



APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS PARA A FORMAÇÃO DE FUTUROS ENGENHEIROS: GELADEIRA QUÍMICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5343

Autores: MARGARETE APARECIDA PEREIRA, ELISETE LOPES DA CUNHA, MADRITH STHEL COSTA DUARTE, ORLANDO GAMA DA SILVA JUNIOR, PEDRO PRATES VALÉRIO, VANESSA MOTA VIEIRA, CLARISSA ANA ZAMBIASI, PAULÍNIA LATALIZA FRANÇA MOURA, PÉRICLES AQUINO ALVES

Resumo: O trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de refrigeração utilizando Células Peltier, incluindo a seleção de materiais e dimensionamento, aplicável em cursos de engenharia. Esses cursos abordam conceitos de calor, temperatura, termodinâmica e eletricidade. A tecnologia de estado sólido das células Peltier oferece vantagens como a eliminação de gases refrigerantes nocivos e baixos níveis de ruído, apesar da baixa eficiência ser um desafio. Os estudantes mostraram alto engajamento na construção do protótipo, desenvolvendo competências como identificação de necessidades do usuário, resolução criativa de problemas de engenharia e aprendizagem interdisciplinar

Palavras-chave: Aprendizagem, Projeto, Geladeira, Células Peltier

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS PARA A FORMAÇÃO DE FUTUROS ENGENHEIROS: GELADEIRA QUÍMICA

1 INTRODUÇÃO

A educação na sociedade da informação, além de facilitar o acesso à formação baseada na aquisição de conhecimentos, deve permitir o desenvolvimento de habilidades como seleção e processamento de informações, autonomia. Para a formação dos profissionais do futuro, é essencial acompanhar as mudanças no mundo do trabalho, estabelecendo currículos flexíveis que conectem as necessidades dos empregadores com a formação técnico-científica e socioemocional requerida para a resolução de problemas.

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de engenharia no Brasil buscam modernizar esses cursos, focando na formação por meio do desenvolvimento de competências, metodologias inovadoras, indução de políticas institucionais inovadoras, ênfase na gestão do processo de aprendizagem, fortalecimento do relacionamento com diferentes organizações e valorização da formação do corpo docente (BRASIL, 2019a).

capacidade de tomar decisões, polivalência e flexibilidade (FLECHA; TORTAJADA, 2009).

Para enfrentar esses desafios e promover uma formação integral, as instituições de ensino podem adotar métodos diferenciados, como a aprendizagem baseada em projetos, a aprendizagem ativa, estágios práticos, programas de mentoria, entre outros. Essas abordagens podem ajudar os estudantes a desenvolverem não apenas conhecimentos técnicos, mas também habilidades interpessoais e profissionais essenciais para se tornarem engenheiros bem-sucedidos e responsáveis.

Neste contexto e alinhados com a formação profissional de futuros engenheiros, foi proposto para unidade curricular Modelagem e simulação do mundo físico-químico o desenvolvimento de um equipamento de resfriamento, que utilizasse processos químicos e físicos discutidos durante as aulas, denominado geladeira química.

O presente artigo tem por objetivo apresentar a metodologia aplicada para o desenvolvimento de protótipos denominados geladeira química por alunos de engenharia, utilizando conceitos de soluções, reações químicas, calorimetria, circuitos eletrônicos e materiais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aprendizagem significativa

O processo de ensino-aprendizagem envolve três aspectos fundamentais: ensino, aprendizagem e avaliação. No construtivismo, o conhecimento é dinâmico e pode ser construído e reconstruído ao longo da vida, influenciado por fatores como origem socioeconômica e experiências pessoais. Em outras palavras, o conhecimento é construído a partir da articulação entre o que já se conhece e novas informações que se deseja absorver. Quando estas articulações acontecem diz-se que houve uma aprendizagem significativa (BRAATHEN, 2012; TAVARES, s.d.).

