

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL BARBOSA TADANO  
JULIA MATOSO MARTINS**

**ESTUDO DE CASO DA REESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA  
GELADA COM TERMOACUMULAÇÃO SOB A VISÃO DA EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA**

**PONTA GROSSA**

**2025**

**GABRIEL BARBOSA TADANO  
JULIA MATOSO MARTINS**

**ESTUDO DE CASO DA REESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA  
GELADA COM TERMOACUMULAÇÃO SOB A VISÃO DA EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA**

**Case Study of the Restructuring of the Chilled Water System with  
Thermal Accumulation from the Perspective of Energy Efficiency**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Elétrica, da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador(a): Murilo Oliveira Leme

**PONTA GROSSA  
2025**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL BARBOSA TADANO  
JULIA MATOSO MARTINS**

**ESTUDO DE CASO DA REESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA  
GELADA COM TERMOACUMULAÇÃO SOB A VISÃO DA EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Elétrica, da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Murilo Oliveira Leme

Data de aprovação: 09 de dezembro de 2025

---

Prof. MSc. Edison Luiz Salgado Silva  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. MSc Percio Luiz Karam de Miranda  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Murilo Oliveira Leme  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA  
2025**

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, pelo apoio incondicional e incentivo em cada etapa desta jornada, e aos amigos que estiveram presentes nos momentos mais desafiadores. Estendemos também nossa gratidão aos professores e orientadores, cuja dedicação e conhecimento foram fundamentais para nossa formação acadêmica.

## RESUMO

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre a reestruturação do sistema de água gelada na unidade Lactalis do Brasil, localizada em Carambeí – PR, com foco na eficiência energética. O setor industrial responde por cerca de 35% do consumo elétrico nacional, sendo a refrigeração responsável por até 40% da demanda em plantas lácteas, o que reforçou a relevância do tema. A intervenção consistiu na retirada de sete bombas de repressurização dedicadas, com potência total de 100 CV, e na adoção de um sistema de termoacumulação com bombeamento centralizado, visando reduzir perdas por superdimensionamento e vazamentos em gaxetas. A metodologia utilizada foi um estudo de caso aplicado, com análise comparativa entre o sistema anterior e o atual, baseada em dados reais de consumo energético, custos operacionais e indicadores de desempenho. Após a implementação, verificou-se redução de aproximadamente 67,6% no consumo elétrico das bombas utilizadas para pressurização no setor analisado, passando de 444.709,44 kWh para 143.856 kWh anuais, o que representou economia significativa nos custos operacionais e eliminação de despesas com manutenção preventiva. Essa redução contribuiu para mitigação de cerca de 12,85 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, reforçando os benefícios ambientais da intervenção. O investimento total para implementação da solução foi de R\$ 4.805.982,05, com tempo de retorno estimado em 15,06 anos, equivalente a aproximadamente 38% da vida útil projetada do sistema, assegurando viabilidade econômica e fluxo de caixa positivo por mais de duas décadas. Além da economia direta, a simplificação do circuito hidráulico melhorou o fator de carga e reduziu a demanda contínua, aumentando a estabilidade do sistema elétrico da planta. Concluiu-se que a integração de sistemas de termoacumulação à refrigeração industrial constituiu uma estratégia técnica viável, economicamente atrativa e ambientalmente responsável, alinhada às práticas de gestão energética e às metas nacionais de eficiência. Os resultados obtidos demonstraram que intervenções estruturais bem planejadas podem gerar ganhos expressivos em sustentabilidade e competitividade para o setor lácteo, consolidando a importância da adoção de tecnologias que promovam redução de consumo e impactos ambientais.

Palavras-chave: eficiência energética; termoacumulação; refrigeração industrial; indústria de laticínios; análise de retorno de investimento.

## ABSTRACT

This paper presented a case study on the restructuring of the chilled water system at the Lactalis do Brazil plant, located in Carambei – PR, with a focus on energy efficiency. The industrial sector accounts for approximately 35% of national electricity consumption, with refrigeration responsible for up to 40% of the demand in dairy plants, which reinforced the relevance of the subject. The intervention consisted of removing seven dedicated repressurization pumps, with a total power of 100 HP, and adopting a thermal storage system with centralized pumping, aiming to reduce losses caused by oversizing and mechanical seal leakage. The methodology applied was a practical case study, with a comparative analysis between the previous and the current system, based on real data on energy consumption, operating costs, and performance indicators. After implementation, a reduction of approximately 67.6% in the energy consumption of the repressurization pumps in the analyzed sector was verified, decreasing from 444,709.44 kWh to 143,856 kWh per year, which represented significant savings in operating costs and the elimination of preventive maintenance expenses. This reduction contributed to the mitigation of around 12.85 tons of CO<sub>2</sub> per year, reinforcing the environmental benefits of the intervention. The total investment for implementing the solution was R\$ 4,805,982.05, with a payback time of 9.78 years, equivalent to approximately 24% of the system's projected lifespan, ensuring economic feasibility and positive cash flow for more than three decades. In addition to direct savings, the simplification of the hydraulic circuit improved the load factor and reduced continuous demand, increasing the electrical stability of the plant. It was concluded that integrating thermal storage systems into industrial refrigeration is a technically viable, economically attractive, and environmentally responsible strategy, aligned with energy management practices and national efficiency goals. The results obtained demonstrated that well-planned structural interventions can generate expressive gains in sustainability and competitiveness for the dairy sector, consolidating the importance of adopting technologies that promote consumption reduction and environmental impact mitigation.

Keywords: energy efficiency; thermal storage; industrial refrigeration; dairy industry; return on investment analysis.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>15</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Evolução da Energia Elétrica no Brasil .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Eficiência Energética.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Políticas e Programas de Eficiência Energética no Brasil .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Gestão Energética e ISO 50001 .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Emissão de Carbono Associada ao Consumo de Energia Elétrica..</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Eficiência Energética na Indústria.....</b>	<b>22</b>
2.6.1 Indústria de Laticínios e Consumo de Energia .....	23
2.6.2 Sistema de Refrigeração Industrial .....	24
<b>2.7 Termoacumulação e Sistemas Diretos de Refrigeração .....</b>	<b>26</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Localização .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Caracterização do sistema antigo .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3 Caracterização do sistema atual .....</b>	<b>32</b>
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Cálculo de consumo e despesas energéticas.....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Consumo diário.....	34
4.1.2 Custo .....	34
<b>4.2. Comparação fornecida pela empresa .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Emissão de carbono.....</b>	<b>36</b>
<b>4.4 Análise de resultados.....</b>	<b>36</b>
4.4.1 Análise de Retorno do Investimento (Payback).....	37
<b>4.5 Eficiência Energética Resultante da Intervenção .....</b>	<b>38</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>6.1 REFERENCIAS IMAGENS .....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica tem apresentado crescimento exponencial em todo o mundo. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), esse aumento é impulsionado por fatores como digitalização, industrialização e transição energética (IEA, 2024). No Brasil, conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2034), elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de eletricidade cresce cerca de 3,4% ao ano, com destaque para o setor industrial (MME/EPE, 2024).

Estamos cada vez mais buscando inovações que entreguem alto rendimento combinado com sustentabilidade. Essa crescente demanda se deve também ao seu maior consumidor, o setor industrial, que acompanha essa tendência. A indústria brasileira consome cerca de 40% da eletricidade do país, segundo dados da EPE (2023). No Brasil, podemos destacar o setor de alimentos e bebidas, que representa aproximadamente 36,4% do consumo energético industrial, conforme o Balanço Energético Nacional citado pela Fispal Tecnologia (2024).

Não podemos falar em intensidade de processos sem pontuar o segundo maior ramo da indústria de alimentos e bebidas, o setor de laticínios, que se destaca por seus vários processos como aquecimento, pasteurização e, principalmente, refrigeração. De acordo com estudo da UNICAMP, a refrigeração representa um dos maiores custos de operação para as empresas de laticínios, sendo essencial para garantir a qualidade e a segurança dos produtos em todas as etapas de produção (KAWANO, 2012).

Diante desse cenário, surge a necessidade de buscar a eficiência energética, que nada mais é do que produzir com menos energia empregada. Essa prática resulta em economia, sustentabilidade e maior competitividade para a indústria (TENFEM, 2023). Ela pode ser obtida por meio de ideias simples, inovação tecnológica, troca de equipamentos e, no nosso caso, pela retirada deles. São ações voltadas à eficiência energética que acabam resultando em menores demandas de energia.

Nesse contexto de inovação e refrigeração, temos o termoacumulador, um sistema de refrigeração secundária que otimiza o uso de energia, concentrando a maior parte do seu funcionamento para períodos fora do horário de ponta. Esse

sistema armazena energia térmica para ser utilizada em períodos de maior consumo, reduzindo significativamente os custos operacionais (FREITAS, 2012).

Nosso objeto de estudo, a Lactalis do Brasil, a maior empresa do setor de laticínios do país, responsável pela produção de diversas marcas (Figura 1), mais especificamente a unidade de Carambeí – Paraná, utiliza essa tecnologia para garantir economia na refrigeração de seus processos. Segundo informações divulgadas pelo Governo do Paraná e pela própria empresa, a unidade é um polo estratégico da marca Batavo e investe fortemente em eficiência energética.



**Figura 1 – Imagem institucional das marcas Lactalis Brasil.**

Fonte: Lactalis do Brasil (2025).

No entanto, o sistema já passou por uma simplificação inicial, com a remoção de algumas bombas na etapa de repressurização na sala de bombas, responsável por enviar a água gelada até as linhas de produção. Essa intervenção preliminar visa reduzir o gasto adicional relacionado ao consumo de energia elétrica e à demanda de manutenção desses equipamentos.

