



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



ESCOLA DE MINAS

Igor Rocha Moreira

**SUSTENTABILIDADE E ENERGIA NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DE MINAS
GERAIS**

Ouro Preto

2024

SUSTENTABILIDADE E ENERGIA NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DE MINAS
GERAIS

Igor Rocha Moreira

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro(a) Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientadora: Profa. Livia Cristina Pinto Dias

Ouro Preto

2024



FOLHA DE APROVAÇÃO

Igor Rocha Moreira

Sustentabilidade e energia na indústria de laticínios de Minas Gerais

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental

Aprovada em 20 de fevereiro de 2024

Membros da banca

Profa. Lívia Cristina Pinto Dias - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)

Profa. Marina de Medeiros Machado - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Mateus Gonçalves da Silva - (Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Ouro Preto)

Lívia Cristina Pinto Dias, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/04/2024



Documento assinado eletronicamente por **Livia Cristina Pinto Dias, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/04/2024, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0694799** e o código CRC **EE7A7EBA**.

RESUMO

Este trabalho visa investigar estratégias para aprimorar a eficiência energética na indústria de laticínios, concentrando-se na implementação de tecnologias de energia fotovoltaica e termossolar. O objetivo geral é explorar as oportunidades oferecidas por essas tecnologias para otimizar o consumo de energia nesse setor específico. A metodologia adotada envolve a caracterização dos processos unitários presentes nas indústrias de laticínios, a coleta de dados referentes a divulgação de práticas de sustentabilidade nos empreendimentos que processam leite em Minas Gerais e a identificação dos ganhos econômicos, sociais e ambientais derivados da aplicação da energia solar. Os resultados obtidos revelam que, dos 225 empreendimentos estudados, apenas 118 possuem site, indicando uma lacuna significativa na divulgação de informações. Dentre esses, somente 50 fornecem dados relacionados ao meio ambiente, ressaltando uma necessidade de maior transparência e engajamento ambiental no setor. Surpreendentemente, apenas 3 empreendimentos adotam energia solar, indicando um potencial ainda inexplorado. Foram identificados processos nas indústrias de laticínios relacionados com aquecimento, resfriamento, concentração, secagem e limpeza que tem potencial para utilização da energia fotovoltaica ou termossolar. Os resultados deste estudo têm implicações para a sustentabilidade no setor de laticínios, apontando para a necessidade de incentivar a adoção de tecnologias sustentáveis, como a energia solar, para promover benefícios econômicos, sociais e ambientais. A baixa presença de energia solar identificada sugere um vasto campo de oportunidades para a implementação de práticas mais sustentáveis, contribuindo para a mitigação dos desafios ambientais enfrentados pela indústria de laticínios em Minas Gerais.

Palavras-chaves: energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, indústria de laticínios, eficiência energética, sustentabilidade.

ABSTRACT

This work aims to investigate strategies for improving energy efficiency in the dairy industry, focusing on the implementation of photovoltaic and solar thermal energy technologies. The overall objective is to explore the opportunities offered by these technologies to optimize energy consumption in this specific sector. The methodology adopted involves the characterization of unit processes present in dairy industries, the collection of data regarding the dissemination of sustainability practices in enterprises that process milk in Minas Gerais and the identification of economic, social and environmental gains derived from the application of solar energy. The results show that of the 225 companies studied, only 118 have a website, indicating a significant gap in the dissemination of information. Of these, only 50 provide data related to the environment, highlighting a need for greater transparency and environmental engagement in the sector. Surprisingly, only 3 enterprises adopt solar energy, indicating a potential that is still untapped. Processes in the dairy industry related to heating, cooling, concentration, drying and cleaning have been identified that have the potential to use photovoltaic or solar thermal energy. The results of this study have implications for sustainability in the dairy sector, pointing to the need to encourage the adoption of sustainable technologies, such as solar energy, to promote economic, social and environmental benefits. The low presence of solar energy identified suggests a vast field of opportunities for implementing more sustainable practices, helping to mitigate the environmental challenges faced by the dairy industry in Minas Gerais.

Keywords: solar thermal energy, solar photovoltaic energy, dairy industry, energy efficiency, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de um programa de uso racional da energia.....	9
Figura 2 – Processos em laticínios.....	15
Figura 3 – Localização dos laticínios no estado de Minas Gerais.....	17
Figura 4 – Informações sobre meio ambiente disponibilizadas pelos laticínios de Minas Gerais.....	18

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	OBJETIVOS	10
2.1.	Objetivo geral.....	10
2.2.	Objetivos Específicos	10
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1.	A indústria de laticínios.....	11
3.2.	Eficiência energética.....	12
3.3.	Energia Solar	13
3.4.	Análise de investimento em projetos de energia	15
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1.	Caracterização dos processos unitários presentes nas indústrias de laticínios .	18
4.2.	Dados referentes aos empreendimentos que processam leite no estado de Minas Gerais.....	18
4.3.	Identificação dos ganhos econômicos, sociais e ambientais da aplicação da energia solar.....	20
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1.	Processos unitários presentes em uma indústria de laticínios	21
5.2.	Caracterização dos laticínios no estado de Minas Gerais	24
5.3.	Implicações para a sustentabilidade no setor.....	26
5.3.1.	Benefícios Econômicos	26
5.3.2.	Benefícios Sociais	27

5.3.3.	Benefícios Ambientais.....	27
6.	CONCLUSÃO	28
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, assim como o restante do mundo, enfrenta o desafio do crescimento anual da demanda de energia, que, segundo Goldemberg (2008), cresce a uma taxa de 5% ao ano. Com base no atual modelo da matriz energética, chegará um momento em que a relação entre geração e demanda de energia no planeta se tornará insustentável, considerando que grande parte da energia é proveniente de combustíveis fósseis. A exploração desenfreada desses recursos não renováveis já causou e continua a causar danos ao meio ambiente, gerando incertezas sobre as condições do planeta para as futuras gerações.

Diante desse cenário alarmante, é imperativo que a preocupação ambiental se torne uma prioridade diária. Como resultado dessa crescente preocupação, as energias renováveis estão ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial (JARDIM, 2007). As energias renováveis, como a energia solar, eólica, hidrelétrica e biomassa, representam alternativas promissoras para atender às crescentes necessidades energéticas de forma mais sustentável e amigável ao meio ambiente. A transição para essas fontes limpas e renováveis não apenas contribui para mitigar os impactos ambientais, mas também pode impulsionar o desenvolvimento econômico e a independência energética.

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2023 (BEN, 2023), o Brasil possui 87,9% de sua matriz elétrica representada por fontes de energia renováveis, sendo as principais delas: hidrelétricas (61,9%), energia eólica (11,8%), energia da biomassa (8,2%) e energia solar (4,4%). Vale destacar que, considerando apenas o Sistema Interligado Nacional (SIN), que exclui os sistemas isolados e a autoprodução não injetada na rede, a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira sobe para 92,1%.

Ao analisar o aumento da renovabilidade da matriz elétrica brasileira, a energia solar se destaca como a opção de energia renovável que mais cresceu entre os anos de 2021 e 2022 (BEN, 2023). No âmbito da geração de energia, duas tecnologias se destacam e são amplamente utilizadas: a energia solar fotovoltaica e a energia termossolar.

A conversão direta da luz solar em eletricidade, por meio de painéis solares e tendo como o princípio o efeito fotovoltaico, é chamada de energia solar fotovoltaica (LOPEZ, 2012). A geração de energia solar fotovoltaica cresceu 79,8% entre os anos de 2021 e 2022 (BEN, 2023). Em 2022, a energia solar fotovoltaica foi responsável por 94,3% da micro e

minigeração distribuída de energia (BEN, 2023). Acompanhar os números do crescimento da energia fotovoltaica no Brasil é impressionante: a geração de energia fotovoltaica era de 20 GWh em 2015, passou para 526 GWh em 2018, 4.764 GWh em 2020 e chegou a 17.378 GWh em 2022 (BEN, 2023).

Já o aproveitamento do calor do Sol para aquecimento de fluidos (os mais comuns sendo a água e o ar) por intervenção de coletores que acumulam os raios solares incidentes e aquecem o fluido, é conhecido como energia termosolar ou energia solar térmica (CRESESB, 2006). A geração de energia solar térmica também ganhou destaque no BEN (2023) por ter atingido 11.632 GWh equivalente em 2022, resultado de um crescimento exponencial ao longo dos anos. De acordo com BEN (2023), as residências representam cerca de 80% do total de utilização de aquecimento de água no Brasil e o setor comercial está em segundo lugar (17%). A indústria, embora tenha o potencial de se beneficiar com esse tipo de fonte renovável, consome apenas de 3% da energia solar térmica produzida no Brasil (BEN, 2023).

Considerando a energia fotovoltaica e a energia solar térmica, a energia solar apresentou um aumento de 51,5% na oferta de energia entre os anos de 2021 e 2022, sendo a fonte de energia com maior crescimento na matriz energética. O Brasil, por estar localizado numa zona tropical, possui um enorme potencial para geração de energia a partir da irradiação solar (TIBA, 2000) e todo esse potencial ainda pode ser muito explorado.

