essa mudança também ocorre no processo de educação, didática, metodologia de ensino, bem como na preparação de infraestrutura. O objetivo deste trabalho é apresentar a elaboração e criação de uma disciplina para o curso de engenharia, sob a perspectiva da sustentabilidade. A metodologia foi baseada na busca de diversas disciplinas relacionadas a área de biomassa e energia de cursos de engenharia bem classificados pelo guia da faculdade, identificando os temas dentro do escopo proposto para a disciplina. A metodologia proposta para a disciplina intitulada Energia da Biomassa apresenta conteúdo teórico e práticas laboratoriais, de forma a apresentar aos alunos de engenharia perspectivas de utilização de resíduos agroindustriais, como matérias-primas ricas para geração de energia, bem com outras aplicações, fazendo com que esses materiais tenha uma nova aplicação em prol da sustentabilidade no setor. Após oferecimento da disciplina, os alunos manifestaram positivamente a experiência realizada tanto no aprendizado técnico como nas habilidades e formas de incorporar os conceitos de sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Práticas Educacionais; Ensino de Graduação; Resíduos; Biomassa; Energia.

---

<sup>1</sup>Discente em Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena, EEL/USP, [vitorpereira@usp.br](mailto:vitorpereira@usp.br)

<sup>2</sup> Profa. Dra. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de Lorena, EEL/USP, Departamento de Ciências Básicas e Ambientais, [ericaromao@usp.br](mailto:ericaromao@usp.br)



## INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia está em constante evolução e adaptações para que os estudantes de graduação adquiram além da expertise técnica, a habilidade e competências para atendimento do mercado frente aos avanços tecnológicos e da sociedade. A demanda por engenheiros vem aumentando devido à complexidade da economia global e ao avanço tecnológico, exigindo uma competitividade de alto nível (Dosofti e Alexa, 2024; Ineia et al., 2023).

Dessa forma, as instituições de ensino em engenharia tiveram que adaptar seus currículos e métodos de ensino, aderir à novas didáticas para preparar seus alunos, reconhecendo a necessidade de uma abordagem mais holística e integrada para preparar os futuros engenheiros para enfrentar os desafios no mundo moderno.

Os cursos estão sendo reformulado de acordo com as novas diretrizes de ensino com formação baseada em competências, foco na prática e aprendizagem ativa. Os estudantes devem ser estimulados a aprender e desenvolver seu conhecimento, comprometido com o desenvolvimento sustentável. De forma que o aluno e futuro profissional tenha uma visão holística, inovadora e empreendedora para resolver os problemas da área (Brasil, 2019).

A engenharia é uma área muito diversa e que engloba uma série de atividades especializadas, sendo cada qual delas específicas em seu determinado campo de conhecimento e aplicação, sempre levando em consideração a tecnologia utilizada e os métodos aplicados em cada área do mercado.

Dentro do campo da engenharia, à inovação de conceitos e tecnologias têm como objetivo mudar aquilo que já existe ou criar algo novo, abrangendo o contexto ambiental, econômico ou até mesmo empresarial, isso vem por conta da necessidade de criar estratégias diferentes para que possa atingir determinados objetivos (MEC; s.d).

As Instituições de Ensino Superior têm consciência desta mudança, buscando trabalhar de forma integrada e centrada na formação do estudante, propondo melhorias em relação a estruturação curricular, modernização de laboratórios de ensino, criação de laboratório vivos, entre outras. Essas ações vêm acompanhadas de metodologias de ensino diferenciadas em prol da formação dos estudantes (Quelhas et al., 2019; Ineia et al., 2023; García-Ros e Alhama, 2023; Binsztok et al., 2023).



## **EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

Neste intuito, esse trabalho tem como objetivo apresentar a criação de uma disciplina para oferecimento no curso de graduação de engenharia, relacionada com o meio ambiente, atividade industrial, aproveitamento de resíduos da agroindústria para desenvolver no aluno, uma visão investigativa e sustentável. A proposta da disciplina visa uma aprendizagem prática e ativa, trabalho em equipe, pensamento sistêmico, resolução de problemas, habilidades de comunicação, entre outros.