O trabalho caracteriza-se como um estudo de caso aplicado, uma vez que se baseia na análise de um sistema real em operação, pertencente a uma indústria de laticínios de grande porte. Essa abordagem permite compreender com profundidade as variáveis envolvidas e os impactos práticos das modificações propostas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Estudo de caso da retirada de bombas de repressurização e utilização de um sistema de termoacumulação direto na empresa Lactalis, unidade de Carambeí-PR, avaliando o impacto no consumo de energia.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos serão realizados em conjunto para que o objetivo geral seja concluído com excelência, sendo eles:

- i) Caracterizar o funcionamento com uso das bombas dedicadas da refrigeração usada na Lactalis unidade de Carambeí;
- ii) Apresentar dados do sistema anterior;
- iii) Caracterizar o sistema atual (direto) da refrigeração;
- iv) Apresentar dados do sistema atual após a retirada das bombas;
- v) Calcular os consumos dos dois sistemas (o antigo onde existiam bombas de repressurização e o novo onde é adotado o sistema de termoacumulação direto);
- vi) Analisar comparativamente o consumo energético dos dois sistemas (o antigo onde existiam bombas de repressurização e o novo onde é adotado o sistema de termoacumulação direto);
- vii) Demonstrar os ganhos energéticos adquiridos com a mudança do sistema.

## **1.2 Justificativa**

Segundo Gil (2008) o estudo de caso é indicado quando se busca investigar fenômenos contemporâneos em seu contexto real, utilizando múltiplas fontes de evidência. Assim, a metodologia empregada neste trabalho visa compreender o comportamento energético do sistema de refrigeração sob duas condições distintas.

Com nosso estudo, podemos acompanhar de perto a eficiência energética através de uma ação na indústria. A Unidade de Carambeí do Grupo Lactalis, através de seu projeto de modernização, realizou a remoção das bombas de repressurização, dedicadas as linhas de produção do setor da mercearia, do sistema de refrigeração, tornando um sistema de termoacumulação de distribuição direta, assim, simplificando o processo enquanto reduz o consumo de energia elétrica necessário na refrigeração.

Essa aplicação real e recente dos princípios de gestão energética, baseada na norma ISO 50001, que reflete o movimento global de otimização de processos de alto consumo energético.

Além disso, a refrigeração é reconhecida como um dos sistemas mais intensivos em consumo de energia, podendo representar até 40% do consumo total em uma planta (KAWANO, 2012; LAWDER, 2012; SOARES, 2020). Visando a sustentabilidade, economia e competitividade no setor, qualquer melhoria implementada dessa área, tem um impacto direto nesses objetivos.

Com isso, esse estudo de caso é de grande relevância para a formação do engenheiro eletricista.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Evolução da Energia Elétrica no Brasil

A trajetória da energia elétrica no Brasil remonta ao final do século XIX, quando, em 1879, ocorreu a primeira demonstração pública de iluminação elétrica no país, na Estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, no Rio de Janeiro, por iniciativa do imperador D. Pedro II, em parceria com Thomas Edison (EMBRASUL, 2024). A partir desse marco, o país iniciou uma jornada de expansão e modernização do setor elétrico.

Durante o século XX, o Brasil consolidou sua matriz energética com forte predominância da geração hidrelétrica, aproveitando seu vasto potencial hídrico. A construção de grandes usinas, como Itaipu, marcou uma fase de investimentos em infraestrutura e integração nacional. No entanto, essa expansão também trouxe desafios socioambientais, como o impacto de políticas imediatistas voltadas ao crescimento econômico, muitas vezes em detrimento de aspectos ambientais e sociais (BORGES, 2021).

A partir da década de 1990, o setor passou por profundas transformações com a privatização de empresas estatais, a criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE) e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), além da regulamentação do setor pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (ANEEL, 2024). Essas mudanças visaram aumentar a eficiência, promover a modicidade tarifária e garantir segurança no suprimento.

Em 2004, foi instituído o Novo Modelo do Setor Elétrico, que separou os ambientes de contratação regulada (ACR) e livre (ACL), permitindo maior flexibilidade na negociação de energia entre geradores e consumidores (ANEEL, 2024). Atualmente, o Brasil é um dos líderes mundiais em geração de energia renovável, com cerca de 75% da matriz elétrica composta por fontes sustentáveis, como hídrica, solar e eólica (ESFERA ENERGIA, 2021).

Esses avanços refletem uma evolução contínua, marcada por desafios técnicos, políticos e ambientais, mas também por conquistas significativas em termos de cobertura, qualidade e sustentabilidade do fornecimento de energia elétrica.

## 2.2 Eficiência Energética

A eficiência energética pode ser compreendida como o uso racional da energia, buscando manter o nível de desempenho com menor consumo de recursos. Mais do que apenas economizar eletricidade, ela representa uma mudança de mentalidade sobre a forma de produzir e consumir energia, tornando-se um dos pilares do desenvolvimento sustentável. Essa abordagem visa atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras, conciliando crescimento econômico e preservação ambiental (MME, 2023; PROCEL, 2018).

De acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), a eficiência energética tem como propósito reduzir desperdícios, otimizar processos e incentivar o uso consciente da eletricidade. Por essa razão, é considerada o “primeiro combustível” da transição energética, já que promove economia sem a necessidade de ampliar a geração (PROCEL, 2018; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2023).

Do ponto de vista técnico, a eficiência energética é expressa pela relação entre a energia útil e a energia consumida. Quanto maior essa relação, mais eficiente é o sistema. Entretanto, alcançar níveis elevados de eficiência não depende apenas de equipamentos modernos. Planejamento, operação adequada, manutenção preventiva e capacitação dos profissionais envolvidos são fatores igualmente determinantes (ELETROBRAS, 2012).

Além dos ganhos econômicos, a eficiência energética traz benefícios ambientais e sociais. A redução do consumo elétrico diminui a pressão sobre o sistema elétrico nacional, evita investimentos adicionais em geração e reduz as emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, a eficiência energética é uma ferramenta essencial na busca por uma matriz energética mais limpa, segura e equilibrada (MME, 2023; PROCEL, 2018).

A Engenharia Elétrica tem papel central nesse processo, especialmente no diagnóstico e na implementação de soluções técnicas voltadas à melhoria do desempenho energético. O profissional dessa área atua desde o dimensionamento de sistemas até o monitoramento de indicadores de eficiência, contribuindo para a redução de custos operacionais e para a sustentabilidade das operações (ELETROBRAS, 2012).

### **2.3 Políticas e Programas de Eficiência Energética no Brasil**

A busca pela eficiência energética no Brasil ganhou força a partir da década de 1980, quando o crescimento da demanda elétrica e as limitações na expansão da oferta impulsionaram políticas de racionalização do consumo. Nesse contexto, em 1985 foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado atualmente pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobras, com o objetivo de promover o uso eficiente da eletricidade e reduzir desperdícios em diversos setores da economia (PROCEL, 2018; ELETROBRAS, 2012). No âmbito industrial, o PROCEL atua na substituição de motores ineficientes, automação de sistemas e melhoria de processos térmicos e de refrigeração.

A eficiência energética consolidou-se como política pública estruturada ao longo das décadas, refletindo o reconhecimento de que essa prática não constitui apenas mecanismo de economia, mas elemento estratégico para segurança energética e modernização tecnológica (MME, 2024). Entre os principais avanços regulatórios destaca-se o Programa de Eficiência Energética (PEE), regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desde 2000, que determina que concessionárias de distribuição invistam anualmente parte de sua receita operacional líquida em projetos de eficiência junto a consumidores finais (ANEEL, 2023). As ações do PEE têm possibilitado modernizações em setores industriais, edifícios públicos e saneamento, fortalecendo a adoção de práticas sustentáveis e de otimização energética.

Além dos programas nacionais, o país se alinha a diretrizes internacionais por meio da Norma ISO 50001, referência global para Sistemas de Gestão de Energia (SGE), que orienta o monitoramento contínuo do desempenho energético e integração da eficiência à gestão corporativa. Assim, a evolução do arcabouço institucional forneceu bases metodológicas para diagnósticos técnicos, análises comparativas e implementação de melhorias em processos industriais, contribuindo para avanços na eficiência, redução de custos e impacto ambiental.

### **2.4 Gestão Energética e ISO 50001**

A gestão energética é o conjunto de ações voltadas ao planejamento, monitoramento e controle do uso da energia dentro de uma organização. Ela busca

não apenas reduzir o consumo e os custos associados, mas também integrar a eficiência energética à cultura de gestão corporativa, de forma contínua e sustentável. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), um Sistema de Gestão de Energia (SGE) consiste em procedimentos e atividades que tornam o consumo energético mais eficiente, promovendo economia financeira e redução das emissões de gases de efeito estufa (MME, 2023).

A norma ISO 50001 é a principal referência internacional para gestão energética, fornecendo diretrizes para implementação, manutenção e melhoria contínua do desempenho energético. Essa norma estabelece requisitos para que as organizações planejem, monitorem e otimizem sistematicamente seu consumo de energia, garantindo conformidade com políticas ambientais e metas de descarbonização (BSI, 2023; DQS, 2023). Além disso, a ISO 50001 contribui para a integração da eficiência energética à estratégia corporativa, reforçando a competitividade e a sustentabilidade (TÜV NORD, 2023).

De acordo com essa norma, publicada pela International Organization for Standardization em 2011, a gestão de energia deve seguir o ciclo de melhoria contínua (PDCA) — *Planejar, Executar, Verificar e Agir* —, permitindo que a empresa identifique suas principais fontes de consumo, estabeleça indicadores de desempenho energético (*Energy Performance Indicators – EnPIs*) e defina metas de redução.

A norma fornece uma estrutura padronizada para que empresas de qualquer porte possam implementar um Sistema de Gestão de Energia (SGE). Esse sistema envolve o comprometimento da alta direção, a definição de responsabilidades, o treinamento de equipes e o acompanhamento sistemático dos resultados (CLEAN ENERGY MINISTERIAL, 2018). A ISO 50001 é, portanto, uma ferramenta estratégica que une aspectos técnicos e administrativos, permitindo que a eficiência energética seja tratada como uma prioridade organizacional e não apenas como uma medida pontual.