Ao mesmo tempo que o BEN (2023) reporta um aumento de 1,6% no consumo de energia pela indústria entre 2021 e 2022. O segmento de Alimentos e Bebidas foi um dos que mais cresceu: houve o aumento de 3,1% no consumo de energia nesse período (BEN, 2023). A partir do Anexo X do BEN (2023) é possível observar que a autoprodução de energia elétrica nesse segmento era de 2 GWh em 2021 e passou para 3 GWh em 2022, o que representa aumento de utilização dessa fonte renovável, porém ainda é uma pequena fração dos 28.834 GWh de eletricidade consumidos por esse segmento. O Balanço Energético Nacional não reporta a utilização de energia solar térmica nesse segmento. Foi reportado que esse setor usou, em 2022, 1.006 milhões de m³ de gás natural e 7.898 mil toneladas de lenha, provavelmente para aquecimento de fluidos (BEN, 2023)

A adoção da energia solar pela indústria não apenas demonstra seu compromisso em ser ecologicamente responsável, o que é valorizado pelos consumidores conscientes, mas também pode resultar em retornos financeiros atrativos.

Estudos científicos têm destacado os benefícios econômicos da implementação de sistemas solares fotovoltaicos, demonstrando que a redução dos custos operacionais com energia pode levar a um aumento na lucratividade das empresas. De acordo com uma pesquisa realizada por Mathews e Baroni et al. (2013) empresas que investem em energia solar podem experimentar uma significativa diminuição dos gastos com eletricidade ao longo do tempo, resultando em economias consideráveis e vantagem competitiva no mercado. Além disso, um estudo de Mydock et al (2020) concluiu que a incorporação de fontes de energia renovável, como a solar, pode influenciar positivamente a percepção do consumidor em relação à marca, aumentando sua fidelidade e preferência por produtos ou serviços oferecidos pela empresa sustentável. Portanto, adotar a energia solar não só alinha a empresa com as preocupações ambientais dos consumidores, mas também pode gerar ganhos financeiros sólidos, tornando-se uma estratégia benéfica tanto para o meio ambiente quanto para o sucesso empresarial.

O presente estudo busca fazer um levantamento referente às principais formas de consumo energético em indústrias de laticínios de Minas Gerais. Além disso, pretende-se identificar quais são as oportunidades de aumento de eficiência energética nas indústrias e os ganhos econômicos, sociais e ambientais com a implementação das energias termossolares e fotovoltaicas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é explorar como as indústrias de laticínios estão reportando suas práticas relacionadas a meio ambiente e a possibilidade de implementação de tecnologias de energia fotovoltaica e termossolar como meio de otimizar a eficiência energética.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar o processo unitários que envolvem o processamento de leite e seus derivados em Minas Gerais;
- Caracterizar os empreendimentos do setor de laticínios em Minas Gerais quanto a sua participação ativa em prol do meio ambiente;
- Apresentar as possibilidades de utilização da energia solar no processo de produção da indústria de laticínios e os ganhos econômicos, sociais e ambientais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A indústria de laticínios

A história da indústria de laticínios no Brasil remonta aos tempos coloniais, quando a atividade leiteira era praticada principalmente em pequenas propriedades rurais para consumo próprio e local. No entanto, foi somente no século XIX que a produção de leite e seus derivados começaram a ganhar relevância econômica, impulsionada principalmente pela imigração europeia e pelas transformações sociais e tecnológicas ocorridas durante o período. A introdução de novas técnicas de produção, como a pasteurização e a refrigeração, revolucionou a indústria de laticínios, permitindo uma produção em larga escala e uma maior durabilidade dos produtos. Durante o século XX, houve um significativo crescimento da indústria de laticínios no Brasil, com a modernização das instalações fabris, a diversificação da linha de produtos e a expansão dos mercados tanto interno quanto externo. Hoje, o Brasil é um dos principais produtores e exportadores de produtos lácteos do mundo, com uma indústria que abrange desde pequenas cooperativas até grandes multinacionais, desempenhando um papel crucial na economia do país e na segurança alimentar de milhões de pessoas (VILELA, 2002).

Segundo Siqueira e Schettino (2021), os queijos desfrutam de grande popularidade no Brasil, representando quase 10% do consumo total de produtos lácteos no país. Entre os queijos mais apreciados pelos brasileiros, destacam-se, em ordem de consumo, o queijo mozzarella, o queijo minas, o requeijão e o queijo prato. Em relação ao consumo per capita por estado, os maiores consumidores de queijo são: Rio de Janeiro, Pernambuco, São Paulo, Distrito Federal, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Goiás, Paraíba e Mato Grosso.

A tradição de fabricação de queijo em Minas Gerais tem suas raízes na técnica portuguesa da Serra da Estrela. Como qualquer expressão cultural, essa prática evolui dinamicamente, adaptando-se à realidade local e desenvolvendo estruturas, instrumentos, técnicas e métodos que lhe são característicos (IPHAN, 2008).

A preservação dos conhecimentos e práticas tradicionais contribui para a manutenção da identidade cultural das comunidades em regiões específicas, enriquecendo a diversidade cultural do nosso país e indicando perspectivas econômicas favoráveis. Com o reconhecimento da produção do Queijo Minas Artesanal (QMA) em outras áreas do estado,

há a possibilidade de os produtores das "Serras da Ibitipoca" também serem valorizados, impulsionando o turismo local, que já é uma realidade regional (PEREIRA, 2016).

3.2. Eficiência energética

Aprimorar a eficiência energética de uma instalação implica otimizar cuidadosamente a utilização de suas fontes de energia. A expressão desta mesma ideia, conhecida como utilização racional de energia, fundamenta-se na prática de empregar uma menor quantidade de energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético. Em essência, trata-se de um processo estratégico que visa a maximização da eficiência operacional, buscando continuamente maneiras inovadoras de reduzir o consumo energético sem comprometer a qualidade ou a produtividade. Essa abordagem não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também impulsiona a economia de recursos, promovendo práticas empresariais responsáveis e alinhadas aos imperativos contemporâneos de eficiência e conservação de energia.

A crescente preocupação com os impactos ambientais, tanto locais quanto globais, resultantes do uso de energia, tem contribuído para um aumento na conscientização sobre eficiência energética. O aprimoramento da eficiência energética emerge como um elemento fundamental para abordar questões relacionadas à segurança energética e preocupações ambientais, uma vez que reduz a demanda energética e, conseqüentemente, a necessidade de intensificar a exploração das fontes primárias de energia (DOMANSKI, 2011).

A eficiência energética permite otimizar o uso da energia elétrica por meio de orientações, direcionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo a quantidade de energia necessária para obter o mesmo resultado ou produto. Em outras palavras, a conservação de energia elétrica não implica em racionamento, mas na eliminação de desperdícios, promovendo seu uso racional, sem comprometer a produtividade e a qualidade dos produtos e serviços (LAWDER, 2012).

De maneira precisa, fomentar a busca por melhorias na eficiência energética consiste, fundamentalmente, em aplicar conhecimentos provenientes dos campos da engenharia, economia e administração. Essa aplicação estratégica visa otimizar o planejamento e a gestão de sistemas energéticos. Dada a diversidade e complexidade desses sistemas, é imperativo

estabelecer objetivos claros e utilizar métodos apropriados na seleção de ações destinadas a aprimorar seu desempenho energético (MARQUES, HADDAD e MARTINS, 2006).

3.3. Energia Solar

O Brasil depende predominantemente da geração hidrelétrica para suprir sua demanda de eletricidade, representando em média 78% da matriz elétrica de 2008 a 2018, conforme indicado por Hunt et al. (2018). No entanto, uma análise comparativa da diversidade da geração de energia elétrica realizada por Molyneaux et al. (2012) revelou uma diversidade relativamente baixa na matriz energética brasileira. Essa falta de diversidade nas fontes de fornecimento de eletricidade representa um risco para a estabilidade da geração e a possibilidade de volatilidade nos preços, especialmente durante períodos de prolongada seca. Portanto, a busca por recursos energéticos alternativos se torna necessária e importante, como destacado por Stilpen e Cheng (2015).

Embora sejam declaradas como energia sustentável, as hidrelétricas, que são a principal fonte de energia do país também são uma das principais causadoras de impactos relevantes no aquecimento global. Nos primeiros anos da conformação de uma hidrelétrica, a inundação da vegetação e do solo para formação do reservatório é responsável por muitas emissões de carbono, colocando em dúvida o selo de energia sustentável (FEARNSIDE, 2015).

Diante desse contexto, faz-se necessário a busca por fontes de geração de energia alternativas, que possam suprir a crescente demanda energética e que sejam de fato sustentáveis, não emitindo gases nem degradando áreas de vegetação.

De acordo com o Bachiller (2009), a radiação solar desempenha um papel fundamental como a principal fonte de energia da Terra. Ela é responsável pelos principais processos bioquímicos e meteoceanográficos, além de ser a fonte primária de energia armazenada nos combustíveis fósseis. A utilização da radiação solar como fonte de energia elétrica desperta um grande interesse devido à sua disponibilidade em diferentes intensidades em todo o globo terrestre. No entanto, essa fonte de energia é sazonal e restrita a uma determinada região geográfica, uma vez que só pode ser aproveitada diretamente durante o dia. Isso levanta a necessidade de pesquisas para explorar ao máximo o seu potencial de utilização (BACHILLER, 2009).

Atualmente, existem dois principais métodos de aproveitamento da radiação solar para a geração elétrica. O primeiro é por meio das células fotovoltaicas, onde os fótons incidentes excitam elétrons na banda de valência para a banda de condução do material semicondutor utilizado na célula, geralmente silício cristalino. Esse processo gera uma corrente elétrica, conforme mencionado por Zeman (2016). O segundo método é a energia termosolar, em que a radiação solar é aproveitada na forma de calor para ser convertida em eletricidade.