Espera-se com este trabalho contribuir para o desenvolvimento educacional e científico dos alunos de engenharia, contribuindo para uma compreensão na prática do conceito de sustentabilidade ampliando as interações da sociedade com o meio ambiente.

### **METODOLOGIA**

A metodologia desenvolvida neste trabalho tem uma abordagem qualitativa e descritiva, por meio de uma análise documental sobre o tema. A pesquisa documental refere-se a informações disponíveis na forma impressa ou digital de documentos elaborados por uma instituição e/ou organização. Possui característica descritiva, levantada de forma clara e objetiva (GIL, 2022).

### **LEVANTAMENTO DE DADOS**

O levantamento de dados foi realizado através de uma busca por disciplinas oferecidas em cursos de graduação e pós-graduação na área de energia da biomassa em universidades com pesquisa na área. Essa busca teve como objetivo conhecer o conteúdo oferecido nas ementas das disciplinas, aspectos teóricos e práticos, bibliografia, metodologias, formas de avaliação entre outras informações que pudessem embasar a criação da disciplina para os cursos de engenharia dentro dos recursos disponíveis na instituição.

A atividades foram realizadas conforme apresentado na Figura 1.

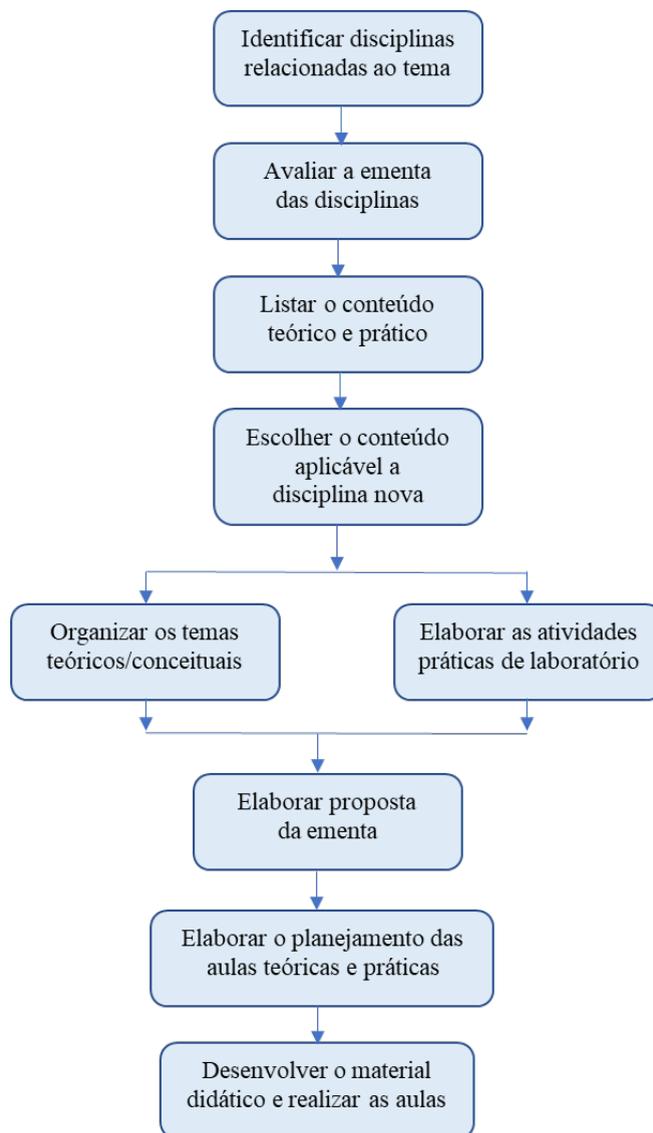


Figura 1: Planejamento das atividades.

