



Desenvolvimento de competências baseado em projeto interdisciplinar de dimensionamento de um biodigestor para uso residencial

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3805

Amanda Souza Fernandes - amasf270400@gmail.com
Instituto Mauá de Tecnologia

João de Sá Brasil Lima - joao.brasil@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

Resumo: *Identificado um déficit no modelo de ensino instituído pela Resolução nº 48/76, foi proposto melhorar os cursos de engenharia para que se formassem uma maior quantidade de profissionais e mais capacitados. O caminho adotado foi o desenvolvimento de competências pelos alunos de graduação, ou seja, a fusão de conhecimentos teóricos, práticos e atitudes socioemocionais. Então, com a finalidade de contribuir na implementação das Diretrizes Nacionais Curriculares (DNCs), o dimensionamento de um biodigestor e a modelagem matemática da geração do biogás foram analisadas do ponto de vista pedagógico.*

Palavras-chave: *educação em engenharia, DNCs, método ativo de aprendizagem, biodigestor*



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS BASEADO EM PROJETO INTERDISCIPLINAR DE DIMENSIONAMENTO DE UM BIODIGESTOR PARA USO RESIDENCIAL

1 INTRODUÇÃO

A engenharia moderna se apresenta como uma área muito abrangente, que impacta segmentos ambientais, sociais e econômicos. Essa atividade tem origem na antiguidade, quando os construtores e inventores da época não tinham nada mais que bases empíricas para promoverem avanços. Então, a partir do momento em que as técnicas utilizadas passaram a ser estudadas mais profundamente, tornou-se possível escrevê-las como leis físicas e matemáticas, originando a engenharia como é conhecida nos dias atuais (TELLES, 1984). Na medida em que a sociedade se transforma, novos desafios e necessidades surgem. Dessa forma, os engenheiros têm como função contemplar os problemas de seu período e solucioná-los de maneira a gerar melhorias e diminuir impactos.

Segundo Costa (2017, p. 19), em virtude da formação técnico científica dos engenheiros, lhes é atribuído um alto potencial de proporcionar avanços tecnológicos, os quais estão diretamente ligados ao grau de desenvolvimento dos países. Ainda, com base em informações estatísticas apresentadas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), observa-se que o número de registros concedidos anualmente começou a aumentar significativamente no ano de 1996 (COSTA, 2017). Esse evento coincidiu com a sanção da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei nº 9394/1996), que visava modernizar o modelo de ensino brasileiro estabelecido em 1976 e aumentar o número de interessados no curso de engenharia.

Desde então, com o objetivo de formar mais profissionais com melhor qualificação e, conseqüentemente, fazer do Brasil um país mais competitivo e desenvolvido, a educação começou a ser moldada através de Resoluções, que cada vez mais preveem atividades práticas nas Instituições de Ensino Superior (IES). Esse método ativo de aprendizagem busca formar competências nos alunos, somando o conhecimento técnico às habilidades socioemocionais.

Dessa forma, com o intuito de colocar os alunos em contato com duas das grandes problemáticas ambientais discutidas nos dias atuais, sendo elas: a crescente geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e a produção de energias renováveis, foi realizada uma pesquisa sobre a temática da biodigestão e como torná-la mais presente nos meios urbanos através do projeto de um equipamento de pequeno porte para uso residencial. Esse trabalho desenvolveu as seguintes áreas: estudo bibliográfico, determinação da carga diária, dimensionamento, caracterização do substrato, modelagem matemática da geração de biogás e projeto, descritas detalhadamente no corpo do artigo.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo descrever uma atividade semestral multidisciplinar realizada no Instituto Mauá de Tecnologia, relacionada a questão de sustentabilidade, que engloba as etapas mencionadas acima. Posteriormente, foi avaliada a capacidade da atividade em assistir as IES no desenvolvimento de competências, previstas nas novas Diretrizes Nacionais Curriculares (DNCs), em alunos matriculados nos cursos de graduação em engenharia.