Para Tavares (sd) existem três requisitos essenciais para a aprendizagem significativa: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a sua conexão com o

novo conhecimento; a atitude explícita de apreender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver. Por este motivo, o desenvolvimento de atividades pedagógicas baseadas em problemas, que apresentem objetivos bem definidos, que permitam o acompanhamento processual, conduzirá o aprendente ao protagonismo no processo de ensino- aprendizagem.

2.2 Aprendizagem baseada em problemas e as DCNs para os cursos de engenharia

As DCNs para os cursos de graduação em engenharia definem o perfil do egresso e competências esperadas do egresso, como por exemplo, ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia. Para que estas competências sejam desenvolvidas, o parecer número 1 de 2019 do Conselho Nacional de Educação (CNE) e da Câmara da Educação Superior (CES) reforça a necessidade de práticas de ensino/aprendizagem que garantam maior dinamismo e autonomia com o uso de metodologias ativas, solução de problemas concretos em atividades e conhecimentos interdisciplinares (BRASIL, 2019a; BRASIL, 2019b). Neste contexto, metodologias de aprendizagem baseadas em problemas poderão ser aplicadas para a formação de futuros profissionais com o perfil descrito nas DCNs.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) pode ser compreendida como uma metodologia educacional que utiliza desafios reais para impulsionar o desenvolvimento integral do aluno em termos conceituais, procedimentais e atitudinais (BOROCHOVICIUS & TORTELLA, 2014). Essa abordagem desafia os alunos a enfrentarem situações complexas da vida real, incentivando-os a aplicar o conhecimento teórico na resolução de problemas práticos. Dessa forma, não apenas promove-se a compreensão dos conceitos, mas também o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, trabalho em equipe e resolução de conflitos (AMADO, 2015).

As DCNs destacam a importância do conhecimento técnico, mas diferente do que se via no passado, busca -se formar um profissional capaz de aplicar conceitos como termodinâmica e propriedades coligativas em suas tarefas diárias, se estas assim exigirem.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto foram apresentados, em aula expositiva, a história dos refrigeradores, seu desenvolvimento e suas aplicações. Os professores envolvidos no projeto prepararam um edital com as normas para construção da geladeira química, de maneira a estabelecer igualdade e equidade no processo avaliativo.

O edital contemplou informações referentes a objetivo do protótipo, condições técnicas máximas permitidas e rubrica de avaliação. Os termos do edital apresentado aos estudantes são listados a seguir:

- Composição de equipe: mínimo 3 e no máximo 8 alunos
- Dimensões mínimas indeterminadas e máximas de 40cm.
- Funcionamento: princípio físico-químico de transferência de calor.
- O uso de componentes eletrônicos: poderá ser usado desde que sejam alimentados no máximo por um cabo USB movido à bateria de 12V (corrente máxima de 5A).
- O material: metal, polímero, cerâmico e/ou compósito.

As rubricas de avaliação apresentadas aos estudantes são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Avaliação por rubrica, critérios e valores.

Critério	Avaliação-100%	Ponderações	Vencedor	% avaliação
Diário de bordo	Contém todos os itens solicitados no desenvolvimento, sendo entregue no prazo.	Falta item ou suas descrições na entrega, não sendo entregue no prazo estabelecido.	Diário de bordo mais completo e com menor número de erros conceituais.	40%
Protótipo	Realizado dentro das especificações estabelecidas.	Fugiu de algum critério como uso de energia ou dimensões.	A GQ que chegar a menor temperatura no momento do evento.	40%
Apresentação grupo	Número de membros atendido. Apresentação em sinergia entre os membros.	Quantidade de membros foi diferente do combinado. Se algum integrante demonstrar falta de sinergia com a equipe.	Melhor apresentação da equipe (respostas as perguntas)	20%

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os protótipos foram desenvolvidos pelos alunos tanto nas aulas quanto em atividades organizadas e realizadas pelos alunos de maneira autônoma em suas residências. Os momentos de tutoria foram realizados em 3 laboratórios: o laboratório de química, de física e no maker space. Na tabela 2 são apresentadas as atividades realizadas em cada laboratório.