A identificação das disciplinas relacionadas ao tema de energia da biomassa foi realizada a partir do Guia da Faculdade, em instituições com cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Florestal classificados com 5 ou 4 estrelas e também por serem cursos na área proposta.

O Guia da Faculdade vem de uma parceria entre o Estadão e a *startup* Quero Educação, da área educacional, que realiza uma pesquisa ampla em mais de 17 mil graduações em todo o país, visando a qualidade dos cursos em instituições de Ensino Superior cadastradas no Ministério da Educação



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

(Estadão, 2024). Esta avaliação baseia-se no projeto pedagógico, corpo docente e infraestrutura do curso. A partir desta avaliação, as instituições são classificadas com estrelas, partindo de excelente até sem notas (Figura 2).



Figura 2: Classificação das instituições de ensino superior do guia da faculdade

Fonte: Estadão, 2022.

Além dos cursos de graduação, verificou-se também alguns cursos de pós-graduação conhecidos na linha de pesquisa com biomassa. Após a seleção das universidades com cursos na área da disciplina proposta, foi realizada a avaliação da ementa, bibliografia e atividades realizadas com os alunos.

### DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL DIDÁTICO

O desenvolvimento do material didático baseou-se na experiência da docente, como pesquisadora na área, e do aluno para utilização de uma metodologia didática mais atrativa aos alunos e com aprendizado eficaz.

Desta forma, pretende-se na disciplina o oferecimento do conteúdo teórico, ensaios e práticas em laboratório, estudo e execução de metodologias de análises, busca de artigos como conteúdo teórico, leitura de normas de controle de qualidade, como também o levantamento de lista de materiais para utilização do laboratório, etc.

### ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE DISCIPLINA

A partir dos dados coletados, elaborou-se a proposta da disciplina como optativa na grade curricular do curso de engenharia para oferecimento e avaliação da proposta.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento das disciplinas relacionadas ao tema do trabalho, através do Guia da Faculdade de 2022, elaborou-se o Quadro 1 com a identificação das instituições de ensino, disciplinas, cursos, período e carga horária das aulas.

Quadro 1: Dados das disciplinas e ementas da graduação de 2022. Fonte: Própria dos autores

Estrelas	Instituição	Disciplina	Curso	Período	Carga horária
5	Universidade Federal de Viçosa - UFV	Energia da Biomassa Florestal	Engenharia Florestal	Optativa	30h (T) e 30h (P)
5	Universidade Federal de Viçosa - UFV	Tecnologia da Madeira	Engenharia Florestal	6	30h (T) e 30h (P)
5	Universidade Federal de Lavras - UFLA	Produtos Energéticos da Biomassa e Produção de Celulose	Engenharia Florestal	4	34h (T) e 34h (P)
5	Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC	Tecnologia da Madeira 1	Engenharia Florestal	6	80h
5	Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC	Tecnologia da Madeira 2	Engenharia Florestal	7	80h
5	Universidade Federal do Paraná - UFPR	Florestas Energéticas	Engenharia e tecnologia Florestal	Optativa	30h (T) e 0h (P)
4	Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI	Bioenergia	Bioprocessos	8	48h
4	Universidade Federal do Paraná - UFPR	Biotecnologia E Bioprocessos Aplicados a Biomassa	Engenharia Florestal	Semes-tral	45h
4	Universidade Federal do Paraná - UFPR	Bionergia	Engenharia Florestal	Fora do escopo	45h
4	Universidade Federal do Paraná - UFPR	Recursos Energéticos Florestais	Engenharia Florestal	Semes-tral	45h
4	Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	Compostos químicos e anatomia da madeira	Engenharia Florestal	8	30h (T) e 30h (P)
4	Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	Produção de energia	Engenharia Florestal	10	30h (T) e 15h (P)

Obs: Teórica (T), Prática (P)



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Foram encontradas 12 disciplinas dentro do escopo do trabalho, sendo 6 nos cursos com 5 estrelas e 6 nos cursos de 4 estrelas. A grande maioria encontra-se no curso de graduação de Engenharia Florestal, devido ao escopo do tema. Observa-se que a maioria das disciplinas são oferecidas a partir do 6 semestre do curso, como disciplina obrigatória ou optativa, com 3 a 4 créditos com carga horária variando de 30 a 80 horas, entre aulas teóricas (T) e práticas (P) e em algumas disciplinas não é oferecido atividade prática.