A energia solar fotovoltaica é uma forma sustentável e renovável de energia, pois é produzida a partir da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Esse processo é realizado por meio de um dispositivo especializado chamado célula fotovoltaica, que opera com base no princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

A demanda por tecnologias de energia renovável tem impulsionado o crescente uso dos sistemas fotovoltaicos. Com esse objetivo em mente, pesquisas e desenvolvimento estão em andamento para avançar a tecnologia fotovoltaica, explorando novos materiais. O silício (Si) desempenha um papel fundamental nesse contexto, sendo o principal componente utilizado na fabricação das células fotovoltaicas (FV). Além disso, o silício é o segundo elemento químico mais abundante na Terra, o que o torna uma escolha atraente do ponto de vista da disponibilidade (CEMIG, 2012).

Ao longo do tempo, o silício tem sido explorado em diferentes formas para a fabricação das células fotovoltaicas. Essas formas incluem o silício cristalino, o silício policristalino e o silício amorfo. Cada uma dessas variações possui características e propriedades distintas que afetam a eficiência e o desempenho das células fotovoltaicas (CEMIG, 2012).

A energia termosolar pode ser dividida em duas categorias principais: baixa temperatura, com temperaturas de aquecimento de até 100°C, sendo amplamente utilizada, especialmente para sistemas de aquecimento de água de uso direto. De acordo com REN21 (2023), essa categoria possui uma capacidade instalada mundial de 6.3GW. A outra categoria é a de alta temperatura, na qual a radiação solar é concentrada por meio de coletores específicos em uma pequena região, aquecendo-a a temperaturas elevadas, geralmente entre 350°C e 600°C, dependendo do tipo de fluido de transferência térmica utilizado, entre outras condições.

A partir desse ponto, o calor concentrado pode ser utilizado de várias maneiras, sendo a geração de vapor para movimentar turbinas, o método mais comumente utilizado em plantas industriais em operação.

3.4. Análise de investimento em projetos de energia

Diversos elementos, como o crescimento econômico do país, mudanças políticas no governo e incertezas quanto à disponibilidade e restrições ambientais, podem impactar a capacidade de fornecimento e os custos relacionados à energia. Independentemente da motivação subjacente, promover a eficiência energética implica fundamentalmente na aplicação de conhecimentos, empregando conceitos das áreas de engenharia, economia e administração nos sistemas energéticos. Dada a diversidade e frequentemente complexidade desses sistemas, é crucial empregar técnicas e métodos para estabelecer metas e ações visando aprimorar o desempenho energético e reduzir perdas nos processos de transporte, armazenamento e distribuição de energia (SILVA, 2014).

Uma abordagem muito empregada para atingir esses objetivos é o diagnóstico energético, também conhecido como auditoria energética. Essa prática consiste em uma análise sistemática dos fluxos energéticos em um determinado sistema, buscando identificar quem consome energia, em que quantidade e de que maneira, a fim de sinalizar possíveis otimizações no uso dos insumos energéticos. Nos anos oitenta, os diagnósticos energéticos ganharam ampla aceitação, especialmente em instalações industriais, impulsionados pelo contexto de aumento nos custos energéticos.

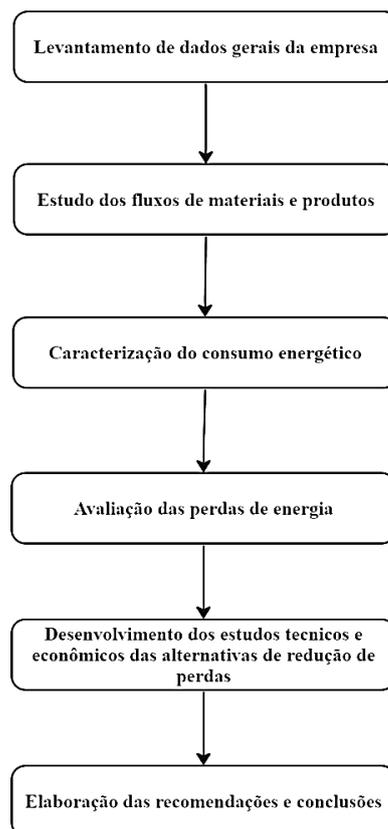
Uma auditoria energética pode ser simplesmente descrita como um processo para determinar os tipos e custos de consumo de energia em uma instalação, avaliando como a energia é utilizada em uma instalação ou planta fabril e identificando oportunidades para redução de consumo (THUMANN, NIEHUS E YOUNGER, 2013).

As expressões "análise energética" e "auditoria energética" têm sido usadas como sinônimos de diagnóstico energético. Por vezes, evita-se a utilização da palavra "auditoria" devido à sua conotação fiscalizadora e punitiva, associada frequentemente a auditorias contábeis (MARQUES, HADDAD e MARTINS, 2006).

De toda maneira, pode-se dizer que o conceito está amplamente difundido, uma vez que sempre que se busca implementar uma política de racionalização energética ou um programa de eficiência energética, são empregados diagnósticos, auditorias ou levantamentos energéticos como ponto de partida. É notável, durante essa fase de análise do sistema, a identificação de alternativas interessantes para a redução de custos com energia, que não necessariamente resultam em diminuição das perdas energéticas. Essas alternativas podem incluir a redução das perdas de processo, a substituição de insumos energéticos e até mesmo modificações na modalidade tarifária ou tributária associadas às faturas de energia. Nesse contexto, o diagnóstico energético assume mais um caráter de análise dos custos econômicos relacionados à energia (MARQUES, HADDAD e MARTINS, 2006).

As fases de um programa de utilização eficiente de energia, conforme definidas por Marques, Haddad e Martins (2006), são ilustradas na Figura 1.

Figura 1 – Etapas de um programa de uso racional da energia



Fonte: Adaptado de Marques, Haddad e Martins (2006)

É essencial realizar um diagnóstico da realidade energética como ponto inicial para estabelecer prioridades, implementar projetos de aprimoramento e redução de perdas, e monitorar os resultados de forma contínua. Essa abordagem é aplicável tanto a instalações novas, de maneira preventiva, quanto a instalações existentes, de natureza corretiva, em empresas industriais ou comerciais. O diagnóstico energético quantifica os fluxos de energia ao longo do processo produtivo de bens e serviços, possibilitando o início ordenado e a continuidade de um programa de eficiência energética. Isso é alcançado ao responder às seguintes perguntas:

- Quanta energia está sendo consumida?
- Quem está consumindo energia?
- Como a energia está sendo consumida, com qual eficiência?

Conforme ressaltado por Marques, Haddad e Martins (2006), os diagnósticos energéticos, por si só, não resultam automaticamente na racionalização do uso de energia. Eles representam um primeiro e crucial passo nessa direção, demandando a implementação de medidas e ações subsequentes, preferencialmente planejadas e estruturadas, com a clara definição de metas, responsáveis e um acompanhamento efetivo. Idealmente, essas ações devem ser parte integrante de um Programa de Eficiência Energética, proporcionando visibilidade na corporação e garantindo a adequada provisão de recursos físicos e humanos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização dos processos unitários presentes nas indústrias de laticínios

Para obter os dados referentes aos processos unitários presentes nas indústrias de laticínios, foram realizadas pesquisas em artigos científicos e plantas industriais, com destaque para aqueles publicados entre 2000 e 2024. Sites como PubMed, Google Scholar e Scopus foram utilizados para a busca de artigos científicos, contribuindo para a abrangência na obtenção dos dados necessários.

4.2. Dados referentes aos empreendimentos que processam leite no estado de Minas Gerais

Para essa pesquisa foram utilizados os dados de laticínios cadastrados no Sistema de Inspeção Federal (SIF), que é um instrumento governamental que regulamenta e registra as atividades de estabelecimentos que atuam no setor alimentício. A escolha do SIF como base para a identificação dos empreendimentos se justifica pela sua abrangência e confiabilidade, sendo um registro mantido pelo governo federal.

Inicialmente, foi necessário acessar o portal oficial do SIF, que pode ser acessado pelo site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, disponível em [Ministério da Agricultura e Pecuária](#)). A plataforma oferece uma interface amigável e de fácil navegação, permitindo a busca por diferentes critérios, como região geográfica, tipo de estabelecimento e atividades específicas.

No site do SIF, foi possível encontrar uma relação de produtos derivados de leite autorizados para os estabelecimentos brasileiros exportarem por país em dezembro de 2022. Esse banco de dados foi utilizado para essa pesquisa já que, se a empresa buscou a certificação para exportação, provavelmente há predominância nessa lista de empreendimentos de médio a grande porte, uma vez que o processo de obtenção dessa certificação geralmente é mais acessível para empresas com capacidade produtiva considerável. Para delimitar a pesquisa aos empreendimentos de laticínios em Minas Gerais, foi estabelecido o critério específico de busca que incluía a localização geográfica. Por fim, foi obtida uma lista com os números de registro no SIF, nomes dos estabelecimentos, município e tipos de produtos com autorização para exportação.

É importante salientar que a inclusão no SIF não exclui a possibilidade de participação de pequenos ou micro produtores na pesquisa. A diversidade do setor de laticínios permite a coexistência de diferentes escalas de produção e a pesquisa buscou contemplar uma amostra representativa dentro dos dados disponíveis ao público no site do SIF.