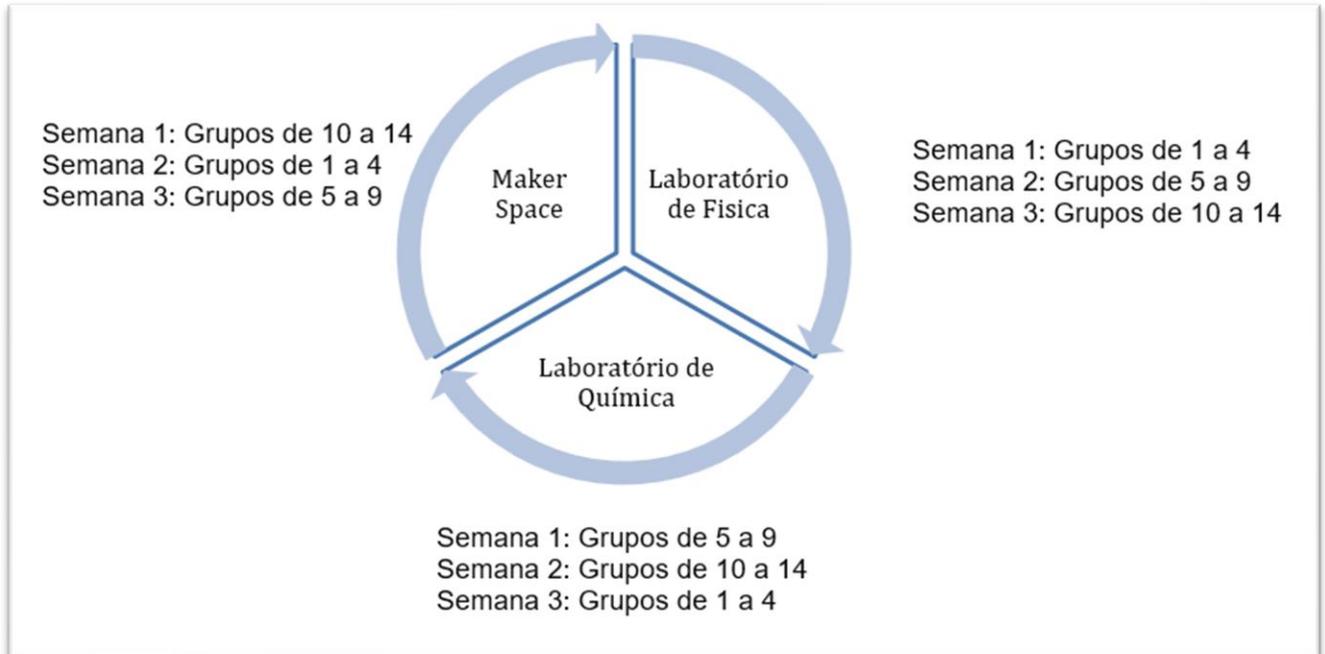
Tabela 2: Atividades realizadas pelos alunos nos laboratórios

Laboratório	Atividade realizada
Química	Medidas de reagentes e testes reacionais de corrosão nos materiais
Física	Medidas de temperatura, determinação da capacidade calorífica dos materiais isolantes
Maker Space	Medidas das dimensões, cortes, soldagens e colagens

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os alunos foram divididos em 14 grupos com até 8 pessoas. Foi utilizado o sistema de rotação por estações, como mostrado na figura 1. A equipe de professores era composta por duas profissionais da química e uma profissional da física.

Figura 1: Rotação por estação no atendimento dos grupos



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a construção do protótipo os alunos conseguiram aplicar na prática diversos conceitos que foram trabalhados nas aulas teóricas. As aplicações dos conceitos foram essenciais em todo processo de construção do protótipo. Como por exemplo, na escolha dos materiais a serem utilizados.

Os materiais utilizados foram:

- Fonte de tensão de 12Volts;
- Cooler externo;
- Cooler interno;
- Pastilha Peltier;
- Pasta térmica;
- Caixa (isopor ou madeira);
- Papel alumínio;
- Termômetro.