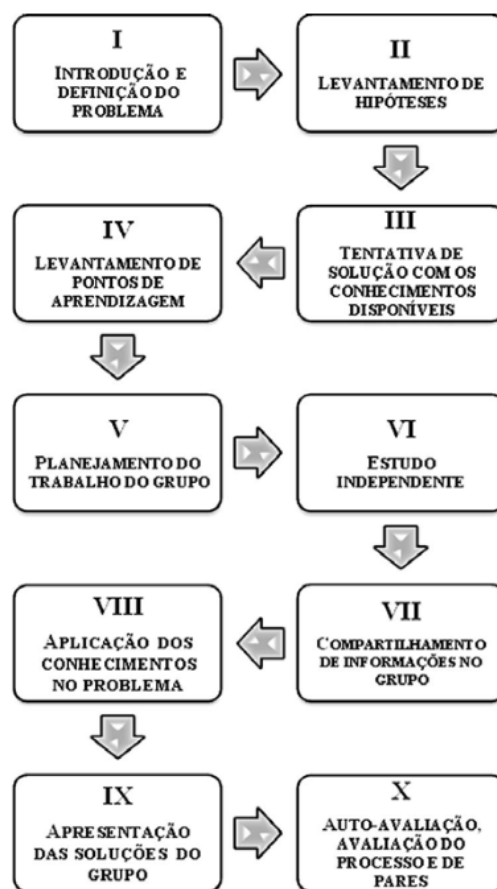
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP)

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) é uma metodologia estruturada com base em princípios advindos de estudos em ciência cognitiva e das teorias educacionais. Para as informações que chegam aos estudantes se consolidarem mais facilmente é necessário que a teoria esteja associada a um problema relacionado a vida real, a partir do qual as disciplinas se comunicam e os conhecimentos técnicos são contextualizados, o que tende a aumentar o interesse do graduando (RIBEIRO, 2008).

Ainda segundo Ribeiro (2008, p. 25), esse método apresenta uma organização complexa, composta pela capacitação dos alunos seguida da aplicação da atividade problema. Primeiro, os docentes preparam os alunos no âmbito teórico por meio de aulas expositivas, laboratórios, visitas técnicas e seminários, entre outros recursos. Em seguida, é proposta uma atividade que contempla e integra os conteúdos explanados, promovendo uma visão holística das situações enfrentadas no dia a dia de um profissional e cidadão engenheiro. Em síntese, para caracterizar uma ABP o trabalho deve ser em grupo e abordar uma situação problema real, que integre e faça uso de conceitos previamente aprendidos, além de instigar a obtenção de conhecimento de forma independente. O diagrama do ciclo de trabalho de um ABP pode ser observado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – Ciclo de trabalho da aprendizagem baseada em projetos



Fonte: RIBEIRO (2008, p. 27).



Dessa forma, a aprendizagem baseada em projeto permite integrar os três tipos fundamentais de conhecimento: teórico, prático e comportamental, o que favorece a formação de competências e a multidisciplinaridade requisitadas pelo mercado de trabalho vigente, através de um processo educacional dinâmico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A execução de uma atividade pedagógica foi analisada de maneira qualitativa, através de pesquisas documentais. Com o compromisso das Instituições de Ensino Superior (IES) em formar profissionais engajados, o estudo foca no desenvolvimento de competências decorrentes do método ativo de aprendizagem, preparando alunos de graduação em engenharia para o mercado vigente de trabalho. Para isso, analisou-se os mais variados documentos com a finalidade de coletar informações pertinentes ao tema estudado.

Antes de decorrer sobre o tema em particular, é preciso definir o que se entende por documento. Para Cellard (2012, p. 296), a compreensão do que seria considerado um documento evoluiu devido a abordagem da disciplina histórica pela Escola dos Anais, que ampliou a noção de arquivos oficiais exclusivamente textuais para qualquer tipo de registro, como: fotos, vídeos, objetos, diários, etc. Ainda, os documentos podem ser tratados como sendo de "primeira mão", que não receberam tratamento analítico, ou de "segunda mão" já analisados anteriormente (GIL, 2002).

Dessa forma, foi feito um levantamento das novas Diretrizes Nacionais Curriculares (DNCs), homologadas no ano de 2019, e das etapas desenvolvidas durante o semestre para cumprir a proposta de projeto. Em seguida, foram identificadas as possíveis habilidades sócio-comportamentais adquiridas, alinhadas às competências gerais descritas nas DNCs, por meio das quais se avaliou a contribuição da atividade pedagógica na educação.

3.1 Diretrizes Nacionais Curriculares (DNCs)

As DNCs procuram flexibilizar e modernizar o modelo de ensino brasileiro instituído pela Resolução nº 48/76, baseada em conteúdos mínimos e duração do curso, que estabelecem as áreas de atuação do profissional. Em contraste, as DNCs propõem um perfil curricular que se adeque às necessidades da sociedade por meio da formação de competências, ou seja, alcançar habilidades técnicas e interpessoais, além dos conhecimentos teóricos.