A etapa seguinte envolveu a busca, utilizando o número do SIF, pelos contatos e sites de cada estabelecimento. Todos os dados foram organizados em uma planilha eletrônica. Os empreendimentos de laticínios foram categorizados e organizados conforme apresentados no Apêndice A. Empresas que possuem atividades em mais de um município mineiro tiveram o registro das filiais removidos, permanecendo apenas o registro considerado como sede. Por fim, para fins de análise, os dados foram divididos conforme as macrorregiões mineiras. As macrorregiões definidas foram:

- Centro: Englobando as regiões Centro e Centro-Oeste.
- Triângulo: Incluindo as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.
- Norte: Compreendendo as regiões Norte, Noroeste, Jequitinhonha e Rio Doce.
- Sul: Abrangendo as regiões Sul, Zona da Mata e Vertentes.

É importante ressaltar que a metodologia adotada possui algumas limitações, como a dependência da precisão das informações disponíveis no SIF. Possíveis desatualizações ou omissões nos registros podem impactar a completude dos dados coletados.

Após essa etapa, iniciou-se a coleta de dados online consistiu na busca ativa pelos sites dos empreendimentos de laticínios listados. O objetivo era verificar se esses empreendimentos possuíam uma presença online e se disponibilizavam informações relacionadas a práticas ambientais e sustentáveis. Foi verificado se cada empreendimento possuía um site oficial. Essa etapa foi crucial para garantir a acessibilidade às informações necessárias para a análise ambiental.

Nos sites identificados, foram analisadas as seções relacionadas às práticas ambientais e sustentáveis adotadas pelos empreendimentos. Buscou-se informações sobre políticas ambientais, certificações e iniciativas em prol da preservação ambiental. Especial atenção foi dada à presença de informações sobre a utilização de energia solar nos processos produtivos dos laticínios. A busca por iniciativas de energias renováveis reflete o comprometimento ambiental das empresas. A presença de um Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC)

nos sites foi avaliada para determinar a transparência e disposição das empresas em receber feedbacks e esclarecer dúvidas dos consumidores.

Essa análise baseou-se nas informações publicamente disponíveis, podendo não abranger práticas não divulgadas.

4.3. Identificação dos ganhos econômicos, sociais e ambientais da aplicação da energia solar

Assim como para a obtenção dos dados referentes aos processos unitários presentes nas indústrias de laticínios, foram realizadas pesquisas em artigos científicos e plantas industriais, com destaque para aqueles publicados entre 2000 e 2024. Sites como PubMed, Google Scholar e Scopus foram utilizados para a busca de artigos científicos, contribuindo para a abrangência na obtenção dos dados necessários.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Processos unitários presentes em uma indústria de laticínios

Os produtos lácteos abrangem o leite e seus derivados processados, comumente fermentados. As instalações responsáveis pela fabricação desses alimentos estão inseridas na indústria de laticínios, destacando-se pela gestão de um produto extremamente perecível, como o leite. É essencial manter uma vigilância constante e realizar análises precisas em todas as etapas da cadeia de frio, desde a produção até a entrega ao consumidor. O leite serve como a matéria-prima fundamental para a produção de uma variedade de produtos, tais como bebida láctea, leite fermentado, coalhada, queijos, leite em pó, manteiga, creme de leite, requeijão, iogurte, doce de leite, leite condensado, leite pasteurizado (integral, semi-desnatado e desnatado), leite UHT, sorvetes, ricota, sobremesas lácteas, soro de leite, soro de leite em pó, entre outros. (SILVA, 2014)

Conforme destacado por Wang (2009), os principais produtos da indústria de laticínios incluem leite fluido em diversas formas de conservação, queijos, manteiga, sorvetes e leite em pó. O soro também se destaca como um relevante subproduto no processo de fabricação de queijos.

A amplitude dos laticínios varia desde pequenas instalações familiares, focadas na produção de um ou dois itens, até cooperativas de médio porte e grandes complexos industriais, que processam uma variedade extensa de produtos com elevado grau de automação.

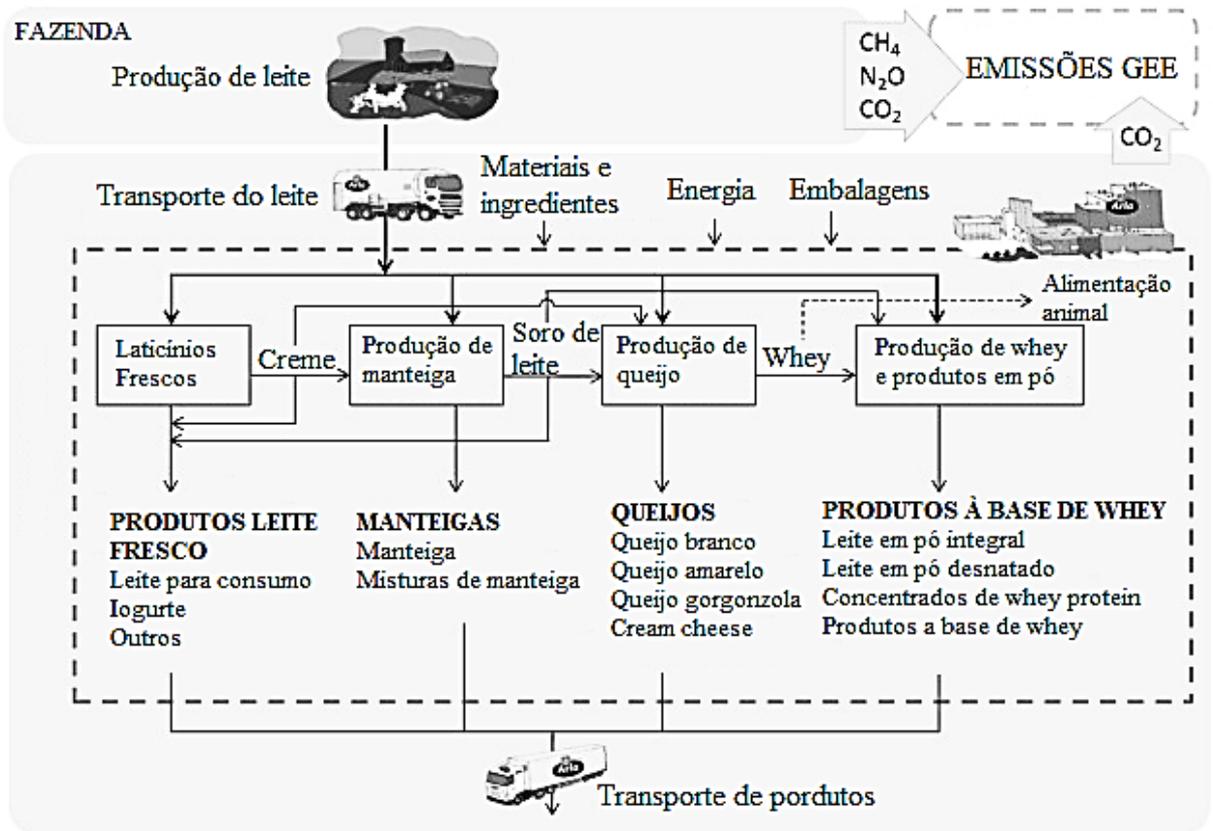
No âmbito operacional, as atividades fundamentais nos laticínios envolvem aquecimento, resfriamento, concentração, secagem e limpeza. Estas cinco operações são responsáveis por aproximadamente 50% do consumo energético na produção de leite fluido e representam expressivos 96% do consumo energético na produção de leite em pó (WANG, 2009).

É importante observar que nesse setor industrial, há um considerável consumo de combustível na geração de vapor. Conforme as observações de Wang (2009), a energia elétrica é predominantemente empregada no acionamento de motores elétricos, em geral, e na operação de compressores de ar de refrigeração.

No contexto atual, a crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade tem impulsionado a busca por alternativas energéticas inovadoras nas fábricas leiteiras. Uma abordagem emergente envolve a adoção de tecnologias avançadas de armazenamento de

energia, proporcionando maior flexibilidade no aproveitamento das fontes renováveis, como a energia solar e eólica. Ao integrar essas soluções, as fábricas podem não apenas diversificar suas fontes de energia, mas também melhorar a resiliência operacional diante de flutuações na oferta de energia renovável. Essa abordagem reflete um compromisso crescente em direção a práticas mais eficientes e sustentáveis, alinhadas aos objetivos de mitigação ambiental e redução da pegada de carbono.

Figura 2 – Processos em laticínios



Fonte: Adaptado de Flysjö (2014)

Santos *et al.* (2017) ressaltam que o interesse nos impactos ambientais decorrentes da produção de alimentos está aumentando, principalmente devido às preferências dos consumidores por produtos sustentáveis, às regulamentações governamentais e às relações comerciais entre empresas. Conseqüentemente, as organizações industriais estão enfrentando uma pressão crescente do ponto de vista ecológico, social e econômico, devido ao aumento

dos níveis de poluição que atingiram patamares sem precedentes atualmente (LI e MATHIYAZHAGAN, 2018).