Estudos de caso internacionais demonstram o impacto positivo da aplicação dessa norma. A empresa Mastellone Hnos., do grupo La Serenísima (Argentina), foi a primeira indústria de laticínios da América Latina a conquistar a certificação ISO 50001. Em apenas dois anos, o sistema permitiu uma economia acumulada de 12.600 GJ de eletricidade e uma redução de 1.750 toneladas de CO<sub>2</sub>, além da melhoria na confiabilidade operacional e na manutenção preventiva (CLEAN ENERGY MINISTERIAL, 2018).

No Brasil, iniciativas semelhantes vêm sendo promovidas por programas como o PROCEL Indústria, que incentiva empresas a adotar práticas de gestão energética baseadas em metodologias da ISO 50001. Segundo a Eletrobras (2012), organizações que implantaram sistemas formais de gestão obtiveram reduções médias de 10% a 20% no consumo de energia elétrica nos primeiros ciclos de monitoramento, evidenciando o potencial dessa abordagem.

Assim, a gestão energética deixa de ser apenas uma ferramenta de economia e se consolida como um instrumento de competitividade e sustentabilidade. No contexto industrial, ela cria as condições necessárias para o desenvolvimento de projetos de otimização (BSI, 2023).

## **2.5 Emissão de Carbono Associada ao Consumo de Energia Elétrica**

As emissões de carbono correspondem à liberação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, principalmente decorrentes da queima de combustíveis fósseis e processos industriais. Esses gases intensificam o efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global e seus impactos, como eventos climáticos extremos e perda de biodiversidade, o que torna essencial a redução dessas emissões para garantir sustentabilidade e mitigar mudanças climáticas (INNAMA).

Embora o setor elétrico brasileiro apresente uma matriz predominantemente renovável, ele ainda contribui de forma relevante para as emissões de GEE. Em 2023, essas emissões atingiram os menores níveis desde 2012, resultado da maior participação de fontes limpas, como hidrelétrica, eólica e solar (PORTAL SUSTENTABILIDADE, 2024). Contudo, períodos de escassez hídrica aumentam a dependência de termelétricas, elevando o fator de emissão (SANQUETTA et al., 2017).

O fator de emissão representa a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada por unidade de energia gerada. Em 2010, o fator médio brasileiro era de 0,0512 tCO<sub>2</sub>/MWh, chegando a 0,1355 tCO<sub>2</sub>/MWh em 2014, reflexo da crise hídrica e do maior uso de combustíveis fósseis (SANQUETTA et al., 2017). Dados recentes do MCTI indicam redução significativa: em 2025, o fator médio é de 0,0289 tCO<sub>2</sub>/MWh (MCTI, 2025).

Apesar da predominância de fontes renováveis, o setor energético respondeu por 22% das emissões nacionais em 2023, totalizando 511,3 milhões de toneladas de

CO<sub>2</sub>e (SEEG, 2024). Projeções indicam que, sem políticas adicionais, essas emissões podem crescer até 54% até 2060, devido à necessidade de termelétricas para garantir segurança energética (AURORA ENERGY RESEARCH, 2024).

O Brasil assumiu compromissos internacionais para reduzir 43% das emissões até 2030, o que exige ampliar a participação de fontes renováveis e investir em eficiência energética (PASQUAL et al., 2016). Estratégias como eletrificação de processos industriais, integração de tecnologias de armazenamento e expansão da geração solar e eólica são fundamentais para manter a matriz elétrica com baixa intensidade de carbono.

Cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de energia elétrica:

$$Emissões\ CO_2 = Fator\ de\ emissão\ médio\ \left(\frac{kgCO_2}{kWh}\right) \times consumo\ anual\ (kWh)\ (1)$$

Onde:

Consumo (MWh): quantidade de energia elétrica utilizada no período analisado.

Fator de Emissão: indica quanto CO<sub>2</sub> é emitido para gerar 1 MWh de energia elétrica, considerando a matriz elétrica brasileira.

Esse cálculo é essencial para estimar o impacto ambiental do consumo elétrico em qualquer instalação industrial.

## 2.6 Eficiência Energética na Indústria

A indústria é um dos principais setores consumidores de energia elétrica no Brasil, representando cerca de 35% do consumo nacional (ELETROBRAS/PROCEL, 2012). Essa representatividade faz do setor industrial um campo prioritário para ações de eficiência energética, com potencial significativo de economia e melhoria de desempenho operacional.

O consumo energético industrial é amplamente distribuído entre sistemas motrizes, térmicos, de refrigeração, iluminação e automação. No entanto, os sistemas motrizes — compostos por motores elétricos, ventiladores, bombas e compressores — concentram a maior parte do consumo, chegando a 70% da energia elétrica utilizada em muitas plantas fabris (PROCEL, 2018). Isso significa que pequenas melhorias nesses sistemas podem gerar impactos expressivos no consumo global.

Outro ponto fundamental é que a eficiência energética industrial não se resume à substituição de equipamentos, mas envolve uma visão sistêmica de processo. Em muitos casos, perdas de energia decorrem de desequilíbrios

hidráulicos, pressões excessivas ou fluxos desnecessários — situações que podem ser corrigidas por meio de ajustes de controle e redesenho operacional. Essa abordagem reforça a importância do engenheiro eletricista e de sua atuação no diagnóstico energético, identificando gargalos e propondo soluções sustentáveis (TENFEN, 2023)

A adoção de práticas de eficiência energética na indústria traz benefícios econômicos e ambientais diretos. Além da economia de energia, há redução nas emissões de gases de efeito estufa e melhora na competitividade empresarial. Empresas que tratam a energia como um recurso estratégico conseguem não apenas reduzir custos, mas também fortalecer sua imagem institucional e atender às exigências de sustentabilidade de um mercado cada vez mais consciente (KAWANO, B. R.; MORES, G. V.; SILVA, R. F.; CUGNASCA, C.E., 2013).

#### 2.6.1 Indústria de Laticínios e Consumo de Energia

O setor de laticínios ocupa posição de destaque na economia brasileira, representando uma das principais cadeias produtivas do agronegócio e desempenhando papel essencial no abastecimento alimentar e na geração de empregos. Segundo artigo publicado de Fundação Getúlio Vargas (KAWANO, B. R.; MORES, G. V.; SILVA, R. F.; CUGNASCA, C.E., 2013), o Brasil figura entre os maiores produtores mundiais de leite, com uma rede industrial que abrange desde pequenas cooperativas regionais até grandes multinacionais com elevado grau de automação. Essa complexa estrutura de produção, armazenagem e distribuição demanda volumes expressivos de energia elétrica e térmica, utilizados para garantir a qualidade, a segurança e a estabilidade dos produtos ao longo de todo o processo produtivo.

Nas últimas décadas, o setor lácteo brasileiro passou por um processo intenso de modernização, impulsionado pela adoção de tecnologias de automação, aumento da escala produtiva e pela necessidade de atender padrões sanitários e de qualidade cada vez mais rigorosos. Essa evolução, embora tenha ampliado a produtividade e a competitividade das empresas, também intensificou a demanda energética das plantas industriais. Processos como pasteurização, homogeneização, concentração e refrigeração passaram a depender de sistemas cada vez mais complexos, que operam continuamente e exigem controle térmico preciso (TENFEN, 2023). Essa combinação de alto desempenho e operação contínua faz com que o consumo de

energia seja um dos principais custos fixos do setor, representando parcela significativa do custo total de produção (PROCEL, 2018).

O consumo de energia em uma indústria de laticínios está diretamente ligado à natureza de seus processos, que exigem tanto calor quanto frio em diferentes etapas de produção. Os sistemas de refrigeração, aquecimento de água e força motriz concentram cerca de 80% do consumo energético total de uma planta de processamento de leite. Dentre esses, a refrigeração é o sistema mais intensivo, podendo responder por até 40% da energia elétrica consumida, devido à necessidade constante de manter temperaturas controladas em tanques, trocadores de calor e câmaras frias. Essa elevada participação se explica pelo fato de que, ao contrário de outros processos industriais que operam em ciclos, o resfriamento do leite e de seus derivados ocorre de forma contínua, 24 horas por dia, garantindo a conservação e a segurança microbiológica do produto (KAWANO, LAWDER, 2012).

O perfil de consumo energético em laticínios é fortemente influenciado por fatores como o porte da planta, a sazonalidade da produção e o nível de automação dos processos. Boa parte das perdas energéticas ocorre devido ao superdimensionamento de equipamentos, à falta de controle de vazão e à operação ineficiente de bombas e compressores, o que resulta em consumo excessivo e desgaste prematuro dos componentes. Em muitos casos, sistemas de bombeamento trabalham acima da demanda real do processo, especialmente em circuitos de água gelada, gerando desperdícios significativos (SOARES, 2020; DEBASTIANI, 2017).

### 2.6.2 Sistema de Refrigeração Industrial

Os sistemas de refrigeração industrial são fundamentais na cadeia produtiva de alimentos e bebidas, especialmente na indústria de laticínios, onde o controle térmico é essencial para garantir a qualidade, segurança e estabilidade dos produtos. A refrigeração é indispensável desde o recebimento do leite cru até o armazenamento dos produtos acabados, passando por etapas como pasteurização, fermentação e envase (DEBASTIANI, 2017). A manutenção rigorosa da temperatura é determinante para preservar as propriedades físico-químicas do leite e evitar a proliferação de micro-organismos, sendo uma das operações mais críticas da planta industrial (VAPORTEC, 2025).

Do ponto de vista técnico, os sistemas de refrigeração industrial operam majoritariamente com base no ciclo de compressão a vapor. Esse processo termodinâmico, envolve quatro componentes principais: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador. Cada um desempenha uma função específica na transformação e circulação do fluido refrigerante, permitindo a remoção de calor do ambiente ou produto e sua dissipação para o meio externo (MATSUDA,2022).