Perfil do egresso de graduação em engenharia

Com a necessidade de adaptar os cursos ao contexto temporal e espacial nos quais estão inseridos, é preciso estabelecer uma série de princípios que guiam o Projeto Pedagógico dos Cursos (PPC), documento que contempla os valores e a organização dos programas, desde a matriz curricular até as atividades complementares oferecidas pela instituição. A seguir estão listadas, de acordo com o Art. 3º da Resolução CNE/CES nº. 1/2019, as características desse perfil (BRASIL, 2019).

I - ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;

II - estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;





III - ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;

IV - adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;

V - considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde do trabalho;

Competências gerais esperadas

Segundo Zabala e Arnau (2014, p. 11), professores da Universidade de Barcelona: "[...] a competência consistirá na intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida, mediante ações nas quais se mobilizam, ao mesmo tempo e de maneira inter-relacionada, componentes atitudinais, procedimentais e conceituais".

As competências gerais descritas no Parecer CNE/CES nº 1/2019 (BRASIL, 2019) estão explicitadas a seguir:

I - formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:

- a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;
- b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;

II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:

- a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.
- b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
- c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo.
- d) verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;

III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:

- a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
- b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
- c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia;

IV - implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:

- a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia.
- b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;





- c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;
- d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;
- e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;

V - comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:

- a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;

VI - trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:

- a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
- b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;
- c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
- d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);
- e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;

VII - conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:

- a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente.
- b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e

VIII - aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:

- a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.
- b) aprender a aprender.

3.2 Método de avaliação de competências

A avaliação do processo de aprendizagem dos alunos é uniformizada pelo Regimento Geral vigente em cada instituição de ensino. Entretanto, mesmo sendo um procedimento normalizado há uma certa flexibilidade, que permite os responsáveis das disciplinas decidirem as técnicas avaliativas mais adequadas para cada atividade prevista. Esse projeto conta com a entrega de um relatório técnico e a apresentação de um seminário ao final do semestre para avaliar as competências individuais formadas pelos integrantes dos grupos, além de uma autoavaliação.