A produção e o consumo de leite e seus derivados têm um impacto significativo no meio ambiente, uma vez que o processo de industrialização do leite gera uma variedade de resíduos (CARVALHO et al., 2013; GONÇALVES et al., 2017). Esses resíduos podem ser categorizados da seguinte forma: (a) resíduos líquidos, incluindo leite e seus derivados, açúcares, condimentos, produtos de limpeza, lubrificantes, efluentes, soro de leite, gorduras, entre outros; (b) resíduos sólidos, como restos de frutas, papel, plástico, embalagens, papel higiênico, papelão, resíduos da estação de tratamento de efluentes (ETE) (areia, gordura, lodo biológico), cinzas de caldeiras, latas, vidros, entre outros; e (c) emissões atmosféricas, incluindo ruído, vibração, vapores, material particulado, óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3), óxidos de nitrogênio (NO e NO_2) e monóxido de carbono (CO). Os autores enfatizam que a diversidade e a quantidade de resíduos lácteos podem ser geradas independentemente do porte da indústria e da planta industrial.

A indústria de laticínios é conhecida por ter um consumo significativo de energia devido aos diversos processos envolvidos na produção de produtos lácteos. A compreensão do consumo de energia nesse setor é essencial para identificar oportunidades de eficiência energética e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Uma das principais fontes de energia utilizadas em fábricas leiteiras é a eletricidade. A geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, como energia solar, eólica e hidrelétrica, pode contribuir para a redução das emissões de carbono e mitigar os impactos ambientais. Além disso, o uso de sistemas de cogeração, nos quais o calor residual gerado durante a produção de eletricidade é aproveitado para aquecimento e refrigeração, pode aumentar a eficiência energética da fábrica leiteira. (FEIL et al., 2020)

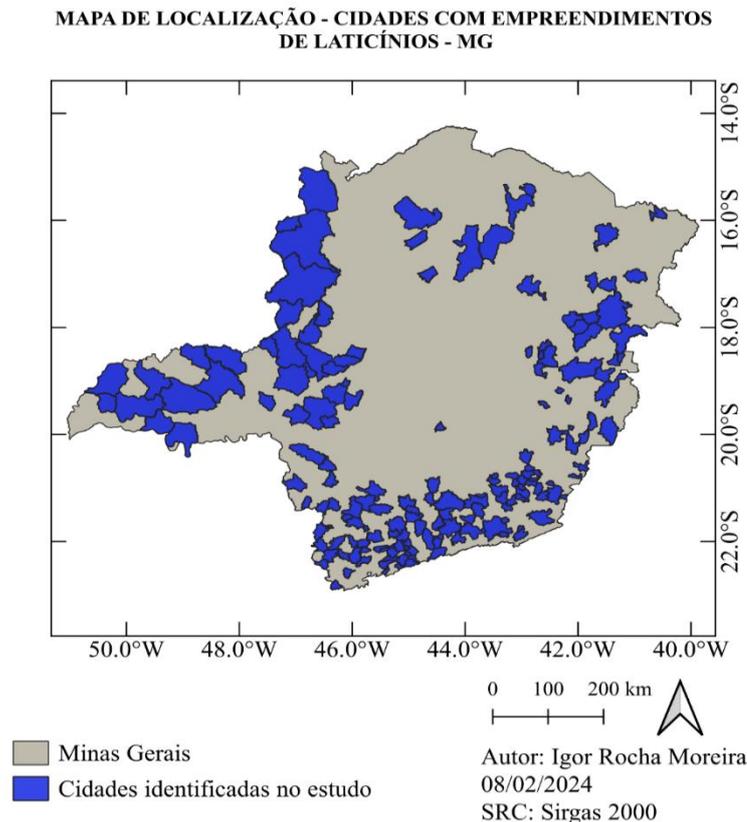
Outra fonte de energia importante nas fábricas leiteiras é o combustível fóssil, especialmente o diesel e o gás natural. No entanto, existe a necessidade de reduzir a dependência dessas fontes não renováveis, devido aos seus impactos ambientais negativos, como as emissões de gases de efeito estufa e a poluição do ar.

5.2. Caracterização dos laticínios no estado de Minas Gerais

Antes dos registros duplicados serem removidos, foram identificadas 365 empresas com registro no SIF e autorização para exportação de algum produto lácteo. Essas empresas se dividiam, dentro do estado de Minas Gerais, em 66 empresas na macrorregião Norte, 54 na macrorregião Triângulo, 59 na macrorregião Centro e 186 na região Sul.

Após a remoção dos registros duplicados, foram identificados 225 empreendimentos de laticínios no estado de Minas Gerais. Esses empreendimentos estão distribuídos em 168 municípios, refletindo a amplitude e diversidade do setor no estado. A distribuição geográfica dos empreendimentos abrange diversas regiões do estado, incluindo municípios de diferentes portes. Esse resultado sugere que a indústria de laticínios tem uma presença significativa e abrangente em Minas Gerais.

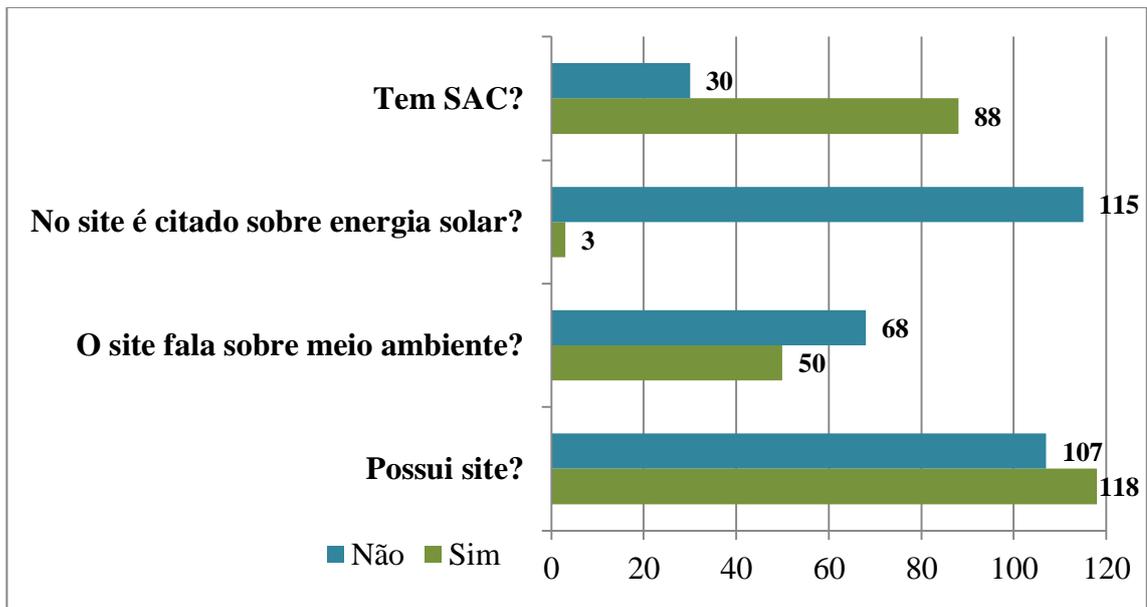
Figura 3 – Localização dos laticínios no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise da existência de sites entre os empreendimentos de laticínios identificados revelou que 118 dos 225 empreendimentos analisados possuem presença online, enquanto 107 não dispõem de um site oficial (Figura 4). A presença online é um indicativo importante da visibilidade e acessibilidade das informações desses estabelecimentos

Figura 4 – Informações sobre meio ambiente disponibilizadas pelos laticínios de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor

Dos 118 empreendimentos que possuem sites, apenas 50 apresentaram informações relacionadas a ações em prol do meio ambiente (Figura 4). Isso sugere que, embora haja uma presença online considerável, nem todos os empreendimentos divulgam suas práticas sustentáveis de maneira transparente.

A utilização de energia solar foi identificada em apenas 3 dos 118 empreendimentos com sites (Figura 4). Isso demonstra uma adesão relativamente baixa a práticas de energia renovável entre os laticínios analisados, indicando um potencial de melhoria na adoção de fontes mais sustentáveis.

A presença de Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) foi verificada em 88 dos 118 empreendimentos com sites. Esse resultado aponta para uma disposição significativa por parte das empresas em estabelecer canais de comunicação direta com os consumidores, promovendo a transparência e o comprometimento com a qualidade do atendimento.

5.3. Implicações para a sustentabilidade no setor

Os resultados indicam uma variedade de intensidades de engajamento ambiental dos empreendimentos de laticínios em Minas Gerais. Enquanto uma parte significativa possui presença online, uma parcela menor divulga suas ações ambientais e utiliza energia solar. A baixa divulgação de ações em prol do meio ambiente e o limitado uso de energia solar apontam para oportunidades de melhoria na adoção de práticas sustentáveis.

A integração da energia solar no panorama energético global não apenas traz benefícios ambientais, mas também impacta positivamente os setores econômico e social. A compreensão abrangente desses ganhos é essencial para fortalecer a defesa da energia solar como um elemento central do desenvolvimento sustentável.

5.3.1. Benefícios Econômicos

Os investimentos em energia solar não apenas proporcionam economias substanciais ao longo do tempo, mas também apresentam uma série de benefícios adicionais. Além dos custos de operação e manutenção geralmente baixos, a fonte de energia solar é gratuita e inesgotável, o que não apenas reduz a dependência de fontes de energia mais caras e voláteis, como os combustíveis fósseis, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental a longo prazo. Essa transição para a energia solar não só pode resultar em economias consideráveis para consumidores e empresas, conforme observado pela REN21 (2020), mas também desempenha um papel fundamental na descentralização da produção de energia.