O compressor, considerado o “coração” do sistema, é responsável por succionar o refrigerante em estado gasoso, comprimindo-o e elevando sua pressão e temperatura. A escolha entre modelos como pistão, parafuso ou scroll depende da capacidade frigorífica exigida e das características da aplicação industrial. Após essa etapa, o fluido segue para o condensador, onde ocorre a troca térmica com o ambiente externo — geralmente ar ou água — promovendo a condensação do gás em líquido saturado ou sub-resfriado (MATSUDA, 2022).

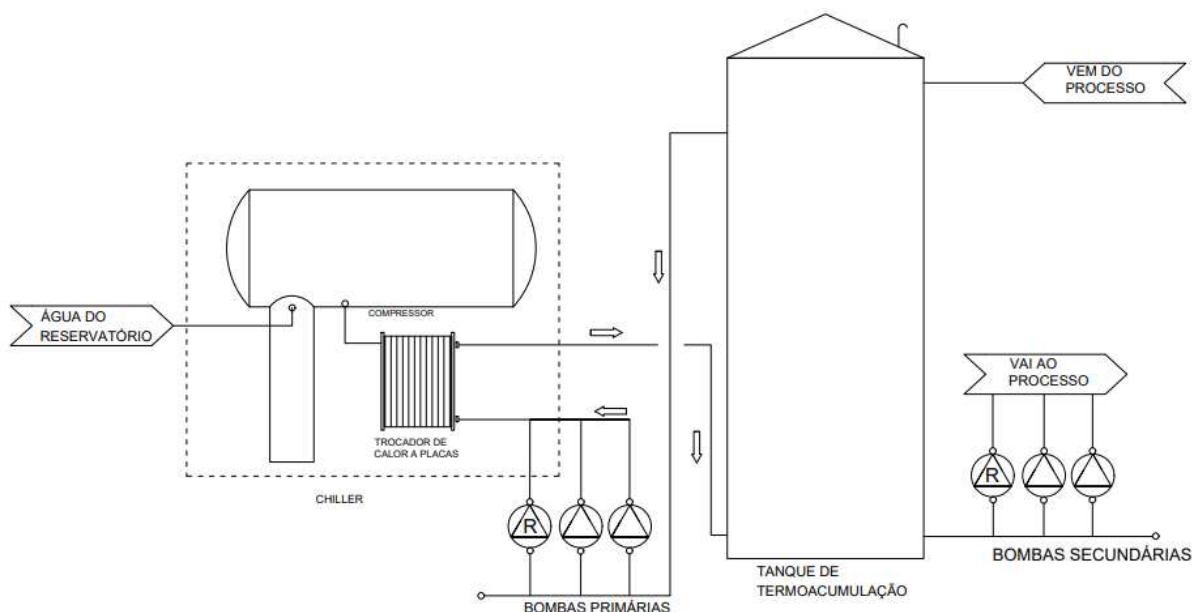
O dispositivo de expansão, que pode ser uma válvula termostática, eletrônica ou tubo capilar, atua reduzindo bruscamente a pressão do refrigerante líquido, provocando sua expansão e queda de temperatura. Essa fase prepara o fluido para absorver calor no evaporador, onde ocorre a evaporação do refrigerante em contato com o meio refrigerado, reiniciando o ciclo, chamado efeito frigorífico (MATSUDA, 2022).

Na indústria de laticínios, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) é amplamente utilizada como fluido refrigerante devido às suas excelentes propriedades termodinâmicas, como alto calor latente de vaporização (1.368 kJ/kg), elevada eficiência energética, baixo custo e impacto ambiental nulo (MTE, 2005). Embora tóxica, a amônia é considerada uma solução eficaz e sustentável para sistemas de grande porte, como câmaras frias e plantas de processamento de alimentos (TENFEN, 2023).

A eficiência energética desses sistemas é comumente avaliada por meio do Coeficiente de Performance (COP), que representa a razão entre o efeito frigorífico (calor removido) e a energia consumida pelo compressor. Fatores como temperaturas de evaporação e condensação, sub-resfriamento do líquido refrigerante e superaquecimento do vapor na sucção influenciam diretamente esse indicador (TENFEN, 2023).

## 2.7 Termoacumulação e Sistemas Diretos de Refrigeração

A termoacumulação, também conhecida como armazenamento térmico, é uma tecnologia amplamente utilizada para aumentar a eficiência energética e reduzir os custos operacionais de sistemas de refrigeração em grandes instalações industriais. Seu princípio consiste em produzir e armazenar energia térmica, na forma de água gelada ou gelo, durante períodos de menor demanda elétrica e tarifa mais baixa, para posteriormente utilizá-la nos horários de pico de consumo e tarifa elevada (FEDALTO, 2010), com funcionamento mostrado na figura 2.



**Figura 2 – Esquema de tanque de termoacumulação**

Fonte: ADAPTADO DE ALLENGE (2025).

Os sistemas de termoacumulação são especialmente vantajosos em ambientes onde há grande variação de carga térmica ao longo do dia, como edifícios comerciais, hospitais, shoppings e indústrias alimentícias. Na indústria de laticínios, a termoacumulação permite que os equipamentos de refrigeração operem de forma mais eficiente, reduzindo a demanda contratada de energia e os custos com eletricidade (TUNA, 2011).

Existem dois tipos principais de termoacumulação: por água gelada e por gelo. No sistema de água gelada, o fluido é resfriado a temperaturas próximas de 0°C e armazenado em grandes tanques, sem mudança de fase. Já no sistema de acumulação por gelo, o fluido refrigerante resfria a água até sua solidificação,

aproveitando o calor latente de fusão, o que permite armazenar até sete vezes mais energia térmica em um volume menor de tanque (ANDREOTTI et al., 2006).

No contexto dos sistemas diretos de refrigeração, o fluido refrigerante primário (geralmente amônia) entra em contato direto com os evaporadores instalados nos ambientes a serem resfriados. Essa configuração oferece alta eficiência térmica e resposta rápida às variações de carga, sendo amplamente utilizada em câmaras frias, túneis de congelamento e processos de resfriamento rápido (MATSUDA, 2022).

Por outro lado, os sistemas indiretos empregam um circuito intermediário, onde o refrigerante primário resfria um fluido secundário (como água, glicol ou salmoura), que circula pelos pontos de consumo. Essa arquitetura reduz a quantidade de refrigerante necessária, minimiza riscos operacionais (especialmente com amônia, que é tóxica), facilita a manutenção e permite maior flexibilidade no controle de múltiplas zonas térmicas (MAYEKAWA, 2020).

Fabricantes especializados, como a Mayekawa, desenvolveram sistemas específicos de termoacumulação para a indústria de laticínios, como o sistema Super Gelo, que produz gelo líquido por meio de sub-resfriamento controlado de água. Esse tipo de sistema, além de reduzir custos operacionais, melhora a qualidade do produto final ao fornecer temperaturas mais estáveis e controle preciso do resfriamento.

Um caso prático relevante é o da Laticínios Porto Alegre, em Minas Gerais, que instalou um sistema de refrigeração indireto com termoacumulação estratificada. A planta possui três tanques de acumulação, operando com temperaturas diferenciadas: um tanque de 290 m<sup>3</sup> a 0°C para o processo de fabricação, outro de 90 m<sup>3</sup> a -7°C para câmaras de armazenagem, e um terceiro de 7 m<sup>3</sup> com água quente produzida por recuperação de calor dos compressores. Esse sistema permitiu economia significativa de energia elétrica, desligando os compressores após o carregamento dos tanques e mantendo temperaturas estáveis no processo (MAYEKAWA, 2020).

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem de estudo de caso, com base em dados reais da unidade Lactalis do Brasil localizada em Carambeí – PR. A metodologia está estruturada em três etapas principais: caracterização do sistema antigo, caracterização do sistema novo e análise comparativa. O setor de utilidades disponibilizou todos os dados utilizados, referentes às bombas dedicadas de água gelada da área de Mercearia.