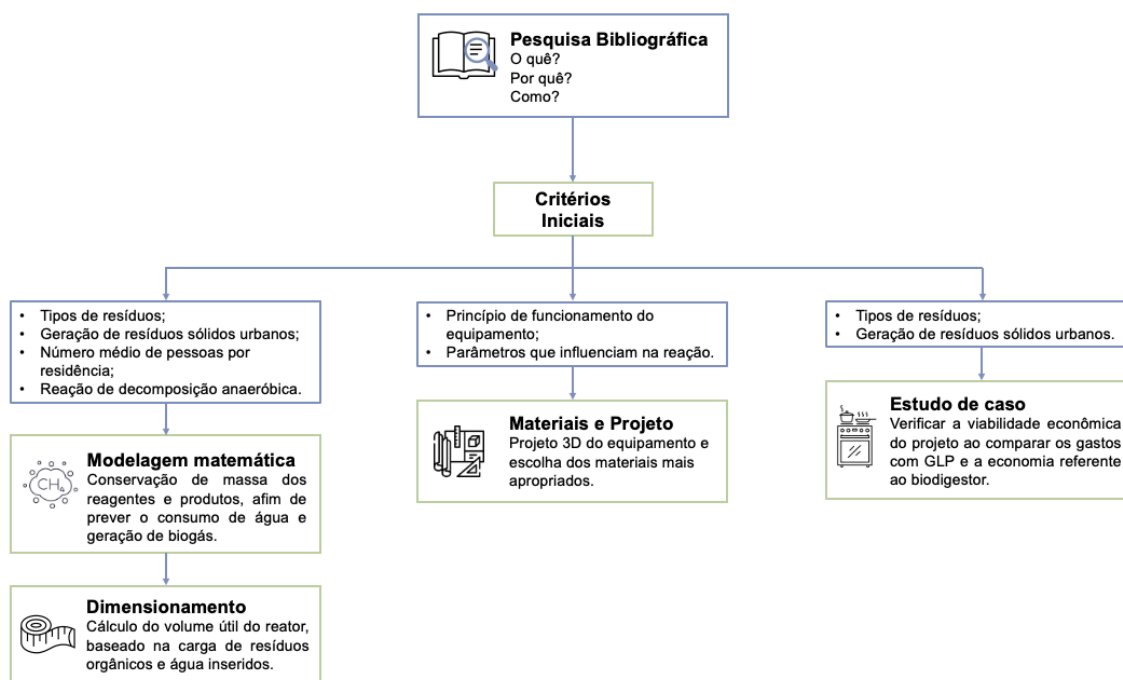


3.3 Atividades propostas para o desenvolvimento do biodigestor

A atividade realizada pelos alunos de graduação em engenharia do IMT consiste em um trabalho semestral em grupo, que objetiva o dimensionamento de um reator de alimentação contínua para uso residencial e a modelagem matemática da geração de biogás. Inicialmente, uma folha com as informações iniciais foi entregue aos grupos, contendo o número médio de pessoas que habitam nas residências brasileiras e um contexto para a aplicação do biogás, além da descrição das entregas avaliativas durante o semestre.

Devido a grande quantidade de tarefas a serem desenvolvidas, esse trabalho exige grande organização e divisão de tarefas por parte dos estudantes. A finalidade do projeto é que o aprendizado vá além da aplicação de conteúdos teóricos, mobilizando os alunos a trabalharem em conjunto e adquirirem senso de comunidade e responsabilidade. As etapas a serem percorridas para a conclusão da atividade estão apresentadas de forma didática e sucinta na Figura 2, além de serem descritas em detalhes no texto a seguir.

Figura 2 – Diagrama de etapas.



Fonte: Os autores.

Pesquisa bibliográfica

Na etapa de pesquisa bibliográfica é esperado que os alunos reúnam referenciais considerados relevantes ao propósito do projeto e que deem embasamento teórico ao estudo. Esse levantamento permite elucidar o escopo do trabalho, de forma a conferir argumentos ao pesquisador para conduzir sua própria temática (SOUZA; OLIVEIRA; ALVES, 2021). Entretanto, é importante que os alunos se preocupem em verificar a validade dos conteúdos apresentados nos documentos consultados.

Para complementar as informações fornecidas pelo professor e definir os critérios do projeto é desejado que os alunos pesquisem sobre:

- Função, princípio de funcionamento e modos de operação de um biodigestor;
- Equacionamento da reação de decomposição anaeróbica;

- Parâmetros que influenciam a reação (temperatura, pH, tempo de retenção hidráulica, etc.);
- Tipos de resíduos;
- Geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil;
- Composição de resíduos orgânicos residenciais;
- Benefícios proporcionados pelo uso da tecnologia.

Modelagem matemática e dimensionamento

Essa é a etapa onde os estudantes colocam os conteúdos estudados em sala de aula em prática. O desenvolvimento de uma atividade pedagógica permite acesso a uma situação mais voltada à realidade e, conseqüentemente, a oportunidade de correlacionar as informações da situação problema, encontradas no enunciado do projeto e a partir das pesquisas realizadas, com os conteúdos teóricos de forma contextualizada.

Primeiramente, é necessário o cálculo da carga diária a ser inserida no biodigestor. Para se obter essa informação é preciso conhecer o número de pessoas na residência, contido no enunciado do projeto, e a geração média de resíduos orgânicos por pessoa, encontrado nas pesquisas realizadas anteriormente. Essa etapa é de grande importância para o dimensionamento do equipamento, onde a carga diária junto do volume de água (V_{H_2O}), reagentes necessários para a decomposição anaeróbica, resultam no volume mínimo do recipiente (V_d) para um determinado ciclo (TDH) escolhido com base nos conhecimentos de cada grupo. O cálculo mencionado pode ser observado na Equação (1) abaixo:

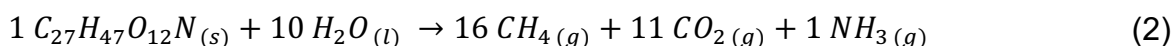
$$V_d = \left(\frac{m_o}{\rho} + V_{H_2O} \right) \cdot TDH \quad (1)$$

Onde:

m_o – massa de resíduos orgânico diário [$kg \cdot dia^{-1}$]

ρ – massa específica do resíduo [$kg \cdot L^{-1}$]

Em seguida, através das pesquisas relacionadas à caracterização química do substrato, é determinado a composição elementar dos resíduos alimentares encontrados nas residências brasileiras. Esse estudo tem como finalidade quantificar o teor médio de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O) presente nos resíduos utilizados e, posteriormente, definir a fórmula molecular mínima do substrato ($C_{27}H_{47}O_{12}N$) para equacionar e balancear a reação química da decomposição anaeróbica, representada pela Equação (2).