A compreensão de conceitos relacionados a física térmica e elétrica, contribuiu para o aprendizado dos alunos permitindo que eles realizassem escolhas adequadas dos materiais. Durante a construção do protótipo, eles perceberam que essas escolhas, refletiram em um bom funcionamento ou não do protótipo. Desta forma, caso inicialmente o funcionamento não fosse o resultado esperado, eles poderiam rever todo o processo e, sendo necessário, realizavam a substituição dos materiais.

No desenvolvimento desse trabalho os alunos conseguiram identificar vários conceitos aplicados, que também podem ser identificados em nosso cotidiano. Como por

exemplo, a transferência de calor entre objetos com diferentes temperaturas envolvidos em um sistema. Conceitos como temperatura, calor, equilíbrio térmico, fenômenos termoeletrônicos, absorção e dissipação de calor, ao serem aplicados contribuíram para a compreensão dos alunos sobre o funcionamento da geladeira. Neste contexto, são destacados a seguir os principais conceitos físicos aplicados na construção da geladeira.

Temperatura e Calor:

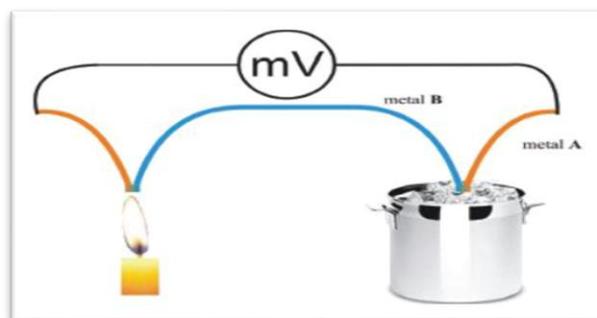
Um dos principais conceitos da física aplicados na engenharia é o da Termodinâmica, sendo o estudo da energia térmica (ou interna) de um determinado sistema (HALLIDAY,2009). Entretanto, para conseguir realizar aplicações que envolvam a termodinâmica é fundamental compreender o conceito de temperatura e calor. Ainda que sejam grandezas relacionadas, o calor e a temperatura são definidos como grandezas físicas bem distintas. A temperatura mede o grau de agitação entre as moléculas de um corpo. O calor é definido como uma forma de energia em trânsito, ou seja, um fluxo de calor que ocorre de um corpo para o outro devido a diferença de temperatura. Em um sistema fechado, observa-se a ocorrência deste fluxo de calor enquanto existe a diferença de temperatura entre os corpos que constituem o sistema. O fluxo de calor irá ocorrer de forma espontânea do corpo que possui maior temperatura para o corpo de menor temperatura, até que esses corpos indiquem a mesma temperatura, atingindo assim o equilíbrio térmico.

Efeitos termoeletrônicos

A termoeletricidade é o estudo que nos permite relacionar as propriedades elétricas e térmicas dos materiais. Desta forma, é possível compreender por exemplo, a relação existente entre o aumento da resistência e da temperatura de um determinado material. Além disso, esse estudo nos permite trabalhar com aferições de temperaturas com maior precisão ou criar equipamentos como fontes de calor que sejam de fácil manuseio e que permitam aquecer ou resfriar um determinado material ou equipamento.

Em 1821, o físico Thomas Johann Seebeck através dos estudos de fenômenos termoeletrônicos, conseguiu demonstrar que se dois materiais metálicos são conectados por junções mantidas a temperaturas diferentes, conforme indicado na FIGURA 2, esses metais são capazes de produzir uma tensão (GOULD ET AL., 2008; DZIURDIA, 2011). Desta forma, é possível verificar o efeito Seebeck, quando dois tipos de metais são conectados a uma determinada diferença de temperatura.

Figura 2: O efeito Seebeck



Fonte: MOURA (2010).

Segundo DZIURDIA, 2011 o cálculo da tensão de Seebeck (V_s) é dado pela equação 1:

$$V_s = \alpha (T_H - T_C) \quad (1)$$

em que $T_H - T_C$ é o gradiente de temperatura entre as junções localizadas no metal A e metal B e α é o coeficiente de Seebeck.

