

INTEGRAÇÃO ENTRE TEORIA E PRÁTICA: DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS DE ENGENHARIA MECÂNICA A PARTIR DE UMA PISTA DE GELO DIDÁTICA – PARTE I

Wertson da Silva Resende¹;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/7019247555052826>

Kelyson da Silva Resende²;

Universidade Potiguar (UnP), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/2813808447717198>

Hudson da Silva Resende³;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/0813578755246562>

Álvaro Augusto Soares Lima⁴;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/4673751198892295>

Cleiton Rubens Formiga Barbosa⁵;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/8673332414572221>

Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior⁶;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/9160680023711066>

Arthur Souza Lyra⁷;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/2507467174226667>

Ângelo Roncalli Oliveira Guerra⁸;

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/7353332474621022>

Edilson Marinho da Silva Júnior⁹;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/5756262238802260>

Thiago da Silva André¹⁰.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, RN.

<https://lattes.cnpq.br/4001624102117533>

RESUMO: O ensino de Engenharia Mecânica enfrenta o desafio de integrar conceitos abstratos da área térmica à prática profissional. Este trabalho apresenta o desenvolvimento

e a aplicação pedagógica de um protótipo didático de pista de gelo (Ice Rink) baseado em um ciclo de compressão de vapor. O projeto, desenvolvido no Laboratório de Energias da UFRN, visou aprimorar o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Refrigeração e Ar-Condicionado e Laboratório de Sistemas Térmicos. A metodologia envolveu três etapas: testes de desempenho operacional, implementação didática com elaboração de guias de práticas e avaliação da percepção discente. Os resultados demonstraram a viabilidade técnica do protótipo na simulação de condições reais e sua eficácia como recurso facilitador da compreensão de ciclos termodinâmicos, propriedades de fluidos e operação de máquinas térmicas. A utilização do kit didático contribuiu significativamente para o engajamento dos estudantes e a consolidação de competências técnicas essenciais para a formação do engenheiro mecânico.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Engenharia. Pista de Gelo Didática. Refrigeração.

INTEGRATION BETWEEN THEORY AND PRACTICE: DEVELOPMENT OF MECHANICAL ENGINEERING COMPETENCIES FROM A DIDACTIC ICE RINK – PART I

ABSTRACT: Mechanical Engineering education faces the challenge of integrating abstract thermal concepts with professional practice. This paper presents the development and pedagogical application of a didactic ice rink prototype based on a vapor compression cycle. The project, developed at the UFRN Energy Laboratory, aimed to improve the teaching-learning process in the disciplines of Refrigeration and Air Conditioning and Thermal Systems Laboratory. The methodology involved three stages: operational performance testing, didactic implementation with the preparation of practice guides, and evaluation of student perception. The results demonstrated the technical feasibility of the prototype in simulating real conditions and its effectiveness as a resource to facilitate the understanding of thermodynamic cycles, fluid properties, and thermal machine operation. The use of the didactic kit significantly contributed to student engagement and the consolidation of technical competencies essential for the mechanical engineer training.

KEYWORDS: Engineering Education. Didactic Ice Rink. Refrigeration.

INTRODUÇÃO

O ensino superior em Engenharia Mecânica enfrenta, atualmente, desafios relacionados à formação de profissionais capazes de articular conhecimentos teóricos com aplicações práticas em sistemas reais. As transformações recentes no cenário educacional, intensificadas pelas mudanças ocorridas no período pós-pandemia, evidenciaram a necessidade de estratégias pedagógicas que promovam maior engajamento discente e favoreçam a aprendizagem significativa.

Nesse contexto, áreas que demandam elevado nível de abstração, como a Termodinâmica e os sistemas de Refrigeração e Climatização, apresentam dificuldades

adicionais no processo de ensino-aprendizagem, sobretudo quando os conteúdos permanecem restritos à abordagem teórica.

O ensino de Termodinâmica e disciplinas correlatas frequentemente enfrenta limitações decorrentes da “falta de recursos didáticos práticos”, o que pode comprometer a compreensão de conceitos fundamentais como ciclos termodinâmicos, propriedades dos fluidos de trabalho e o funcionamento de máquinas térmicas. Essa lacuna torna-se ainda mais relevante na formação de engenheiros, uma vez que aplicações da área térmica estão presentes em praticamente todos os processos industriais.