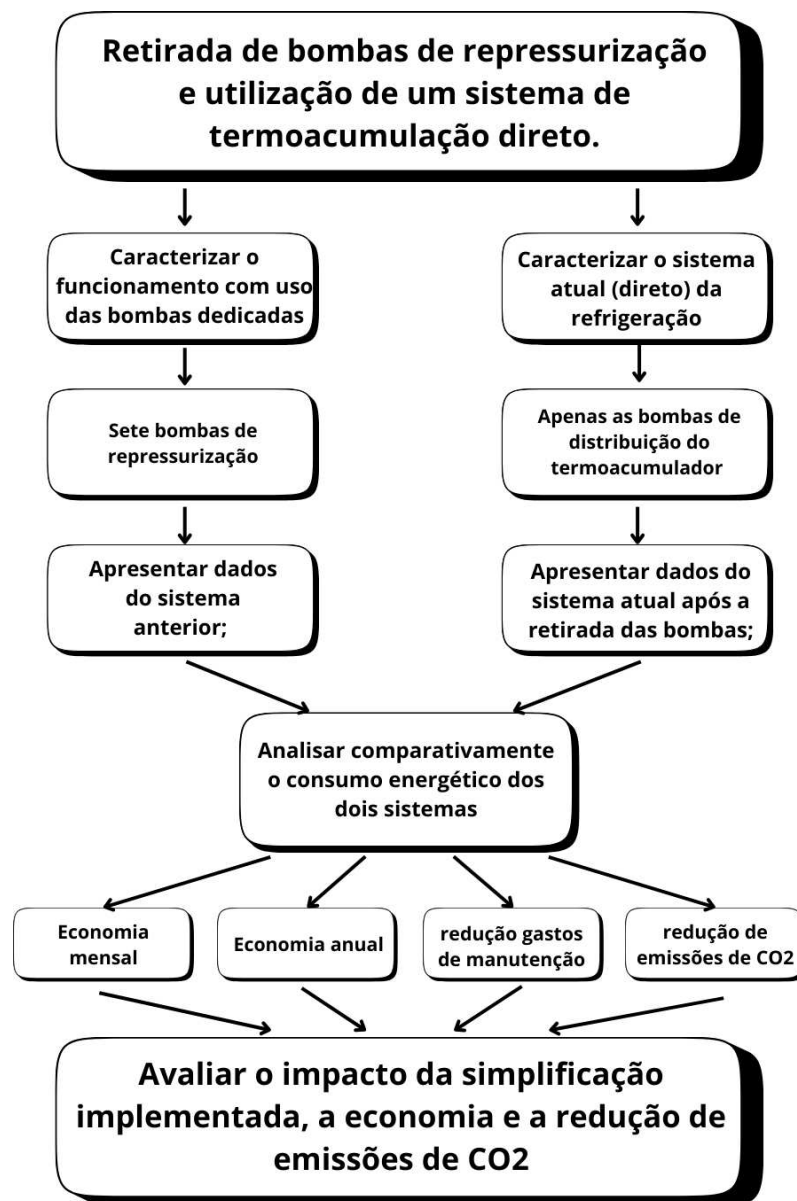
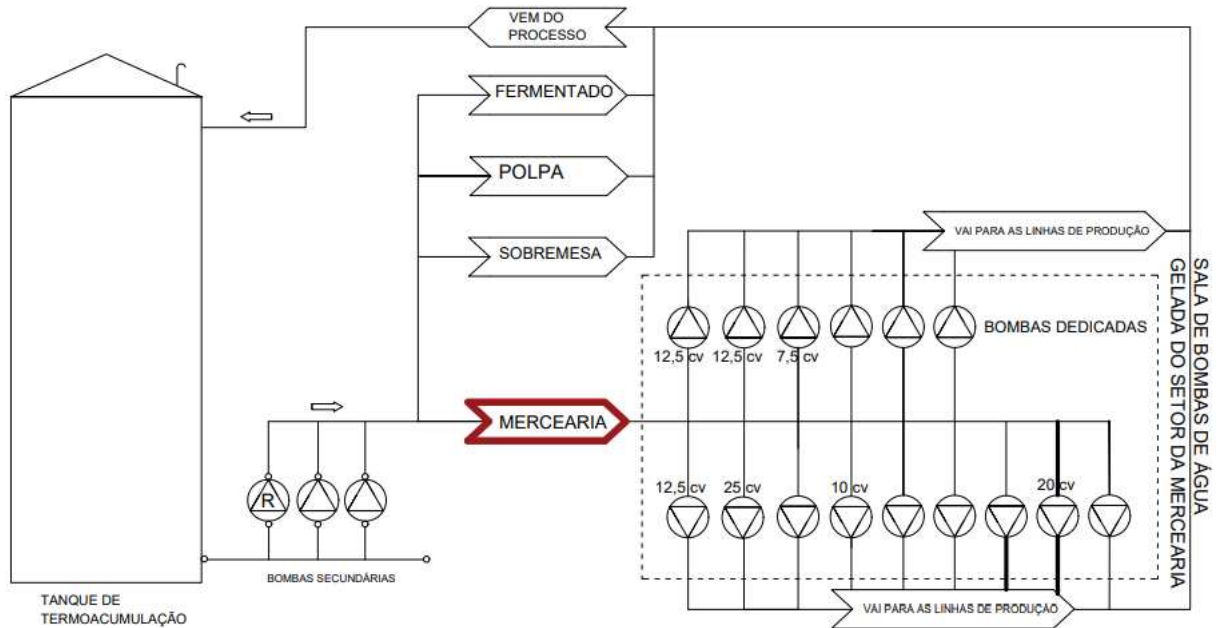


Figura 3 – Diagrama da metodologia

Fonte: Autoria Própria (2025)

### 3.1 Localização

O estudo foi realizado no setor Mercearia da unidade Lactalis em Carambeí. O foco da intervenção foi a remoção de sete bombas dedicadas dentre as 16 originalmente instaladas (figura 4).



**Figura 4 – Esquema de funcionamento do sistema de refrigeração antigo.**

Fonte: Autoria própria (2025).

No sistema antigo, a água gelada era armazenada no tanque de termoacumulação e distribuída por meio das bombas secundárias, que direcionavam o fluxo para os quatro setores produtivos. No setor Mercearia, essa água era repressurizada por bombas dedicadas, garantindo o fornecimento às linhas de produção. Após circular pelas linhas, a água retornava ao termoacumulador para ser resfriada novamente, completando o ciclo.

### 3.2 Caracterização do sistema antigo

O sistema anterior de bombeamento de água gelada era composto por 16 bombas dedicadas, todas da marca WEG, exemplo mostrado na figura 5, mas a retirada foi feita em sete delas, com potência total de 100 CV (73,53 kW).



**Figura 5 – Conjunto tubulação e bomba dedicada WEG**  
Fonte: Autoria Própria (2025)

Essas bombas operavam de forma independente para atender diferentes linhas de produção, como mistura de xarope, pasteurização de soro, ultrapasteurização de chocolate, recepção de leite e usina piloto.

<b>FUNÇÃO</b>	<b>POT.CV</b>
BBA DE ÁGUA GELADA P/ RESFR. DE XAROPE (MISTURA)	10
BBA DE ÁGUA GELADA P/ PAST. SORO E RESFR. (QUEIJO)	20
BBA DE ÁGUA GELADA P/ UTRAPAST. TUBULAR (CHOCO)	25
BBA DE ÁGUA GELADA P/ RECEPÇÃO - 01RF02	12,5
BBA DE ÁGUA GELADA P/ RECEPÇÃO - 01RF03	12,5
BBA DE ÁGUA GELADA P/ RECEPÇÃO - 01RF01	12,5
BBA DE ÁGUA GELADA P/ USINA PILOTO	7,5

**Tabela 1 – bombas dedicadas de repressurização.**

Fonte: Autoria Própria (2025)

O sistema apresentava perdas por vazamentos em gaxetas, estimadas entre 5% e 10% do volume de água gelada, e exigia manutenções preventivas frequentes.

<b>Data</b>	<b>descrição</b>	<b>custo</b>
03/04/2024	falha na bomba linha 2 refrig.	R\$ 303,16
09/05/2024	INSTALAR MOTOR	R\$ 2.923,05
20/05/2024	VALVULA ENTRADA DA BOMBA DANIFICADA	R\$ 136,18
22/05/2024	TROCAR GAXETA BB ÁGUA GELADA 80BB13	R\$ 1.929,44
19/06/2024	REVISÃO BOMBA 80BB14	R\$ 98,96
21/06/2024	TROCA DE ROLAMENTOS MOTOR	R\$ 93,30
02/07/2024	INSTALAÇÃO EXTRATOR DE AR ÁGUA GEL	R\$ 3.975,38
11/07/2024	TROCAR VALVULA 4" POLEGADAS	R\$ 882,48
26/07/2024	REVISAO DO MOTOR	R\$ 3.303,48
26/07/2024	REVISAO DO MOTOR	R\$ 3.666,36
31/07/2024	MONTAGEM BASE PARA TROCADOR CHILLER	R\$ 137,19
08/10/2024	TROCA DE ACOPLAMENTO E GAXETA	R\$ 357,12
25/10/2024	PREVENTIVA BOMBA RESERVA	R\$ 150,56
19/11/2024	REVISAO MOTOR E BOMBA 80BB08	R\$ 891,96
22/11/2024	AQ MATERIAL BB12 MERCEARIA	R\$ 433,92
04/12/2024	TROCA DE OLEO BOMBAS	R\$ 674,02
11/12/2024	MANUTENÇÃO BBS MERCEARIA	R\$ 6.813,51
26/02/2025	MOTOR BOMBA ÁGUA GELADA MERCEARIA	R\$ 2.579,12
24/03/2025	troca rolamentos do motor	R\$ 200,29
24/03/2025	troca rolamentos do motor	R\$ 309,89
30/04/2025	MANUTENÇÃO MOTOR	R\$ 4.230,77
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 34.090,14</b>
<b>MÉDIA MENSAL</b>		<b>R\$ 2.840,85</b>

**Tabela 2 – Custos de Manutenção.**

Fonte: Autoria Própria (2025)

Totalizando uma média de R\$2840,84 mensais como mostrado na tabela 2.

### 3.3 Caracterização do sistema atual

Antes era utilizado um sistema de refrigeração por banco de gelo, que foi substituído por um sistema de refrigeração com termoacumulação. Com essa troca, puderam notar que as bombas secundárias do termoacumulador já conseguiriam suprir a demanda de água gelada, sem a necessidade de repressurização, o que levou a ideia de retirada das bombas dedicadas.

A desativação das bombas dedicadas eliminou os pontos de vedação por graxetas, resultando em um sistema com tubulação direta e livre de vazamentos, como mostrado na figura 6.



**Figura 6 – Tubulação após retirada da bomba**  
Fonte: Autoria Própria (2025)

O bombeamento dessas sete linhas passou a ser realizado exclusivamente pelas bombas secundárias do termoacumulador, mostradas na figura 7, enquanto as demais nove linhas continuam operando com bombas dedicadas.



**Figura 7 – Bombas de pressurização do Termoacumulador**

Fonte: Autoria Própria (2025)

Uma das bombas é apenas reserva, enquanto as outras duas são utilizadas para levar a água gelada para a Mercearia e para os demais setores da fábrica. As bombas são do modelo W22 IR3 Premium 50 cv 4P 200L 3F. Têm 37kW de potência cada uma.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Foram utilizados os dados de potência das bombas, horas de operação, fator de carga e tarifa de energia para calcular o consumo teórico dos sistemas. Além disso, foram analisados os dados reais de consumo mensal da Mercearia antes e depois da intervenção.

### 4.1 Cálculo de consumo e despesas energéticas

#### 4.1.1 Consumo diário

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência (kW)} \times \text{Horas(H)} \times \text{Fator de Carga (2)}$$

O fator de carga é a relação entre a demanda média e a demanda máxima no mesmo período (ANEEL, 2010). Nesse caso, o fator de carga fornecido é de 0,7.

$$\text{Consumo diário} = 73,53\text{kW} \times 24\text{h} \times 0,7 \quad (2)$$

$$\text{Consumo diário} = 1235,304 \text{ kWh}$$

#### 4.1.2 Custo

$$\text{Custo (R\$)} = \text{Consumo (kWh)} \times \text{Tarifa (3)}$$

De acordo com a fatura de energia da concessionária Copel (figura 8), fornecida pela empresa, a tarifa cobrada é de R\$ 1,02819.