Baseado nas ementas das disciplinas listadas no Quadro 1, elaborou-se a primeira versão da ementa para a disciplina a ser oferecida aos cursos de engenharia, dentro da disponibilidade de oferecimento de aulas práticas da instituição. O Quadro 2 apresenta a ementa e conteúdo das aulas teóricas e práticas a serem realizadas, bem como critérios de avaliação e bibliografia proposta.

Quadro 2 - Proposta da Ementa e conteúdo da disciplina de Energia de Biomassa

<b>Energia da Biomassa</b>
Número de créditos: 2 Carga horária semestral: 30 h Carga horária semanal teórica: 22 h Carga horária semanal prática: 8 h Tipo: Semestral
<b>Objetivos</b>
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.
<b>Programa Resumido</b>
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.

Continua



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Programa		
Conteúdo		
Conteúdo	Teórico/aula (T)	Prático/aula (P)
<b>Biomassa no Brasil</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução</li><li>• Fontes de biomassa</li><li>• Biomassa no Brasil</li></ul>	2T	0P
<b>Caracterização da Biomassa</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução</li><li>• Química da madeira</li><li>• Estrutura da parede celular</li><li>• Análise Granulométrica (P)</li><li>• Composição química elementar e imediata (P) de combustíveis de biomassa</li><li>• Poder calorífico</li></ul>	2T	3P
<b>Resíduos agrícolas e florestais</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução</li><li>• Consumo de madeira de reflorestamento no Brasil</li><li>• Consumo de resíduos agrícolas</li></ul>	1T	0P
<b>Florestas energéticas no Brasil</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução</li><li>• Florestas energéticas</li><li>• Principais grupos e linhas de pesquisa na área de biomassa e energia.</li></ul>	1T	0P
<b>Processos de tratamento da biomassa</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pirólise e torrefação (P) de biomassa</li><li>• Gaseificação</li><li>• Compactação da biomassa para energia (peletização (P) e briquetagem); densidade aparente (P)</li></ul>	1T	2P
<b>Energia a partir da biomassa</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Biomassa na matriz energética</li><li>• A produção de eletricidade a partir da biomassa no Brasil e no Mundo</li></ul>	1T	0P

continua



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Viagem didática; seminários e/ou palestras; avaliação	3T	0P
<b>Total (aulas e carga horária)</b>	10 T (20 h)	5 P (10 h)
<b>Avaliação:</b> Avaliação baseada em provas, exercícios, projetos, seminários, artigos e outras formas de avaliação.		
<b>Bibliografia</b>		
CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GÓMEZ, E. O. (Orgs.). <b>Biomassa para energia</b> . Campinas, Editora da UNICAMP, 2008.		
SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. <b>Bioenergia &amp; Biorrefinaria: Cana-de-açúcar &amp; Espécies Florestais</b> , Viçosa, MG, 2013.		
NOGUEIRA, L.A.H; LORA, E.E.S. <b>Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações</b> , 2ª Ed., Editora INTERCIÊNCIA. 2003.		
JR, Arlindo P.; REIS, Lineu Belico dos. <b>Energia e sustentabilidade</b> . Editora Manole, 2016		
<b>Bibliografia Complementar:</b> <a href="#">(Material disponível na internet, utilizar a versão atualizada)</a>		
BEN – Balanço Energético Nacional, 2022.		
IBA - Indústria Brasileira de Árvores. Anuário Estatístico, 2022.		
PEDRAZZI, C.; et al. <b>Química da Madeira</b> . Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, Santa Maria, RS, 2019.		
KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. <b>Química da Madeira</b> . Universidade Federal do Paraná, 4a. Ed., Curitiba, PR, 2013.		