Diante dessa problemática, a utilização de protótipos didáticos surge como uma estratégia pedagógica capaz de promover a integração entre teoria e prática. Nesse sentido, o desenvolvimento de uma pista de gelo didática baseada em um ciclo de compressão de vapor constitui uma alternativa para simular condições reais de sistemas de refrigeração em escala reduzida, utilizando componentes como compressor hermético, condensador, evaporador, válvulas e dispositivos de controle.

A compreensão aprofundada de sistemas térmicos em contextos industriais e comerciais exige que o ensino transcenda a teoria, focando em estratégias que maximizem a eficiência energética dos ciclos de refrigeração (VENTURINI; PIRANI, 2005). Essa abordagem possibilita a experimentação prática e a visualização dos fenômenos termodinâmicos envolvidos no processo.

A implementação desse protótipo apresenta especial potencial de aplicação nas disciplinas MEC1902 – Refrigeração e Ar-Condicionado e MEC1212 – Laboratório de Sistemas Térmicos, desenvolvidas no ambiente educacional da UFRN, nas quais a experimentação prática pode contribuir para o aprimoramento da compreensão de conceitos como transferência de calor, eficiência energética e desempenho de sistemas frigoríficos, podendo ser extrapolada a quaisquer outros ambientes de ensino de engenharia mecânica.

Além de facilitar a assimilação dos conteúdos, a utilização da máquina didática favorece o desenvolvimento de competências técnicas relacionadas à montagem, operação e análise de sistemas térmicos, fortalecendo a formação prática dos estudantes de Engenharia Mecânica.

OBJETIVO

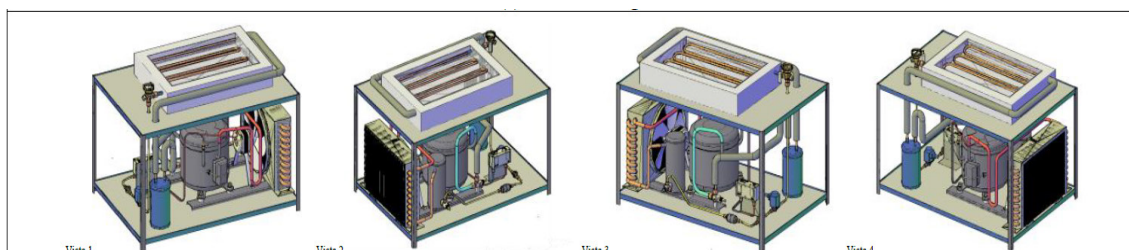
Desenvolver práticas experimentais no ensino de Engenharia Mecânica por meio de um protótipo didático de pista de gelo baseado em ciclo de compressão de vapor, promovendo a integração entre teoria e prática nas disciplinas MEC1902 – Refrigeração e Ar-Condicionado e MEC1212 – Laboratório de Sistemas Térmicos, visando ao aprimoramento da compreensão dos princípios de sistemas térmicos e de refrigeração.

METODOLOGIA

O estudo é desenvolvido no Laboratório de Energias do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde foi realizada a montagem e operação do protótipo didático de pista de gelo baseado em ciclo de compressão de vapor, composto por compressor hermético, condensador aletado, evaporador em serpentina, válvula de expansão, dispositivos de controle e instrumentação básica.

A seleção de componentes robustos e a correta aplicação de diretrizes de instalação são requisitos mandatórios para assegurar a integridade operacional e a confiabilidade de sistemas frigoríficos (DANFOSS, 2015).

Figura 1: Representação 3D do Ice-rink didático.



Fonte: Próprio autor.

A metodologia segue três etapas principais. Inicialmente, são realizados testes de desempenho do protótipo, avaliando parâmetros operacionais e a formação de gelo na superfície do evaporador, bem como indicadores de eficiência térmica e energética do sistema.

Em seguida, ocorre a implementação didática, com elaboração de manuais operacionais, definição de práticas experimentais relacionadas aos conteúdos das disciplinas MEC1902 – Refrigeração e Ar-Condicionado e MEC1212 – Laboratório de Sistemas Térmicos, capacitação de monitores e aplicação das atividades em ambiente de aula.

Por fim, realiza-se a etapa de avaliação e otimização, envolvendo coleta de *feedback* de docentes e discentes, análise das informações obtidas e ajustes no sistema para aprimorar seu desempenho e aplicabilidade pedagógica.

A população da pesquisa é composta por estudantes de graduação em Engenharia Mecânica matriculados nas disciplinas envolvidas, durante o período de aplicação das práticas experimentais.