Ainda no contexto do estudo de efeitos termoelétricos, em 1834 o físico francês Jean Charles Athanase Peltier, realizou a descoberta de um novo fenômeno termoelétrico conhecido como efeito Peltier.

"Denominamos por efeito Seebeck a geração de eletricidade a partir da diferença de temperaturas. O efeito inverso, ou seja, a geração de diferença de temperatura a partir de eletricidade é denominado efeito Peltier. É usual aos livros científicos se referirem a ambos os efeitos como duas faces de um mesmo fenômeno denominado de efeito Peltier-Seebeck." (KAKIMOTO, 2013)

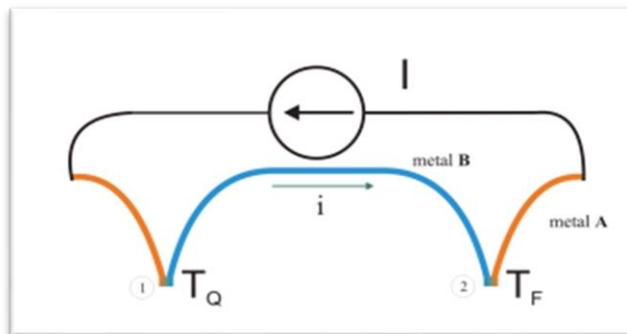
Conforme citado, o efeito Peltier ocorre de maneira contrária ao efeito Seebeck, pois com a passagem de corrente através da junção dos materiais poderá ocorrer na junção uma emissão ou uma absorção de calor, dependendo do sentido da corrente elétrica. Esse efeito de absorção ou emissão se inverte a medida que a corrente é invertida. Além disso, esse calor emitido ou absorvido pela junção são proporcionais a temperatura absoluta e a corrente elétrica aplicada. Desta forma, a quantidade de calor associado ao efeito Peltier pode ser calculado através da equação 2.

$$Q_P = \pi \cdot I = \alpha \cdot I \cdot T \quad (2)$$

Sendo Q_P o calor associado ao efeito Peltier, I a corrente elétrica, T a temperatura, π o coeficiente de Peltier e que pode ser indicado em termos do coeficiente de Seebeck α , (DZIURDZIA, 2011).

Neste efeito a corrente flui por meio da junção usada para conectar dois metais, com absorção ou emissão de calor. Esses metais são considerados como fonte aquecida (T_Q) e fonte refrigerada (T_F), dependendo do sentido da corrente como representado pela FIGURA 3.

Figura 3: O efeito Peltier

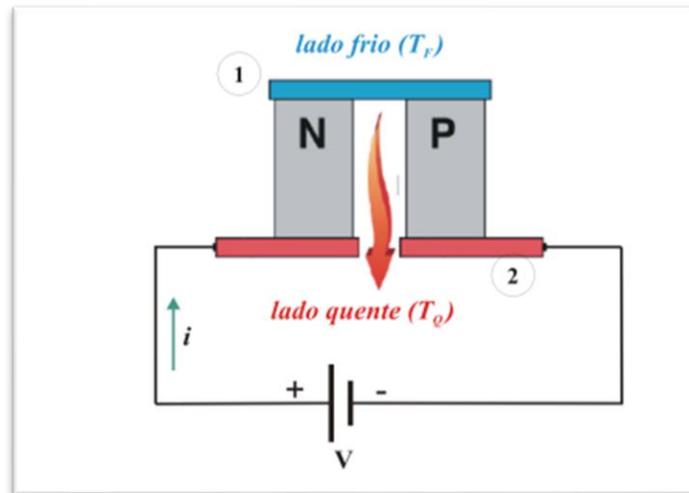


Fonte: MOURA (2010).

Esses efeitos termoelétricos são descritos pelo movimento dos elétrons que cada condutor possui, pois o movimento desses elétrons pode ocorrer de diferentes maneiras

em função da temperatura do condutor. No efeito Peltier, por exemplo, observa-se que a corrente flui através da junção de diferentes materiais. De modo geral, efeitos termoelétricos aplicados em junções metálicas, podem ser confundidos com o efeito Joule. Entretanto, através do efeito Peltier podemos verificar que o movimento de elétrons, ou seja, a corrente, irá passar pela junção desses materiais. Desta forma, observa-se que o fluxo de calor ocorrerá do lado frio (T_F) para o lado quente (T_Q), conforme descrito na FIGURA 4 a seguir.