Conforme destacado pela Agência Internacional de Energia (IEA) (2019), a energia solar possibilita a descentralização da produção de energia, permitindo que micro e pequenas empresas participem ativamente do setor energético. Isso não apenas promove a autossuficiência energética em comunidades locais, mas também contribui para a criação de

uma rede energética mais resiliente e adaptável a futuras mudanças no cenário energético global.

5.3.2. Benefícios Sociais

O potencial transformador da energia solar é enfatizado pelo Banco Mundial (2020), que aponta para sua capacidade de democratizar o acesso à eletricidade, especialmente em comunidades remotas e isoladas. Além disso, a transição para fontes renováveis de energia tem o poder de impulsionar significativamente o mercado de trabalho, com a Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2018) prevendo a criação de até 24 milhões de empregos até 2030.

Além de seus benefícios econômicos e sociais, a implementação de projetos de energia solar em escolas públicas pode desencadear uma série de transformações positivas em comunidades inteiras. Estudos conduzidos pela Environmental Education Association (EEA, 2021) destacam que esses projetos não apenas fornecem energia limpa e acessível, mas também promovem a conscientização ambiental e a sustentabilidade, educando as gerações futuras sobre a importância das energias renováveis e incentivando práticas mais sustentáveis em toda a comunidade.

5.3.3. Benefícios Ambientais

A energia solar fotovoltaica é amplamente reconhecida pela IEA (2019) como uma das tecnologias mais promissoras para mitigar as emissões de CO₂, oferecendo uma solução eficaz para combater as mudanças climáticas. Além disso, estudos realizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE, 2020) demonstram que a adoção da energia solar pode resultar em uma economia considerável no uso de água, especialmente quando comparada às tecnologias termoelétricas, ajudando a preservar esse recurso vital.

A transição gradual dos combustíveis fósseis para a energia solar não apenas reduz as emissões de gases de efeito estufa, mas também auxilia na diminuição dos impactos ambientais adversos associados à extração, transporte e queima desses combustíveis, conforme defendido pelo World Wildlife Fund (WWF, 2021).

Esses benefícios da energia solar, respaldados por instituições de alcance global, evidenciam o papel transformador que a energia solar desempenha na consecução de um modelo de desenvolvimento genuinamente sustentável e alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, destacando seu potencial para promover um futuro mais limpo, resiliente e sustentável para as gerações presentes e futuras.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho representa um esforço significativo para compreender e abordar questões cruciais na indústria de laticínios em Minas Gerais. Ao delinear e alcançar os objetivos específicos traçados no início desta pesquisa, conseguimos não apenas diagnosticar desafios, mas também destacar oportunidades para promover práticas mais sustentáveis e eficientes no setor.

A análise detalhada do consumo de energia na indústria de laticínios em Minas Gerais evidenciou a urgência de implementar medidas de eficiência energética. A eficiência energética não só representa uma estratégia para reduzir custos operacionais, mas também desempenha um papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais associados à produção de laticínios. A consideração cuidadosa da energia solar como uma alternativa promissora destaca a importância de explorar fontes renováveis para impulsionar a sustentabilidade.

O levantamento de dados, tanto por meio de inspeções online, proporcionou uma visão abrangente dos empreendimentos de fabricação de laticínios em Minas Gerais. A análise da distribuição geográfica, a existência de sites, a participação em ações ambientais e a adoção de energia solar revelaram um panorama diversificado de práticas. A inclusão de critérios éticos e de segurança de dados demonstra o compromisso com uma pesquisa sólida e responsável.

Os resultados obtidos não são apenas números e estatísticas; são reflexos das práticas adotadas pelas empresas, impactando diretamente a sustentabilidade no setor. A variedade de abordagens identificadas destaca a necessidade de estratégias diferenciadas para promover a conscientização e incentivar práticas mais responsáveis. A presença de SAC e a transparência

nas ações sustentáveis também emergem como fatores-chave na construção de uma imagem corporativa comprometida com a responsabilidade ambiental.

Ao analisar os resultados, não apenas diagnosticamos o estado atual da sustentabilidade na indústria de laticínios, mas também identificamos implicações significativas. As recomendações estratégicas derivadas desta pesquisa têm o potencial não apenas de informar decisões empresariais, mas também de orientar políticas públicas que visam transformar o setor em direção a práticas mais sustentáveis.

Em última análise, este estudo não apenas contribui para a compreensão crítica das práticas na indústria de laticínios, mas também serve como um chamado à ação. A busca contínua por inovações, a promoção de boas práticas ambientais e a conscientização dos diversos stakeholders são essenciais para moldar um futuro em que a produção industrial coexista harmoniosamente com o meio ambiente, promovendo um setor de laticínios verdadeiramente sustentável em Minas Gerais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHILLER, Rafael. El sol: nuestra estrella, nuestra energía. **Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional-Ministerio de Fomento**, p. 381-382, 2009.
- Carvalho A, Matos HA, Gani R (2013) SustainPro - A tool for systematic process analysis, generation and evaluation
- CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica. Rio de Janeiro, 2006.
- CRESESB. Energia Solar – Princípios e Aplicações. 2006.
- Department of Energy (DOE). **The Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities**. 2020
- EEA. **Educational outcomes of environmental education: Educating for sustainability**, 2021
- FEARNSIDE, Philip Martin. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras-Volume 2. 2015.
- FEIL, Alexandre André et al. Sustainability in the dairy industry: a systematic literature review. **Environmental science and pollution research**, v. 27, p. 33527-33542, 2020.
- FLYSJÖ, Anna; THRANE, Mikkel; HERMANSEN, John E. Method to assess the carbon footprint at product level in the dairy industry. **International Dairy Journal**, v. 34, n. 1, p. 86-92, 2014.
- GERAIS, CEMIG-COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS. Alternativas energéticas: uma visão Cemig. **Belo Horizonte: CEMIG**, 2012.
- GOLDEMBERG, Jose. What is the role of science in developing countries?. **Science**, v. 279, n. 5354, p. 1140-1141, 1998.
- GONÇALVES, Narjara Prates; MADERI, Talita Ruas; SANTOS, Pitágoras Fonseca. Avaliação das práticas ambientais em indústrias de laticínios–estudo de caso. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 2, 2017.
- HOEN, Ben et al. Residential photovoltaic energy systems in California: The effect on home sales prices. **Contemporary Economic Policy**, v. 31, n. 4, p. 708-718, 2013.
- HUNT, Julian David; STILPEN, Daniel; DE FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos. A review of the causes, impacts and solutions for electricity supply crises in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 88, p. 208-222, 2018

IEA. **World Energy Outlook 2019**, 2019

IMHOFF, Johninon et al. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. 2007.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN, 2008.

Modo artesanal de fazer queijo de Minas. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Modo%20artesanal%20de%20fazer%20queijo%20de%200Minas.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

JARDIM, Carolina da Silva et al. A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno. 2007.

LAWDER, José Henrique et al. Análise energética e econômica em uma agroindústria de laticínios. 2012.

LI, Yongbo; MATHIYAZHAGAN, K. Application of DEMATEL approach to identify the influential indicators towards sustainable supply chain adoption in the auto components manufacturing sector. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 2931-2941, 2018.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. ENERGIA EÓLICA. 2. Ed São Paulo: Artliber Editora, 2012.

MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A. PROCEL. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. **Itajubá, MG**, 2006.

MATHEWS, John A.; BARONI, Paolo. The industrial logistic surface: Displaying the impact of energy policy on uptake of new technologies. *Energy*, v. 57, p. 733-740, 2013.

MOLYNEAUX, Lynette et al. Resilience and electricity systems: A comparative analysis. **Energy policy**, v. 47, p. 188-201, 2012.

MYDOCK III, Suni et al. Influence of made with renewable energy appeal on consumer behaviour. **Marketing Intelligence & Planning**, v. 36, n. 1, p. 32-48, 2018.

OIT. World employment and social outlook 2018: Greening with jobs. Geneva: International Labour Organisation (ILO), 2018.

PEREIRA, M. D. **Caracterização da produção de queijo artesanal proveniente de agricultores familiares do município de Lima Duarte.** 2016. Dissertação (Aperfeiçoamento/Especialização em Extensão Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

published by The Fairmont Press, Inc., 2013.

- REN21. **Renewables 2020 Global Status Report**, 2020.
- REN21. **Renewables Energy: Global Status Report**, 2023.
- SANTOS, Hudson Carlos Maia et al. Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 3470-3482, 2017.
- SILVA, Paulo César. **Gestão da energia na indústria de laticínios**. 2014. Tese de Doutorado. [sn].
- SIQUEIRA, K.; SCHETTINO, J. P. J. **O consumo de queijos pelos brasileiros**. 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/kennya-siqueira/o-consumo-de-queijos-pelos-brasileiros-225212/>. Acesso em: 04 jan. 2024.
- STILPEN, D.; CHENG, V. Electricity supply crisis in Brazil: Problems and opportunities. In: **10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES)**. 2015.
- THUMANN, A.; NIEHUS, T.; YOUNGER, W. J. **Handbook of energy audits**. Lilburn:
- TIBA, Chigueru et al. Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres. **Recife: Editora Universitária da UFPE**, v. 32, 2000.
- VILELA, Duarte et al. Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro. **Simpósio Sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil**, v. 1, p. 1-26, 2002.
- WANG, Lijun. Waste management in food processing. **Advances in food process engineering** (ed. JK Sahu). Taylor and Francis Group, USA, p. 559-593, 2014.
- WORLD BANK. **World development report 2020: Trading for development in the age of global value chains**. The World Bank, 2019.
- World Wildlife Fund (WWF). **The Energy Report: 100% Renewable Energy by 2050**. 2021
- ZEMAN, M. et al. High-efficiency crystalline silicon solar cell architectures. In: **2018 12th International Conference on Advanced Semiconductor Devices and Microsystems (ASDAM)**. IEEE, 2018. p. 1-6.