Ademais, é esperado uma caracterização física, pois, apenas a parcela conhecida como sólidos voláteis (%SV) dos sólidos totais (%ST) contidos na matéria orgânica inserida no biodigestor fermenta e se transforma em gás. Dessa forma, a partir da Equação (3) é possível calcular a massa de resíduos orgânicos efetivamente decompostos (P_e). Esse projeto não prevê experimentos para obtenção dos resultados descritos acima, apenas consulta às referências bibliográficas.

$$P_e = P_d \cdot \%ST \cdot \%SV \quad (3)$$

Onde:

P_d – produção diária de resíduos [$kg \cdot dia^{-1}$]

Por fim, o volume de biogás gerado ao final de um ciclo é deduzido. Uma vez que a reação química está equacionada e a massa efetivamente biodegradável do substrato é conhecida, torna-se possível fazer o balanço de massa entre os produtos e os reagentes envolvidos no sistema. Esse dado será utilizado em uma etapa posterior para realizar um estudo de caso, no qual esse biocombustível possui uma função definida, e avaliar economicamente a viabilidade do projeto.

Materiais e projeto

Com o intuito de criar um produto de baixo custo é pedido que seja realizado um projeto que englobe cotação de materiais. Então, a partir dos conhecimentos estruturais e de funcionamento de um biodigestor, pede-se que os universitários pesquisem materiais acessíveis encontrados no mercado. Um aspecto imprescindível é que as propriedades dos materiais sejam observadas para uma escolha em conformidade com a sua aplicação.

Ademais, os alunos são instruídos a elaborar um produto utilizando um software de modelagem 3D, de acordo com a preferência do professor. Nessa etapa, o grupo tem a liberdade de pesquisar e testar diversas composições e geometrias, como o posicionamento dos tubos responsáveis pela entrada do substrato, saída do biofertilizante e do biogás, além de outros componentes que acharem pertinentes, como por exemplo filtros e misturadores.

Estudo de caso

A partir do contexto de uso do biogás, fornecido no enunciado do trabalho, é pedido que os alunos conduzam um estudo de viabilidade econômica. Por se tratar de um equipamento residencial, foi analisada a rentabilidade de uma família ao utilizar o biogás gerado, exclusivamente, no preparo de alimentos. Nesse caso, foi realizado um estudo detalhado do consumo do gás combustível utilizado originalmente e os gastos relacionados, que posteriormente são comparados com a economia promovida pelo uso do biodigestor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliar a contribuição educacional do projeto pedagógico descrito, foi criado o Quadro 1, onde as tarefas desenvolvidas para o cumprimento do trabalho são associadas às competências previstas nas DNCs para os cursos de graduação em engenharia. Abaixo, pode ser observado que para cada competência desenvolvida durante uma tarefa, o item correspondente é destacado na cor azul.

Quadro 1 - Turno dos cursos de engenharia

Tarefas	I		II				III			IV					V	VI					VII		VIII	
	a	b	a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d	e	a	a	b	c	d	e	a	b	a	b
Organização do grupo																								
Divisão de tarefas																								
Reuniões de alinhamento																								
Pesquisa bibliográfica																								



BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CES Nº 1/2019**, de 23 de janeiro de 2019. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário oficial da União, Brasília DF, Seção 1, p. 109.

CELLARD, André. A análise documental. In: POUPART, Jean *et al.* **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. 3. Ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2012. p. 295-316.

COSTA, B.B.F.; A qualidade da educação em engenharia e seus impactos no desenvolvimento econômico Brasileiro. **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 13, n. 28, p 18-36, 2017.

GIL, Antônio Carlos. Como classificar as pesquisas. In: _____. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. p. 41-57.

RIBEIRO, L.R.C.; Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Carlos, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

SOUZA, A.S.; OLIVEIRA, G.S.; ALVES, L.H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Caderno da Fucamp**, Monte Carmelo, v.20, n.43, p. 64-83, 2021.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil (séculos XVI a XIX)**. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 1984.

SKILLS DEVELOPMENT BASED ON A RESIDENTIAL BIODIGESTER SIZING INTERDISCIPLINARY PROJECT

Abstract: *Identified a deficit in the Brazilian teaching model established by Resolution nº 48/76, it was proposed to improve engineering education so more qualified professionals would graduate. The adopted path was the competences development by the students, gathering theoretical knowledge, practice and socio-emotional attitudes. Thereby, in order to contribute with the National Curricular Guidelines (DNCs), both: the sizing end the mathematical model of biogas generation, was analyzed from a pedagogical point of view.*

Keywords: *engineering education, DNCs, active learning method, biodigester*