Itens de fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	258.618	0,079540
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	2922.318	0,079540
ENERGIA REAT EXCED TE PONTA	kWh	963	0,379076
ENERGIA REAT EXCED TE F PONTA	kWh	17.187	0,379070
DEMANDA DISTR USD PONTA	kW	5.039,16	34,642619
DEMANDA DISTR USD F PONTA	kW	5.557,44	20,221258
ENERGIA ELETRICA ACL-COM ICMS S	MWh	258,618	232,790100
ENERGIA ELETRICA ACL-COM ICMS S	MWh	2.922,318	232,790121

**Figura 8 – Relação de itens de fatura Copel**  
Fonte: Copel (2025)

Valor resultante da soma dos valores da tarifa de energia (ENERGIA ELET CONSUMO PTA de R\$ 0,07954) e a tarifa de uso do sistema de distribuição (ENERGIA ELETRICA ACL de R\$ 0,23279), assim:

PERÍODO	GASTO COM ENERGIA	CONSUMO (kWh)
Diário	R\$ 1.270,13	1235,304
Mensal	R\$ 38.103,82	37059,12
Anual	R\$ 457.245,84	444709,44

**Tabela 3 – Despesas com energia por período**  
Fonte: Autoria Própria (2025)

Acrescentamos os gastos de manutenção citados na Tabela 2:

PERÍODO	CUSTO	CUSTO DE MANUTENÇÃO	CUSTO TOTAL
Mensal	R\$ 38.103,82	R\$ 2.840,85	R\$ 40.944,67
Anual	R\$ 457.245,84	R\$ 34.090,20	<b>R\$ 491.336,04</b>

**Tabela 4 – Gasto total das bombas por período**  
Fonte: Autoria Própria (2025)

Agora temos a despesa anual total resultante das bombas do sistema anterior.

#### 4.2. Comparação fornecida pela empresa

Primeiramente podemos ver uma redução de consumo de energia de 45118 kWh no setor da Mercearia de abril para maio, quando ocorreu a retirada das bombas.

Mês	Consumo Mercearia (kWh)
Janeiro	296.715
Fevereiro	284.151
Março	289.155
Abril	283.118
Maio	238.000
Junho	242.345
Julho	220.620
Agosto	227.586
Setembro	246.962
Outubro (até dia 20/10)	145.791

**Tabela 5 – Consumo mensal do setor da mercearia**  
Fonte: Autoria Própria (2025)

Considerando as duas fornecedoras de energia:

	ABRIL	MAIO
ENGIE BRASIL ENERGIA COMERCIALIZADORA LTDA.	R\$ 558.299,78	R\$ 546.568,85
COPEL DISTRIBUIÇÃO S.A.	R\$ 740.530,01	R\$ 649.027,99
<b>TOTAL</b>	R\$ 1.298.829,79	R\$ 1.195.596,84
<b>REDUÇÃO</b>	R\$ 103.232,95	

**Tabela 6 – Comparativo entre faturas de abril e maio**

Fonte: Autoria Própria (2025)

Vemos o impacto nas faturas de energia, com uma redução total de R\$103.232,95 de abril para maio.

### 4.3 Emissão de carbono

Para calcular o a emissão de carbono, usamos a equação:

$$Emissões CO^2 = \text{Fator de emissão médio} \left( \frac{kgCO^2}{kWh} \right) \times \text{consumo anual (kWh)} \quad (1)$$

Fator de emissão médio de CO2 estima as emissões de carbono por unidade de energia elétrica gerada. O cálculo representa a média de emissões de todas as usinas do sistema, vamos usar a média de 2025, 0,0289 kgCO<sub>2</sub>/kWh (BRASIL, 2025).

$$Emissões CO^2 = 0,0289 \times 444709,44 \quad (1)$$

$$Emissões CO^2 = 12852,102 \text{ kgCO}^2$$

Ou seja, aproximadamente 12,85 toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas por ano.

### 4.4 Análise de resultados

Para a instalação do sistema de refrigeração com termoacumulação, foi feito um investimento de R\$18.602.283, isso para atender toda a demanda de água gelada da fábrica, incluindo mais três setores além da mercearia. Ao dividir o investimento para os quatro setores, ficamos com um investimento de R\$4.650.570,75 para cada.

A retirada das sete bombas dedicadas foi executada com custo de R\$7.500,00, aproveitando-se uma parada programada da fábrica que permitiu o desmantelamento dos equipamentos sem a perda de produção. O investimento total para implementação da solução, incluindo a instalação do termoacumulador consumo

anual estimado das bombas secundárias do novo sistema e as modificações estruturais da sala de bombas, totalizou R\$ 4.658.070,75.

Agora fazendo a divisão dos gastos das bombas secundárias, responsáveis por enviar a água gelada aos setores, temos duas bombas de 37kW, ou seja, 74kW que operam 24h por dia. Utilizando a equação citada no item 4.1.1 e um fator de carga de 0,9, temos:

$$\text{Consumo diário} = 74kW \times 24h \times 0,9 \quad (2)$$

$$\text{Consumo diário} = 1598,4 \text{ kW}$$

Dividindo o consumo pelos setores que utilizam, temos que a mercearia é responsável por 399,6kW do consumo total, o que resulta em um gasto de:

PERÍODO	GASTO COM ENERGIA	CONSUMO (kW)
Mensal	R\$ 12.325,94	11988
Anual	R\$ 147.911,30	143856

**Tabela 7 – Despesa das bombas secundárias para o setor da mercearia.**

Fonte: Autoria Própria (2025)

#### 4.4.1 Análise de Retorno do Investimento (Payback)

Para avaliar a viabilidade econômica da intervenção (substituição/retirada das bombas), foi calculado o tempo de retorno do investimento, ou *Payback Simples*. Este indicador demonstra o período necessário para que a economia gerada pelo projeto se iguale ao capital investido inicialmente.

O cálculo utiliza a seguinte fórmula:

$$\text{Payback} = \text{Investimento Inicial} / \text{Fluxo de Caixa Periódico} \quad (3)$$

Neste estudo, o "Fluxo de Caixa Periódico" corresponde à economia total gerada (soma da economia de energia e da economia com manutenção) após a implementação do projeto.

Os valores considerados foram:

Investimento total: R\$ 4.658.070,75

Gasto Anterior (Base): R\$ 457.245,00

Gasto Atual (Novo Sistema): R\$ 147.911,30

Economia Gerada: R\$ 309.333,70

Cálculo (em anos):

$$\textit{Payback} = R\$ 4.658.070,75 / R\$ 309.333,70 \text{ (3)}$$

$$\textit{Payback} = 15,06 \text{ anos}$$

De acordo com a empresa responsável pelo projeto, a vida útil da instalação frigorífica é de 40 anos. Embora o payback de 15,06 anos seja de longo prazo, ele é inferior à vida útil do equipamento. Isso indica que o projeto se pagará antes da metade de seu ciclo de vida, gerando fluxo de caixa positivo (lucro puro) por aproximadamente 25 anos após o retorno do capital.

#### **4.5 Eficiência Energética Resultante da Intervenção**

A eficiência energética consiste na utilização racional da energia, buscando reduzir desperdícios e otimizar processos sem comprometer a qualidade ou a produtividade (ANEEL, 2010). No contexto industrial, medidas que diminuem o consumo elétrico impactam diretamente nos custos operacionais e na sustentabilidade ambiental, alinhando-se às metas globais de descarbonização (PASQUAL et al., 2016).

A substituição das sete bombas dedicadas pelo sistema de termoacumulação proporcionou ganhos significativos em eficiência energética. A redução do consumo anual de 444.709,44 kWh para 143.856 kWh representa uma economia de aproximadamente 67,6% no uso de energia elétrica para o setor da Mercearia.

Além da economia direta, a intervenção contribui para a melhoria do fator de carga e para a redução da demanda contínua, permitindo maior estabilidade no sistema elétrico da planta.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho caracterizou a eficiência energética resultante da retirada de sete bombas de repressurização dedicadas (potência total de 100 CV e 73,53 kW) no setor de Mercearia da unidade Lactalis em Carambeí, Paraná, mediante análise comparativa entre o sistema anterior com bombas dedicadas e o sistema atual (bombeamento centralizado via termoacumulador). Os resultados obtidos comprovam que a simplificação de circuitos hidráulicos mediante a integração com sistemas de termoacumulação é uma estratégia eficaz e viável para otimizar a eficiência energética em plantas de processamento de laticínios.

A análise comparativa demonstrou uma redução significativa no consumo de energia elétrica. O período observado evidenciou uma redução de consumo de 45.118 quilowatts-hora entre abril e maio, refletindo em economia imediata de R\$ 103.232,95 apenas neste período.

Esta redução não apenas impacta diretamente nos custos operacionais, como também contribui para a sustentabilidade ambiental. Considerando o fator médio de emissão de 0,0289 kgCO<sub>2</sub>/kWh (MCTI, 2025), a economia anual estimada para o consumo potencial das bombas desativadas, equivalente a 444709,44 kWh, corresponde à mitigação aproximada de 12,85 toneladas de dióxido de carbono, resultado que reforça a contribuição da intervenção para os compromissos internacionais de descarbonização.

Do ponto de vista econômico, o tempo de retorno do investimento (Payback) calculado em 15,06 anos corresponde a apenas 37,65% da vida útil projetada do sistema (40 anos), assegurando geração de fluxo de caixa positivo por mais de duas décadas após a amortização do capital inicial. Além disso, a desativação das bombas dedicadas eliminou perdas operacionais por vazamentos em gaxetas e reduziu significativamente os custos de manutenção preventiva, que anteriormente totalizavam cerca de R\$ 34.090,20 anuais. Esses resultados reforçam a relevância da eficiência energética como ferramenta estratégica, conforme preconizado pelo PROCEL e pela ISO 50001, que orienta a implementação de sistemas de gestão energética baseados no ciclo PDCA.