Os dados são analisados por meio de interpretação descritiva dos resultados experimentais e da percepção dos participantes quanto à contribuição do protótipo para a compreensão dos conteúdos culminando no desenvolvimento de competências específicas da engenharia mecânica relacionadas.

No que se refere aos aspectos éticos, a participação dos estudantes ocorre de forma voluntária e exclusivamente para fins pedagógicos e acadêmicos, sem identificação individual nas análises apresentadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A conclusão das etapas de desenvolvimento técnico e pedagógico do protótipo resultou em indicadores que comprovam a eficácia da pista de gelo como ferramenta de auxílio ao ensino de Engenharia Mecânica.

Os resultados da aplicação da máquina didática podem ser apresentados com a consolidação de atividades tais quais:

Teste de Desempenho Técnico e Operacional do Protótipo

- **Estanqueidade e Integridade:** A aplicação de testes com nitrogênio e o processo de desidratação via bomba de vácuo garantiram a ausência de vazamentos e a remoção de umidade, fundamentais para a durabilidade do compressor hermético.
- **Comportamento do Fluido:** A carga controlada de fluido refrigerante R22 permitiu que o sistema operasse dentro dos parâmetros de pressão e temperatura projetados, com o ajuste fino da válvula de expansão termostática.

O monitoramento rigoroso das variáveis de estado e o ajuste preciso dos dispositivos de expansão são fundamentais para que o sistema opere em conformidade com as curvas de desempenho projetadas (STOECKER; JABARDO, 2002).

- **Formação de Gelo e Eficiência:** Observou-se a formação homogênea de gelo sobre a superfície do evaporador em serpentina, validando os cálculos de transferência de calor e os indicadores de eficiência térmica previstos no dimensionamento.

A análise da formação da camada de gelo sobre superfícies resfriadas permite a verificação direta dos mecanismos de transferência de calor por condução e convecção inerentes ao projeto térmico (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

Integração Pedagógica e Produtos Didáticos

A implementação didática resultou em uma infraestrutura permanente para o Laboratório de Energias da UFRN. Como produtos diretos da execução, destacam-se:

- **Material Instrucional:** Desenvolvidos como manuais e guias didáticos e apresentações que orientam os discentes em procedimentos de montagem, operação e segurança do equipamento, conforme ilustração da Figura 2.

Figura 2: Material instrucional desenvolvido para aplicação conjunta com o Ice-rink didático.

The figure displays 14 instructional slides arranged in a 4x4 grid. The slides are numbered 1 through 14 and cover the following topics:

- Slide 1:** Aula Prática - Diagrama de Mollier (Prática 1 - Exercício 1.1). Includes a Mollier diagram and a list of objectives.
- Slide 2:** Identificação. Discusses refrigeration systems and objectives.
- Slide 3:** Propriedades Termodinâmicas. Discusses thermodynamic properties and includes a Mollier diagram.
- Slide 4:** Ciclo de refrigeração ideal (componentes e processos). Discusses the ideal refrigeration cycle and includes a diagram.
- Slide 5:** Equações de Estado. Discusses state equations and includes a Mollier diagram.
- Slide 6:** Equações de Estado. Discusses state equations and includes a Mollier diagram.
- Slide 7:** Equações de Estado. Discusses state equations and includes a Mollier diagram.
- Slide 8:** Equações de Estado. Discusses state equations and includes a Mollier diagram.
- Slide 9:** Equações de Estado. Discusses state equations and includes a Mollier diagram.
- Slide 10:** Coeficiente de Performance - COP. Discusses COP and includes a Mollier diagram.
- Slide 11:** Coeficiente de Performance - COP. Discusses COP and includes a Mollier diagram.
- Slide 12:** Coeficiente de Performance - COP. Discusses COP and includes a Mollier diagram.
- Slide 13:** Quiz - Kahoot. Includes a Kahoot quiz interface.
- Slide 14:** Referências. Lists references for the course material.

Fonte: Próprio autor.

- **Roteiros de Práticas Experimentais:** Elaboração de roteiros específicos que abordam conteúdos de Termodinâmica e Refrigeração, como o cálculo do Coeficiente de Performance (COP) e análise de ciclos reais.

Figura 3: Exemplo de Plano de Aula desenvolvido para utilização em conjunto com a máquina didática.