Figura 4: Efeito Peltier, indicando o fluxo de calor do lado frio para o lado quente.



Fonte: MOURA (2010).

Em 1911, Altenkirch através de seus estudos conseguiu estabelecer condições para se obter uma conversão termoelétrica eficiente aplicando a equação 3.

$$q = \alpha_{ab}TI - \left[\frac{i^2R}{2} + k(T_Q - T_F) \right] \quad (3)$$

Onde q representa a taxa do fluxo de calor entre lado frio (T_F) e o lado quente (T_Q) e o primeiro termo do lado direito da equação representa o bombeamento Peltier e o segundo entre colchetes representa as perdas, por dissipação de calor, ou seja, efeito Joule e por condução térmica respectivamente.

A seguir são indicadas algumas vantagens e desvantagens para o uso da tecnologia Peltier:

Algumas vantagens:

- Diferentemente de refrigeradores que são de compressores, funcionam em qualquer orientação com/sem gravidade.
- Não utiliza gases poluentes.
- Não existe a necessidade de utilizar partes mecânicas móveis para refrigeração, ideal para uso com câmeras CCD.
- O resfriamento ou aquecimento depende apenas da polaridade da alimentação fonte. Muito utilizado em aplicações de alta precisão e controle de temperatura, como lasers de diodo.

- Tecnologia 100% no estado sólido não utiliza gases refrigerantes indicando alta precisão e baixo nível de ruído.

Algumas desvantagens:

- Condensação de água do ambiente no lado frio da placa.
- A eficiência não é boa
- condicionado pois não possui boa eficiência.
- O custo da energia para o resfriamento é superior ao de um compressor.
- Se a dissipação de calor no quente da placa não for feita de maneira adequada isso irá gerar efeitos indesejados.

Protótipos apresentados pelos estudantes

Os alunos demonstraram bastante criatividade nas construções das geladeiras. A figura 5 indica o gabinete de madeira representando a parte externa da geladeira. Neste gabinete observa-se um painel usado para informar a temperatura interna da geladeira, quatro pés usados de apoio, porta com puxador e trava de fechamento.

Figura 5: Protótipo elaborado por grupo de estudantes.



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

A figura 6 indica a fase de testes durante o processo de construção da geladeira. Pode-se observar os equipamentos eletrônicos utilizados, tais como *cooler*, placa *Peltier* e fonte de tensão de 12V.

Figura 6: Protótipo elaborado por estudantes com placa Peltier.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Nas avaliações realizadas pela equipe docente envolvida no projeto, observou-se como pontos positivos: o alto engajamento dos estudantes na construção do protótipo, a busca de informações teóricas como forma de garantir o melhor resultado de refrigeração, a aprendizagem baseada na comunicação por pares onde os próprios estudantes discutem estratégias para auxílio da compreensão coletiva. Como pontos de atenção, foram apresentados: necessidade de melhor desenvolvimento de escrita científica e planejamento de tarefas. Foi observado que parte dos estudantes, ao desenvolverem o protótipo, realizam tentativas sem um planejamento previamente descrito. Os grupos que adotaram, além da comunicação oral, a comunicação escrita por meio dos relatos em diário de bordo (documento de registro de experimentos e planejamento) obtiveram melhor resultado de eficiência e respostas aos questionamentos realizados.