APÊNDICE A

EMPREENDIMENTO	CIDADE	SIF
COOPERATIVA DE PRODUTORES DE LEITE DA BACIA DO RIO PARANAIBA LTDA	Abadia Dos Dourados	2651
LATICINIO SERRA NOVA LTDA	Águas Formosas	1429
LATICINIOS DONA FORMOSA LTDA	Águas Formosas	3771
MIKI LATICINIOS LTDA	Aiuruoca	2441
R 2 INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS LTDA	Aiuruoca	5129
MUNHOZ INDÚSTRIA E COMÉRCIO	Alfenas	3289

DE PRODUTOS ALIMENTICIOS LTDA		
LATICÍNIOS DOMINGOS NETO LTDA	Alfredo Vasconcelos	2891
MARCELIO DE LIMA SANTOS - EIRELI	Alpinópolis	2814
SANMARIANA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Alpinópolis	2753
COOPERATIVA AGROPECUARIA VALE XOPOTO LTDA	Alto Rio Doce	197
INDÚSTRIA DE LATICINIOS RIGONI LTDA - ME	Andradas	2766
LATICINIOS ROSENA LTDA	Andrelândia	1631
YEMA DISTRIBUIDORA DE ALIMENTOS S. A.	Andrelândia	3932
JLD AGROINDUSTRIA LTDA - EPP	Antônio Carlos	1759
LATICINIO PORTO RICO LTDA	Antônio Carlos	5430
LATICINIOS ICAYUSA LTDA	Antônio Carlos	3381
LATICÍNIOS NOSSO LTDA	Antônio Carlos	4310
ARALAT - ARAGUARI LATICINIOS LTDA EPP	Araguari	1980
LATICINIOS TIROLEZ LTDA	Arapuá	2971
GOLDEN FRIOS DISTRIBUIDORA LTDA	Araxá	1284

ATALAT INDUSTRIA E COMERCIO DE LATICINIOS LTDA	Ataléia	107
LATICÍNIO DACHÁCARA LTDA - EPP	Bandeira	1389
INDÚSTRIA DE LATICINIOS BANDEIRANTES LTDA	Bandeira Do Sul	3124
BLU ALIMENTOS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Barbacena	399
LATICÍNIOS VILLAGGE INDÚSTRIA E COMÉRCIO EIRELI	Barbacena	3435
NATURAL DE MINAS DISTRIBUIÇÃO E COMÉRCIO DE GENEROS ALIMENTÍCIOS LTDA - ME	Barbacena	682
CICINIO ITAMAR PIMENTA	Boa Esperança	1114
COOPERATIVA AGROPECUÁRIA DE BOA ESPERANÇA LTDA	Boa Esperança	1004
LATICÍNIOS ESTRELA DA MANTIQUEIRA BOCAINA DE MINAS LTDA	Bocaina De Minas	2279
LATICÍNIOS ESTRELA DO NORTE	Bocaina De Minas	2327
REAL COMERCIO E LATICINIOS LTDA	Bom Jardim De Minas	514
LATICINIOS INDUSTRIA E COMERCIO TIA LOURDES LTDA - EPP	Borda Da Mata	4009
LATICINIOS TOLEDO LTDA	Borda Da Mata	2005

INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS VALE DOS BURITIS LTDA	Buritis	3420
LATICINIOS PALMITAL LEITE ME	Cabeceira Grande	2158
GRANPARMA AGRO INDUSTRIAL EIRELI - EPP	Cachoeira De Minas	3604
FABRICAÇÃO DE DOCES DOCURA DA FAZENDA LTDA - EPP	Cambuí	3966
LATICINIOS CAMBUIENSE INDUSTRIA E COMERCIO LTDA ME	Cambuí	189
LATICÍNIOS HELOISA LTDA	Cambuí	2467
PORTÃO DE CAMBUÍ DOCES E LATICÍNIOS LTDA	Cambuí	258
DOCE MINEIRO LTDA	Campina Verde	2635
LATICINIOS CAMPOS GERAIS LTDA - EPP	Campos Gerais	1829
JOAO VICTOR COSTA CAMPOS - LATICINIOS	Cantagalo	3895
LACTICINIO YOGUEDES INDÚSTRIA & COMÉRCIO LTDA	Caraí	3339
DO PÉ AO POTE PRODUTOS ALIMENTICIOS LTDA ME	Carmo De Minas	694
LATICÍNIOS NOVA SAFRA	Carvalhos	2036

INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS COIMBRA LTDA	Coimbra	1490
LATICÍNIOS CONCEIÇÃO DAS PEDRAS LTDA	Conceição Das Pedras	1344
NOTELLI INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS LTDA	Conceição Do Rio Verde	5086
COOPERATIVA MISTA DOS PROD. RUR. DE CONS. PENA LTDA	Conselheiro Pena	363
INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS CORONATA LTDA	Coromandel	546
LEITERIA CABRIOLA - FROMAGES DE CHEVRE LTDA - ME	Coronel Pacheco	2589
LATICINIOS NATALAC LTDA - ME	Cristina	1174
USINA DE BENEFICIAMENTO PAIOLZINHO LTDA	Cruzília	2530
LATICINIOS AVEIROS LTDA - ME	Cumbuquira	1830
LATICINIOS SERRA DA CANASTRA LTDA	Delfinópolis	316
LATICINIOS DAHIR LTDA	Divinésia	3064
ANA LUCIA LATORRE DE AZEVEDO	Espera Feliz	19
LATICÍNIOS DOURADO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Espírito Santo Do Dourado	3513

LATICÍNIOS EXTREMA LTDA	Extrema	3977
LATICÍNIOS CORTEZ INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Faria Lemos	4102
LATICÍNIOS PIALLET EIRELI	Florestal	872
COOPERATIVA DOS PRODUTORES RURAI S DE FRANCISCO SA LTDA	Francisco De Sá	382
SANTA CRUZ FRIOS	Franciscópolis	2029
LATICÍNIOS SABOR DE MINAS LTDA	Frutal	3886
PRODUTORES	Frutal	1784
INDÚSTRIA E COMÉCIO DE LATICÍNIOS GUGU LTDA	Galiléia	4107
BARBOSA & MARQUES S/A (QUEIJOS REGINA)	Governador Valadares	1219
COOPERATIVA AGRO PECUARIA VALE DO RIO DOCE LTDA	Governador Valadares	4248
INDUSTRIA DE BENEF. DE LEITE PEROLA DE MINAS LTDA - ME	Guaranésia	3293
VEREDA ALIMENTOS LTDA	Guarará	2527
AGRO LEITE NOROESTE INDUSTRIA E COMERCIO LTDA ME	Guarda-Mor	1588
LATICÍNIOS GUIMARANIA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Guimarânia	1195

INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS VINDANATA LTDA	Guiricema	4194
CANTO DE MINAS	Ibiá	2325
GRANJA LEITEIRA XAVIER LTDA - ME	Ingaí	3530
DELBOM	Ipanema	2312
HS LATICÍNIO LTDA	Ipanema	1410
LATICÍNIOS MANIA LTDA	Ipatinga	2779
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIO VILA NOVA LTDA	Itabirinha De Mantena	4586
FÁBRICA DE DOCES ENSA LTDA	Itajubá	4697
COOPERATIVA DOS PRODUTORES RURAIS DE ITAMBACURI LTDA	Itambacuri	1524
LATICÍNIO SANTA IZABEL EIRELI	Itambacuri	217
LATICÍNIOS ALHAMBRA LTDA	Itanhandu	171
ENTREMINAS INDUSTRIA E COMERCIO DE LATICÍNIOS LTDA	Itapagipe	9
TOLEDO DE MINAS LTDA - ME	Itapagipe	2016
BONOLAT ALIMENTOS LTDA	Itapegipe	2634
LATICÍNIO MINAS GERAIS LTDA	Ituiutaba	3782
LATICÍNIOS COALHADAS LTDA	Juiz De Fora	1948

RPC LATICÍNIOS LTDA	Juiz De Fora	3027
TRÊS MARIAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Lagamar	3058
LATICINIOS NORTE DE MINAS EIRELI - ME	Lagoa Dos Patos	2339
INDUSTRIA E COMERCIO DE LATICINIOS FORMOSA LTDA	Lagoa Formosa	2004
LATICINIOS MONJOLINHO DE MINAS LTDA - ME	Lagoa Formosa	434
LATICINIOS NOROESTE LTDA	Lagoa Grande	4038
LATICINIOS MODELO INDUSTRIA E COMERCIO LTDA - M	Lamim	875
DAN VIGOR INDUSTRIA E COMÉRCIO DE LATICINIOS LTDA	Lavras	2890
LATICINIOS D'ANNITA LTDA	Lavras	4209
LATICINIOS NORUEGA EIRELI - EPP	Leopoldina	1148
AGROINDUSTRIA E COMÉRCIO SERRA NEGRA LTDA	Lima Duarte	3369
LATICINIOS SABOR DA SERRA LTDA	Lima Duarte	2938
INDUSTRIA DE LATICINIOS 2 IRMÃOS LTDA	Luminárias	4152
RESERVA DE MINAS INDÚSTRIA E	Machado	3939