PLANO DE AULA 1 – Tema: Diagrama de Mollier (P_{xh})

Curso/Módulo/Componente curricular:	Modalidade:	Horário de realização:
MEC1902 – Refrigeração e Ar-Condicionado	Disciplina	A definir.
Docente:	Carga horária:	Período:
Wertson da Silva Resende	60h	A definir

Objetivo Geral:
Identificar, reconhecer os processos, plotar e analisar o comportamento do ciclo de refrigeração a compressão de vapor simples no diagrama Pressão vs. Entalpia (P _{xh}), Diagrama de Mollier.
Objetivos Específicos:
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os diagramas P_{xh}; • Reconhecer os processos e as regiões de estado no diagrama P_{xh}; • Plotar o ciclo básico (compressão de vapor simples) ideal no diagrama de Mollier a partir de medições realizadas na máquina didática; • Determinar por meio de cálculos o parâmetro de eficiência/performance do ciclo.

AULA Nº	ELEMENTO DE COMPETÊNCIA	CARGA HORÁRIA		CONTEUDO FORMATIVO	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO (DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PRÁTICAS)	RECURSOS DIDÁTICOS	PROCESSO AVALIATIVO
		T	P				
01	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica parâmetros/propriedades em representações gráficas; • Nomeia o conjunto de equações e estados; • Emprega e manipula equações de estado; • Avalia resultados e estima desempenho; 	12min	3min	Diagrama de Mollier (P_{xh}): <ul style="list-style-type: none"> • Propriedades termodinâmicas no diagrama (linhas); • Ciclo de refrigeração ideal (componentes); • Processos do ciclo ideal no diagrama P_{xh}; • Equações de estado; • Coeficiente de Performance – COP. 	Aula expositiva em quadro branco e tela de projeção, com aplicações do software <i>Coolpack</i> e <i>RefTools</i> (Danfoss): <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação inicial - Contextualização; • Apresentação do diagrama como o "GPS" do sistema a partir de questões motivadoras: O que ocorre com a entalpia no compressor e no dispositivo de expansão? E com a pressão e temperatura no condensador e no evaporador? • Demonstração dos processos e plotando o ciclo no diagrama P_{xh}: Compressão (Δh, ΔP, ΔT, S_{in}), Condensação (P_{sa}, T_{sa}, Δh), Expansão (h_{sa}, ΔP, ΔT) e Evaporação (P_{sa}, T_{sa}, Δh); • Apresentando as equações de estado; • Cálculo rápido do COP com valores fornecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro branco e pincéis; • Computador/Notebook; • Projetor multimídia e tela de projeção; • Software <i>CoolPack</i>; • Aplicativo <i>RefTools</i> (Danfoss); • Diagrama P_{xh} impresso; • <i>Kahoot!</i> (QUIZ online); 	Diagnóstica: <ul style="list-style-type: none"> • Arguição oral sobre conhecimentos prévios de termodinâmica e fluidos; Formativa: <ul style="list-style-type: none"> • Acompanhamento do raciocínio lógico durante a exposição de exercícios de cálculo; Somativa: <ul style="list-style-type: none"> • Participação e Nº de acertos no <i>Kahoot!</i>.

Referências:							
<ul style="list-style-type: none"> • COOLPACK, SOFTWARE. "Software Coolpack Version 1.50, 2000-2010". Disponível em: <https://www.ipu.dk/products/coolpack/>. Acesso em: 20 fev.2026. • COSTA, Ennio. Cruz da. Refrigeração. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 322 p. • DANFOSS. <i>Ref Tools</i>. Versão 4.1.2. <i>Nordborg</i>. Dinamarca: Danfoss A/S, 2026. Aplicativo móvel. Disponível em: https://www.danfoss.com/pt-br/service-and-support/downloads/ref-tools/. Acesso em: 20 fev. 2026. • RESENDE, Wertson da Silva; BARBOSA, Cleiton Rubens Formiga; LIMA, Álvaro Augusto Soares; GUERRA, Ângelo Roncalli Oliveira; SOUZA, Sandi Itamar Schafer de. Projeto de sistema de refrigeração didático para geração de uma pista de gelo – <i>Ice rink</i>: parte 1. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA – CONEM, 12., 2024, Natal. Anais... Rio de Janeiro: ABCM, 2024. v. 1. • SILVA, Josué Graciliano da. Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. São Paulo: Artliber, 2011. • STOECKER, Wilbert F.; JABARDO, José Maurício Simões. Refrigeração industrial. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2002. 371 p. 							

Fonte: Próprio autor.

- **Capacitação:** Monitores e docentes treinados para a operação do kit, assegurando o suporte técnico necessário durante as aulas práticas das disciplinas MEC1902 e MEC1212.