É importante ressaltar que o sistema atual não eliminou completamente o uso de bombas de repressurização. O projeto mantém duas bombas operacionais (modelo W22 IR3 Premium 50 CV 4P 200L 3F, totalizando 37 kW), responsáveis por distribuir

a água gelada armazenada no termoacumulador para todas as linhas de produção, incluindo a Mercearia. Esta configuração representa uma evolução significativa comparada ao sistema anterior, pois concentra o bombeamento em unidades de alta eficiência operando sob automação otimizada, em lugar de manter sete bombas dedicadas de menor eficiência operando simultaneamente.

Esta abordagem alinha-se com as orientações da Política Nacional de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) e com os objetivos do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2034), que prioriza a eliminação de superdimensionamentos em sistemas industriais. O projeto demonstra que a tecnologia de termoacumulação, é um mecanismo comprovado de redução de consumo energético em indústrias de alimentos e bebidas.

Como limitações do estudo, destacam-se: (1) análise focada exclusivamente no setor de Mercearia, não contemplando otimizações potenciais nos demais setores que utilizam as bombas secundárias; (2) período de observação pós-intervenção ainda limitado (6 meses: maio a outubro de 2025), sendo recomendável monitoramento contínuo por 12 meses para validar sazonalidades do setor lácteo, que apresenta variações significativas conforme período do ano; (3) fator de carga estimado em 0,9 para as bombas secundárias, que poderia ser refinado mediante análise de demanda média real coletada ao longo de períodos distintos; (4) investimento total inclui parcela relativa ao termoacumulador compartilhada entre quatro setores, sendo a alocação ao setor de Mercearia estimada por proporção teórica.

Recomenda-se, para trabalhos futuros: (1) expansão da análise para os demais setores que utilizam as bombas secundárias, investigando oportunidades de economia adicional mediante otimização de configuração operacional; (2) implementação de monitoramento contínuo via sensores de vazão, pressão e temperatura com armazenamento de dados, permitindo análise de eficiência em tempo real; (3) avaliação técnica da possibilidade de implementação de inversores de frequência nas bombas secundárias, potencialmente reduzindo o consumo em 15-25% conforme literatura especializada; (4) certificação ISO 50001 da planta industrial, estruturando a gestão energética de forma integrada e sistemática; (5) replicação do modelo de intervenção em outras unidades do Grupo Lactalis ou em plantas similares do setor de laticínios, estimando ganhos de eficiência em escala corporativa; (6) investigação de correlação entre sazonalidade produtiva e padrões de consumo

energético, para otimização dinâmica dos setpoints de temperatura de termoacumulação.

Conclui-se que a retirada de bombas de repressurização dedicadas em favor de um sistema centralizado de bombeamento integrado ao termoacumulador é uma solução técnica viável, economicamente atrativa e ambientalmente responsável para otimizar a eficiência energética em indústrias de refrigeração industrial. O Payback de 15,06 anos, combinado com reduções de consumo energético de 45.118 kWh no período observado (abril-maio 2025) e de custos de manutenção de R\$ 34.090,20 anuais eliminados, posiciona este tipo de intervenção como investimento estratégico para empresas que buscam melhorar competitividade e aderência aos marcos regulatórios de sustentabilidade em vigência. Além disso, a continuidade do projeto com a retirada das demais nove bombas dedicadas ainda em operação representa uma oportunidade adicional para ampliar os ganhos energéticos, reduzir custos e consolidar a racionalização do sistema hidráulico em toda a planta. Espera-se que os resultados deste estudo de caso contribuam para a difusão de boas práticas em eficiência energética no setor de laticínios e em indústrias correlatas de processamento de alimentos.

## 6 REFERÊNCIAS

**ABRAVA.** Indústria de laticínios Cemil reduz em 25% consumo de energia com projeto escolhido por programa da Cemig. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento, 2018. Disponível em: <https://abrava.com.br/industria-de-laticinios-cemil-reduz-em-25-consumo-de-energia-com-projeto-escolhido-por-programa-da-cemig/>. Acesso em: 25 out. 2025.

**ALLENGE.** Tanques de termoacumulação. Disponível em: <https://www.allenge.com.br/produtos/tanques-de-termoacumulacao/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

**ALTOÉ, L.** et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 285-297, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/vPxbFKL9Jvwg559c6cgCZWp/>. Acesso em: 30 out. 2025.

**ANDREOTTI, T.; DINIZ, A. J.; SOUZA, M. P. H.** Termoacumulação aplicada a sistemas de refrigeração. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2006. Disponível em: <https://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-0080.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

**ANEEL.** Energia no Brasil e no mundo. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2024. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par1\\_cap1.pdf](https://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap1.pdf). Acesso em: 27 out. 2025.

**ANEEL.** Programa de Eficiência Energética (PEE). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2023.

**BORGES, F. Q.** Análise histórica do setor elétrico brasileiro: uma revisão de literatura. *Revista Observatorio de las Ciencias Sociales en Iberoamérica*, v. 2, n. 10, p. 151-167, maio 2021. Disponível em: <https://www.eumed.net/uploads/articulos/c22d0729c726affbd8388d003b91a82c.pdf>. Acesso em: 27 out. 2025.

**BRASIL.** Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/d4059.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d4059.htm). Acesso em: 30 out. 2025.

**BRASIL.** Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 18 out. 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10295.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm). Acesso em: 30 out. 2025.

**BRASIL.** Lei nº 15.103, de 22 de janeiro de 2025. Institui o Programa de Aceleração da Transição Energética (Paten). *Diário Oficial da União*: seção 1,

Brasília, DF, 23 jan. 2025. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2025/lei/l15103.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/lei/l15103.htm). Acesso em: 30 out. 2025.

**BRASIL.** Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 25 jul. 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9991.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm). Acesso em: 30 out. 2025.

**BSI GROUP.** ISO 50001 Sistema de Gestão energética. São Paulo: BSI, 2023. Disponível em: <https://www.bsigroup.com/pt-BR/products-and-services/standards/iso-50001-energy-management/>. Acesso em: 29 out. 2025.

**CÂMARA DOS DEPUTADOS.** Políticas de Eficiência Energética no Brasil. Brasília: Câmara dos Deputados, 2023. Disponível em: [https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-de-convidados-em-2023/27-06-2023-politicas-de-eficiencia-energetica-no-brasil/9\\_ABESCO.pdf](https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-de-convidados-em-2023/27-06-2023-politicas-de-eficiencia-energetica-no-brasil/9_ABESCO.pdf). Acesso em: 29 out. 2025.

**CLEAN ENERGY MINISTERIAL.** ISO 50001 Energy Management System Case Study - Mastellone Hnos. (La Serenísima), Argentina. Paris, 2020.

**COOPERAÇÃO BRASIL-ALEMANHA.** Quem é Quem da Eficiência Energética no Brasil. Brasília: GIZ, 2015. Disponível em: [https://cooperacaobrasil-alemanha.com/SEF/Quem\\_e\\_quem\\_eficiencia\\_energetica.pdf](https://cooperacaobrasil-alemanha.com/SEF/Quem_e_quem_eficiencia_energetica.pdf). Acesso em: 30 out. 2025.

**DC MAIS.** Lactalis Brasil vai expandir operação em Carambeí. *DC Mais Campos Gerais*, Ponta Grossa, 18 mar. 2025. Disponível em: <https://dcmmais.com.br/campos-gerais/lactalis-brasil-vai-expandir-operacao-em-carambei/>. Acesso em: 20 out. 2025.

**DEBASTIANI, G.; DALLA SANTA, C.; LOPES, T. A.; KUNZ, A.** Auditoria energética em uma agroindústria de laticínios. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 388-398, mar./abr. 2014.

**ELETROBRAS.** Política de Eficiência Energética. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012. Disponível em: [https://www.eletronuclear.gov.br/Documents/politicas-empresariais/Politica\\_de\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](https://www.eletronuclear.gov.br/Documents/politicas-empresariais/Politica_de_Eficiencia_Energetica.pdf). Acesso em: 29 out. 2025.

**ELETROBRAS/PROCEL.** Guia de Eficiência Energética na Indústria. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012.

**EMBRASUL.** Energia elétrica no Brasil: conquistas e desafios. *Embrasul*, 15 abr. 2024. Disponível em: <https://www.embrasul.com.br/post/energia-eletrica-no-brasil-historia-conquistas-desafios-e-perspectivas>. Acesso em: 27 out. 2025.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** Caderno Roadmap – Ações de eficiência energética na indústria. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados->

abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-518/Caderno Roadmap Ações de Eficiência Energética na Indústria\_final 04112020.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** Caderno sobre ações de eficiência energética em indústrias brasileiras. Brasília: EPE - Ministério de Minas e Energia, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-sobre-acoes-de-eficiencia-energetica-em-industrias-brasileiras>. Acesso em: 20 out. 2025.

**ENGIE BRASIL ENERGIA.** Relatório revela crescimento da demanda global por eletricidade. *Além da Energia - Blog ENGIE Brasil*, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.alemداenergia.engie.com.br/relatorio-revela-crescimento-da-demanda-global-por-eletricidade/>. Acesso em: 20 out. 2025.

**ESFERA ENERGIA.** História da energia elétrica no Brasil: confira 10 marcos. *Esfera Energia*, 2021. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/fontes-de-energia/historia-energia-eletrica-brasil>. Acesso em: 27 out. 2025.

**EUROPEAN SUPERMARKET MAGAZINE (ESM).** Lactalis expands production capacity in Brazil. *ESM Magazine*, 3 mar. 2025. Disponível em: <https://www.esmmagazine.com/supply-chain/lactalis-expands-production-capacity-in-brazil-285070>. Acesso em: 20 out. 2025.

**FEDALTO, A. L.** Dimensionamento de um termoacumulador de água gelada para um sistema de refrigeração visando a diminuição dos gastos com energia elétrica. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/25882>. Acesso em: 20 out. 2025.