5 Considerações FINAIS

O projeto inicial recebe o nome de Geladeira Química devido as propriedades químicas de materiais estudadas ao longo da disciplina e estudo de reações endo e exotérmicas exploradas no decorrer do semestre letivo com potencial poder de refrigeração nos protótipos. Contudo o módulo de refrigeração que se apresentou mais interessante, e com menor impacto ambiental na visão dos estudantes foi a utilização das células Peltier abordada neste trabalho. Os fenômenos termelétricos, baseados nas teorias de Peltier, Seebeck e Altenkirch são aplicados nas fabricações de refrigeradores ou aquecedores. O trabalho abordou diversos conceitos termoelétricos envolvidos na fabricação e funcionamento desses equipamentos/dispositivos, além de conhecimento sobre a ciência de materiais no que tange a seleção de materiais de engenharia para projetos diversos. Através desse trabalho, foi possível observar uma melhora na compreensão de conceitos físicos e químicos ligados a termodinâmica na formação de futuros engenheiros.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes de engenharia que participaram do projeto com empenho e dedicação cedendo seus protótipos para o ensino de futuros estudantes. Aqueles que sempre dedicam suas vidas ao propósito de ensinar com paixão e inovação. Aos mestres que nos ensinaram a buscar sempre o novo no caminho da educação.

REFERÊNCIAS

AMADO, M. V. (2015). Aprendizagem baseada na resolução de problemas (ABRP) na formação contínua de professores de ciências. *Interacções*, (39), 708-719. Disponível em: <http://www.eses.pt/interaccoes> Acesso: 29 maio de 2024

BOROCHOVICIUS, E., TORTELLA, J. C. B. (2014). Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 22(83), 263-294.

BRAATHEN, Per Christian. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de química. *Revista Eixo*, v. 1, n. 1, p. 74-86, 2012.

BRASIL a. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. **Parecer 01/2019: Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Brasília, 2019. 41 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 11 abr. 2024.

BRASIL b. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. Brasília, DF, 24 abr. 2019. p. 1-6. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 11 abr. 2023.

DZIURDZIA, P. Modeling and Simulation of Thermoelectric Energy Harvesting Processes. *Sustainable Energy Harvesting Technologies- Past, Present and Future*, p.109-128, 2011.

FLECHA, Ramón; TORTAJADA, Iolanda. Desafios e saídas na entrada do século XXI. In: IMBERNON, Francisco (org.). **A educação no século XXI: os desafios do futuro imediato**. Porto Alegre: Artmed, 2008. Cap. 1. p. 21-36.

GOULD, C.A. et al. A Comprehensive Review of Thermoelectric Technology, Microelectrical and Power Generation Properties. *Proc. 26th International Conference On Microelectronics (MIEL 2008)*. NIS: [s.n.].2008. p. 329 -332.

HALLIDAY, D.; RESNICK, J. W. *Fundamentos de Física – Vol. 2*. Rio de Janeiro LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, J. W. *Fundamentos de Física – Vol. 3*. Rio de Janeiro LTC, 2009.

KAKIMOTO, Luis Carlos. *Efeito Peltier-Seebeck: gerando eletricidade por diferença de temperatura*. Campinas, 2013. 55 f. TCC – Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp, Campinas, 2013.

MOURA, José Américo de Sousa. **Filmes Nanométricos de FeN e AIN Crescidos por Sputtering e Aplicações do Efeito Peltier**. 2010. Tese (Doutorado) – Curso de Física Teórica e Experimental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/16572/1/JoseASM_TESE.pdf. Acesso em Maio de 2024.

PROJECT-BASED LEARNING FOR THE TRAINING OF FUTURE ENGINEERS: CHEMICAL REFRIGERATOR

Abstract: *The work presents the proposal for developing a refrigeration prototype with material selection, sizing, and the use of Peltier Cells in university courses aimed at training engineers from various fields. These courses include physical-chemical concepts related to heat, temperature, thermodynamics, and electricity. The use of these systems demonstrated advantages and disadvantages in the potential use of Peltier Cells in refrigerators. Some of the advantages include solid-state technology replacing the use of environmentally harmful refrigerant gases and low noise levels compared to water condensation on the cold side of the plate. However, low efficiency remains a challenge for their effective use. The students participating in the project showed high engagement in building the prototype, improved their search for theoretical information to ensure good results, and engaged in peer-based learning. The competencies developed include recognizing user needs, formulating, analyzing, and creatively solving engineering problems with interdisciplinary knowledge.*

Keywords: *Learning, Project, Refrigerator, Peltier Cells*