Fonte: Própria dos autores

Com o desenvolvimento da disciplina, foi possível oferecer aos alunos de graduação no segundo semestre de 2023, como disciplina optativa. A disciplina contou com a participação de 23 alunos dos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Bioquímica, Engenharia Química e Engenharia de Produção.

A aulas iniciaram por conceitos teóricos e intercaladas com atividades práticas para melhor compreensão do conteúdo, como pode ser visto no Quadro 2. As atividades foram realizadas em grupos com 2 pessoas, no qual que cada grupo escolheu e trouxe o resíduo de seu interesse para estudo e avaliação durante a disciplina. A Figura 2 mostra uma atividade prática de laboratório, no qual os alunos realizam medidas para análise da qualidade da biomassa e/ou resíduo escolhido por cada grupo.



Fonte: Própria dos autores

Neste primeiro oferecimento da disciplina, os alunos relataram que gostaram e aprenderam uma nova aplicação para os resíduos agrícolas e florestais. Resíduos que antes não era observado como resíduos e que não tinham ideia do impacto ambiental ocasionado e que poderia ser transformado em matéria prima de uma nova rota de aplicação. Isso confirma que os alunos aprendem fazendo e geralmente ficam mais interessados em formas ativas, o que as atividades práticas alinhada ao conceito teórico facilita e desperta um maior interesse nos alunos (Binsztok et al., 2023).

A atividade prática proporcionou aos alunos o conhecimento e manuseio de materiais, equipamentos e processos em pequena escala, mas compatível com equipamentos disponíveis na indústria. Como finalização, os trabalhos desenvolvidos pelos grupos foram apresentados evidenciando as características de suas biomassas escolhidas, geração e aplicação como biocombustível, como também promover a sustentabilidade do setor. Discutindo seus dados com os demais alunos com diferentes biomassas.

Neste primeiro oferecimento da disciplina, foi possível realizar ajustes e propor novas atividades práticas para a próxima realização disciplina.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado buscou planejar, executar e desenvolver uma disciplina optativa no curso de engenharia, para utilização de resíduos agroindustriais e florestais, com o propósito de transformar o resíduo em matéria prima para outro processo. Bem como, desenvolver no aluno, futuro profissional da engenharia, uma visão de valorização dos resíduos em prol da sustentabilidade.

O oferecimento do conteúdo teórico e prático através de atividades de laboratório, manuseio de equipamentos, trabalho em equipe e elaboração de relatórios e artigos como atividade, mostrou que os alunos responderam positivamente, mostrando interessados de forma a contribuir para seu desenvolvimento profissional.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo (PRG-USP) pela bolsa concedida através do Programa Unificado de Bolsas (PUB).

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. Resolução nº2, de 24 de abril de 2019 – Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia

BINSZTOK, A.; BUTRYN, B.; HOLOWINSKA, K.; OWOC, M.L.; SOBINSKA, M. Business computer simulations and its role in educational processes from the students' perspective. *Procedia Computer Science*, 225, 4006-4014, 2023.

DOSOFTEI, C. C.; ALEXA, L. Students' perception of peer teaching in engineering education: A mixed case study. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 793, 2024.

ESTADÃO - Guia da Faculdade. 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.

GARCÍA-ROS, G.; ALHAMA, I. Online laboratory practices and assessment using training and learning activities as teaching methodologies adapted to remote learning. Student satisfaction and improved academic performance. *Heliyon*, 9, 9, e19742, 2023.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 7ª Edição, Atlas, São Paulo, 2022.

INEIA, A. et al. As visões globais e perspectivas futuras no ensino da sustentabilidade na engenharia. *Educação em Revista*, 39, e41308, 2023.