**FREITAS, S. S.** Aplicação de um sistema de refrigeração com fluido secundário e termoacumulação em câmara de congelados. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

**INNAMA.** O que são emissões de carbono. Disponível em: <https://innama.com.br/o-que-sao-emissoes-de-carbono/>. Acesso em: 20 out. 2025.

**ISO.** ISO 50001: Energy Management Systems – Requirements with guidance for use. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

**KAWANO, B. R.; MORES, G. V.; SILVA, R. F.; CUGNASCA, C. E.** Indústria de laticínios: eficiência energética é a chave da competitividade. *Agroanalysis*, dezembro 2013.

**KAWANO, B. R.** Otimização na indústria de laticínios: oportunidades de eficiência energética e econômica. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

**LAISMANN, L. L.; SOARES, L. D.** Auditoria energética em uma indústria de laticínios. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 16, n. 3, p. 93-128, jul./set. 2020. DOI: 10.3895/gi.v16n3.8961.

**LAWDER, J. H.** Análise energética e econômica em uma agroindústria de laticínios. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, 2012.

**MATSUDA, V. A.** Caracterização de ciclos de refrigeração por compressão a vapor através da Segunda Lei da Termodinâmica. 2022. 108 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2022.

**MAYEKAWA.** Sistema de refrigeração da Laticínios Porto Alegre. São Paulo: Mayekawa do Brasil, 2020. Disponível em: <https://mayekawa.com.br/mayekawa-fornece-sistema-de-refrigeracao-personalizado-para-nova-fabrica-da-laticinios-porto-alegre-em-mg/>. Acesso em: 20 out. 2025.

**MCTI.** Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> da geração de energia elétrica no Brasil para 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti>. Acesso em: 24 nov. 2025.

**MENEGATI, S.** Unidade Batavo em Carambeí. Carambeí, PR, 22 ago. 2021. Fotografia. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unidade\\_Batavo\\_em\\_Carambeí.4.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unidade_Batavo_em_Carambeí.4.jpg). Acesso em: 22 out. 2025.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME).** Comitê gestor de índices e níveis de eficiência energética estabelece desempenho mínimo para novas edificações no país. *Portal Gov.br*, 29 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/comite-gestor-de-indices-e-niveis-de-eficiencia-energetica-estabelece-desempenho-minimo-para-novas-edificacoes-no-pais>. Acesso em: 30 out. 2025.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME).** Eficiência Energética. Brasília: MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee>. Acesso em: 29 out. 2025.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME).** Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf). Brasília: MME, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>. Acesso em: 30 out. 2025.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME); EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** MME e EPE publicam o caderno de demanda de eletricidade. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-e-epe-publicam-o-caderno-de-demanda-de-eletricidade>. Acesso em: 20 out. 2025.

**PASQUAL, J. C.** et al. Implications and challenges for the energy sector in Brazil and Mexico to meet the carbon emission reductions committed in their INDC during the COP 21-CMP11. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 37, p. 31-46, 2016.

**PORTAL SUSTENTABILIDADE.** Emissões de CO<sub>2</sub> do setor elétrico no Brasil em 2023 atingiram números mais baixos desde 2012. Disponível em: <https://portalsustentabilidade.com/2024/02/18/emissoes-de-co2-do-setor-eletrico-no>

[brasil-em-2023-atingiram-numeros-mais-baixos-desde-2012/](#). Acesso em: 24 nov. 2025.

**PROCEL INDÚSTRIA.** Plano de Aplicação de Recursos (PAR PROCEL 2018) Versão Final. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2018.

**PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.** Resultados Procel 2018: ano base 2017. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2018. Disponível em: [https://www.sime.org.br/sis/wp-content/uploads/2018/07/Procel\\_rel\\_2018\\_web.pdf](https://www.sime.org.br/sis/wp-content/uploads/2018/07/Procel_rel_2018_web.pdf). Acesso em: 29 out. 2025.

**PV MAGAZINE BRASIL.** Emissões de carbono do setor elétrico no Brasil tendem a disparar apesar do crescimento de renováveis. *PV Magazine Brasil*, 4 jun. 2024. Disponível em: <https://www.pv-magazine-brasil.com/2024/06/04/emissoes-de-carbono-do-setor-eletrico-no-brasil-tendem-a-disparar-apesar-do-crescimento-de-renovaveis/>. Acesso em: 03 nov. 2025.

**RIBEIRO, R. C.** Apostila: Termoacumulação. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2014. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~rudmar/clima/material/8\\_TERMOACUMULACAO.pdf](https://docs.ufpr.br/~rudmar/clima/material/8_TERMOACUMULACAO.pdf). Acesso em: 20 out. 2025.

**SANQUETTA, C. R.** et al. Emissões de dióxido de carbono associadas ao consumo de energia elétrica no Paraná no período 2010-2014. *Biofix Scientific Journal*, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2017.

**SEEG.** Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Relatório 2024.

**SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE).** Manual de eficiência energética para indústrias. Recife: Sebrae Pernambuco, 2023. Disponível em: [https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal/Sebrae/UFs/PE/Anexos/Manual de eficiência energética para indústrias.pdf](https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal/Sebrae/UFs/PE/Anexos/Manual%20de%20eficiencia%20energetica%20para%20industrias.pdf). Acesso em: 20 out. 2025.

**SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (SBEA).** Eficiência energética na indústria alimentícia: guia. São Paulo: Food Connection Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.foodconnection.com.br/alimentosebebidas/eficiencia-energetica-na-industria-alimenticia/>. Acesso em: 20 out. 2025.

**TENFEN, D.** Eficiência energética na indústria: volume 2 [recurso eletrônico]. Florianópolis: ENBPar / IFSC, 2023. 128 p. (Projeto EnergIF, vol. 2). ISBN 978-65-981191-2-6.

**TUNA, C. E.** Eficiência energética em ar condicionado e refrigeração através da aplicação da termoacumulação. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/6338918d-1be1-41dd-8926-5595256716a3>. Acesso em: 20 out. 2025.

**MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE).** Nota técnica nº 03/2004: refrigeração industrial por amônia: riscos, segurança e auditoria fiscal. Brasília: MTE,

SIT, DSST, 2005. Disponível

em: [https://acesso.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3E7A205F013F861DEE1D167F/pub\\_cne\\_refrigeracao.pdf](https://acesso.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3E7A205F013F861DEE1D167F/pub_cne_refrigeracao.pdf). Acesso em: 25 nov. 2025.

**VAPORTEC.** Refrigeração industrial em processos de laticínios. Disponível em: <https://www.vaportec.com.br>. Acesso em: 29 out. 2025.

## 6.1 REFERENCIAS IMAGENS

**LACTALIS DO BRASIL LTDA.** Planta baixa – Mercearia – Térreo. Carambeí, 24 out. 2024. Planta baixa. Arquivo da empresa.

**ALLENGE.** Tanques de termoacumulação. Disponível em: <https://www.allenge.com.br/produtos/tanques-de-termoacumulacao/>. Acesso em: 03 nov. 2025.

Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
*Secretaria de Gestão Acadêmica*  
 Departamento de Biblioteca

## APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA TRABALHOS ACADÊMICOS

1. Você tem conhecimento do trabalho que está sendo realizado na UTFPR que criará o padrão da instituição para elaboração de trabalhos acadêmicos?

	EM	G	PG	P	TA	TOTAL
Sim						
Não						

2. Se a resposta da pergunta anterior foi afirmativa, de que maneira tomou conhecimento?

	EM	G	PG	P	TA	TOTAL
Pela Internet, na página da instituição						
Pelo jornal da instituição						
Por outra maneira						

3. Na realização de trabalhos acadêmicos (relatório, TCC, dissertação, tese, etc.) você costuma consultar normas que norteiam a elaboração dos mesmos?

	EM	G	PG	P	TA	TOTAL
Sempre						
Nunca						
Às vezes						

4. Se utiliza normas para elaboração de trabalhos acadêmicos, quais costuma consultar?

	EM	G	PG	P	TA	TOTAL
ABNT						
UFPR						
A que seu orientador passou						
A elaborada pela biblioteca e professores de nosso Campus						

De outra instituição						
-------------------------	--	--	--	--	--	--

## APÊNDICE A - Roteiro da entrevista

## ROTEIRO DE ENTREVISTA

### 1- Identificação Pessoal:

Nome: \_\_\_\_\_

D/N: \_\_\_\_\_

Nacionalidade: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Outras pessoas que moram na casa:

Informante: \_\_\_\_\_

2- Encaminhado por: \_\_\_\_\_

Motivo da solicitação: \_\_\_\_\_

### 3 - Antecedentes Pessoais:

#### 3.1- Concepção

Quanto tempo após o casamento? \_\_\_\_\_

Foi desejada? \_\_\_\_\_

Sexo esperado? \_\_\_\_\_

Abortos anteriores (espontâneos ou provocados e época) \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ANEXO A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998**



**Presidência da República  
Casa Civil  
Subchefia para Assuntos Jurídicos**

**LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998<sup>1</sup>.**

**Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.**

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA** Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I - Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;

XI - produtor - a pessoa física ou jurídica que toma a iniciativa e tem a responsabilidade econômica da primeira fixação do fonograma ou da obra audiovisual, qualquer que seja a natureza do suporte utilizado;

XII - radiodifusão - a transmissão sem fio, inclusive por satélites, de sons ou imagens e sons ou das representações desses, para recepção ao público e a transmissão de sinais codificados, quando os meios de decodificação sejam oferecidos ao público pelo organismo de radiodifusão ou com seu consentimento;

XIII - artistas intérpretes ou executantes - todos os atores, cantores, músicos, bailarinos ou outras pessoas que representem um papel, cantem, recitem, declamem, interpretem ou executem em qualquer forma obras literárias ou artísticas ou expressões do folclore.

Art. 6º Não serão de domínio da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios as obras por eles simplesmente subvencionadas.

<sup>1</sup> Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1998/leis/9610.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1998/leis/9610.htm).