Avaliação da Aprendizagem e Impacto Acadêmico

Essa Etapa permite mensurar a percepção discente e a eficácia pedagógica através de *feedbacks* e registros de desempenho:

- **Engajamento e Abstração:** O uso do protótipo reduz a dificuldade de compreensão de conceitos abstratos de sistemas térmicos, permitindo que os estudantes “visualizem” os fenômenos de mudança de fase e transferência de calor em tempo real.
- **Desenvolvimento de Competências:** Além do conhecimento teórico, os alunos demonstraram evolução em habilidades práticas de engenharia, ao realizarem práticas de instrumentação, medição, cálculos de parâmetros, ajustes e apliquem soluções para de problemas funcionais simulados no sistema real.
- **Indicadores de Retenção:** Pode observar-se assim uma tendência de redução nas

taxas de reprovação e retenção nas disciplinas atendidas, evidenciando que a metodologia ativa potencializa a assimilação dos conteúdos.

A documentação técnica final, que inclui o modelo CAD 3D e os relatórios de testes operacionais, serve agora como base para futuras expansões do projeto e pesquisas em eficiência energética no Departamento de Engenharia Mecânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução deste projeto demonstrou que a utilização de um protótipo didático de pista de gelo é uma estratégia pedagógica eficaz para mitigar o distanciamento entre a teoria e a prática no ensino superior de Engenharia Mecânica.

A transposição dos conceitos de termodinâmica e ciclos de refrigeração para um sistema físico real permitiu que os discentes visualizassem fenômenos complexos, como a mudança de fase do fluido refrigerante e a transferência de calor por condução e convecção.

Os resultados evidenciaram que a implementação das práticas experimentais nas disciplinas MEC1902 e MEC1212 da UFRN promoveu não apenas o domínio técnico dos componentes (compressor, condensador, evaporador e dispositivos de expansão), mas também o desenvolvimento de competências transversais, como o raciocínio lógico para diagnóstico de sistemas e a análise de eficiência energética.

A formação sólida de técnicos e engenheiros na área de refrigeração depende da capacidade de correlacionar fenômenos de mudança de fase com as exigências práticas de sistemas de climatização contemporâneos (WIRZ, 2011).

Conclui-se que o protótipo cumpre seu papel como ferramenta de aprendizagem significativa, fornecendo ao laboratório uma infraestrutura versátil que pode ser utilizada para futuras pesquisas em otimização térmica e novos métodos de ensino baseados em projetos.

REFERÊNCIAS

- ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**: uma abordagem prática. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2012. 1018 p.
- COOLPACK. **Software CoolPack version 1.50**, 2000-2010. Disponível em: <https://www.ipu.dk/products/coolpack/>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- COOLSELECTOR®2. **Banco de dados 110**: *software Coolselector®2, version 5.4.5.758*, 1990-2024. Disponível em: <https://www.danfoss.com/pt-br/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2/>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- COSTA, E. C. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 322 p.
- DANFOSS. **Instruções de instalação**: recomendações e instruções para o instalador. São Paulo: Danfoss A/S – Refrigeration & Air Conditioning Division, 2015. 202 p.
- RESENDE, W. S. *et al.* **Retrofitting** de sistema de refrigeração de pista de gelo didática para operação com fluido secundário. In: BRITO, H. C. (org.). **Retrofitting de sistema de refrigeração de pista de gelo didática para operação com fluido secundário**. 1. ed.

Campina Grande: Editora Amplla, 2024. v. 2, p. 91-106.

RESENDE, W. S. *et al.* *Educational refrigeration system project for the generation of an ice rink: part 1.* In: PERBICHE, J. P. (org.). ***The concepts and advancements related to exact sciences***. 2. ed. São José dos Pinhais: Editora *Brazilian Journal*, 2024. v. 1, p. 1-68.

RESENDE, W. S. *et al.* *Educational refrigeration system project for the generation of an ice rink: part 2.* In: PERBICHE, J. P. (org.). ***The concepts and advancements related to exact sciences***. 2. ed. São José dos Pinhais: Editora *Brazilian Journal*, 2024. v. 1.

STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. S. **Refrigeração industrial**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2002. 371 p.

VENTURINI, O. J.; PIRANI, M. J. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2005. 316 p.

WIRZ, D. **Refrigeração comercial para técnicos em ar-condicionado**. Tradução da 2. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 479p.