COMÉRCIO LTDA ME		
LATICINIOS MADRE DE DEUS DE MINAS LTDA	Madre De Deus De Minas	4480
INDUSTRIA & COMERCIO IRMAOS & IRMAOS LTDA	Malacacheta	3540
LATICINIO SALDALIS S.A.	Malacacheta	1151
TANGARA IMPORTADORA E EXPORTADORA S/A	Manhuaçu	899
MARESP	Mar De Espanha	205
LATICINIOS SOBERANO LTDA EPP	Maria Da Fé	590
LATICINIOS SIBERIA LTDA	Marmelópolis	4575
MOREAL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS LTDA	Matias Barbosa	1003
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS DE MATO VERDE LTDA	Mato Verde	2709
VLF IMPERIAL LATICINIOS LTDA	Medina	1068
VILLAM LATICINIOS LTDA	Mendes Pimentel	2854
LATICINIOS MARIA CLARA LTDA - EPP	Mercês	3601
DOCES MIRAHY LTDA	Miraí	4231
LATICINIOS GARCIA BONATO LTDA	Miraí	3739

MARCELO ALEXANDRE MARIANO ME	Monte Belo	1711
ROMEU LABIGALINI LTDA	Monte Sião	3748
COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE LEITE DO NORTE DE MINAS LTDA - COOPNORTE	Montes Claros	2470
COMERCIAL ABREU LIMA LTDA - ME (LATICÍNIOS BENVITA)	Muriaé	1511
LATICINIO YLAFRUT LTDA	Muriaé	1228
SCAYNERS CLUB INDÚSTRIA COMÉRCIO E REPRESENTAÇÕES LTDA - ME	Muriaé	4255
LATICINIOS MUTUMILK LTDA	Mutum	4153
ORGANIZAÇÕES KAKINHO E FILHOS LTDA	Mutum	2376
LATICINIOS MUUUSA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Muzambinho	4204
COOPERATIVA AGROPECUARIA DE NATERCIA LTDA	Natércia	1374
VICENTE ROBERTO DE CARVALHO & CIA LTDA	Nazareno	2336
LATICINIOS NAQUE EIRELI	Nhaque	2899
BORDA DO CAMPO ALIMENTOS	Olímpio Noronha	4052

LTDA		
INDUSTRIA E COMERCIO DE LATICINIOS MINAS LACTO LTDA	Ouro Fino	1845
LATICINIO MORIÁ LTDA - ME	Ouro Fino	500
COOPERATIVA AGROPECUÁRIA DO VALE DO PARACATU LTDA	Paracatu	1590
LATICINIOS PASSA QUATRO LTDA	Passa Quatro	3132
SANTO REINO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS LTDA	Passa Quatro	4085
COOPERATIVA MISTA AGRO PECUARIA DE PATOS DE MINAS LTDA	Patos De Minas	1320
ENTREPOSTO DE MINEIRINHO DA SERRA QUEIJOS ARTESANAIS LTDA - EPP	Patos De Minas	1415
LACTOWAL LATICINIOS LTDA	Patos De Minas	4080
LATICINIOS SILVA E OLIVEIRA LTDA (LACTICIONOS HEBRON)	Patos De Minas	1476
SCALON & CERCHI LTDA	Patrocínio	2835
GODIVA ALIMENTOS LTDA	Patrocínio Do Muriaé	3271
LA DE MINAS INDUSTRIA LTDA	Paula Cândido	2232
LATICÍNIOS ESPLANADA LTDA	Paulistas	3032
LATICINIOS PECANHA LTDA	Pecanha	1966

DANONE LTDA	Poços de Caldas	344
DOCES TATITÂNIA LTDA	Poços De Caldas	4385
COOPERATIVA CENTRAL MINEIRA DE LATICINIOS LTDA CEMIL	Ponte Nova	4422
LATICINIOS PORTO ALEGRE INDUSTRIA E COMERCIO S/A	Ponte Nova	417
Deusdete Soares da Silva & Cia LTDA	Porteirinha	1835
LATICINIOS SABOR DO CAMPO LTDA	Poté	1821
LATICINIOS ECONATA LTDA	Pouso Alegre	4058
ITAMONTES QUEIJOS LTDA	Pouso Alto	1812
LATICÍNIO COSTA NILO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Pouso Alto	5199
LATICÍNIO NATA REAL LTDA	Pouso Alto	5139
COOPERATIVA DOS PRODUTORES RURAI DO PRATA LTDA	Prata	218
LATICÍNIOS LD	Pratinha	2281
LATICÍNIOS FAZENDA REAL LTDA ME	Presidente Bernardes	874
COOPERATIVA AGRO PECUÁRIA DE RAUL SOARES	Raul Soares	91
LATICINIOS CACIQUE LTDA	Rio Espera	2086

LATICINIOS G.F IND. & COM. LTDA - ME	Rio Paranaíba	3324
RIOLAC INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS LTDA	Rio Paranaíba	2296
LATICÍNIOS RIO POMBA LTDA	Rio Pomba	2802
LUMEN - COMÉRCIO E INDÚSTRIA ALIMENTÍCIAS LTDA	Rio Pomba	2762
LATICÍNIO TAQUARI LTDA ME	Santa Juliana	2217
COOPERATIVA REGIONAL AGROPECUARIA DE SANTA RITA DE CALDAS LIMITADA	Santa Rita De Caldas	3118
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS REX LTDA	Santa Rita De Caldas	1292
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS BRETUTI LTDA	Santa Rita De Caldas	4453
LATICÍNIOS EDEM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Santa Rita De Ibitipoca	1800
LATICINIOS PONTE NOVA - EIRELI	Santa Rita De Ibitipoca	3758
LATICINIOS SANTA RITA LTDA	Santa Rita De Minas	2966
LATICINIOS CATUPIRY LTDA	Santa Vitória	1902
LATICINIOS DIGUDINHO EIRELI - EPP	Santana Do Manhuaçu	3437
AGROPECUARIA SOUZA ANTUNES	Santanda Do Manhuaçu	2667

LTDA		
SABOROSO S/A	São Francisco	61
LATICINIOS MONTE CELESTE LTDA	São Geraldo	201
COOPERATIVA AGRO PECUÁRIA DO VALE DO SAPUCAÍ LTDA	São Gonçalo Do Sapucaí	3154
SG LAC INDUSTRIA DE LATICINIOS LTDA	São Gotardo	2881
MOCOCA S. A. PRODUTOS ALIMENTICIOS	São João Batista Do Glória	3131
LATICINIOS Q'NUTRY LTDA	São João Del Rei	3129
LATICÍNIOS VITÓRIA LTDA	São João Del Rei	2215
LATICÍNIOS GARDINGO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	São João Do Oriente	1534
HARIBOL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS LTDA - ME	São Lourenço	1015
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS SÃO LOURENÇO	São Lourenço	3809
NASCIMENTO & FILHO INDUSTRIA E COMERCIO DE DOCES LTDA	São Lourenço	4213
NASCIMENTO & NASCIMENTO INDUSTRIA E COMERCIO DE ALIMENTOS LTDA - EPP	São Lourenço	1044

CRISTIANO SOARES DE FREITAS - LATICÍNIOS	São Miguel Do Anta	3298
LATICÍNIO SUACUI PRIME LTDA	São Pedro Do Suaçuí	1971
AGROPECUARIA TUIUTI S. A.	São Sebastião Da Bela Vista	1107
GONÇALVES SALLES S/A INDÚSTRIA E COMÉRCIO	São Sebastião Do Paraíso	1492
INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NOVA INDIANA LTDA - EPP	São Sebastião Do Rio Verde	438
COOPERATIVA MISTA DOS PRODUTORES RURAIS DE BOM SUCESSO LTDA	São Tiago	405
LATICÍNIOS SANTIAGO LTDA	São Tiago	4259
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LATICÍNIOS QUEIJOS DA SERRA LTDA - ME	São Vicente De Minas	183
POLENGHI INDUSTRIAS ALIMENTICIAS LTDA	São Vicente De Minas	486
LATICÍNIOS UNION LTDA	Senador Firmino	2767
INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS SERITINGA LTDA	Seritinga	1327
CORPLES	Serrania	2320
INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	Silvianópolis	829

SILVIANÓPOLIS LTDA		
ALCREMO INDUSTRIA E COMERCIO DE LATICINIOS LTDA	Soledade De Minas	1804
LEITE ALVORADA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA ME	Soledade De Minas	3803
COMERCIO & INDUSTRIA EMES LTDA (LATICÍNIOS SOUVENIR)	Tabuleiro	3444
ELIZABETE FRANCISCA DOS SANTOS & CIA LTDA	Teixeiras	4079
LATICINIOS REZENDE LTDA	Teófilo Otoni	1124
M. M. INDUSTRIA E COMERCIO EIRELI	Tocantins	1719
GOIASMINAS INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS LTDA	Três Corações	1986
LATICÍNIOS DAFLORA LTDA	Três Corações	1346
LATICÍNIOS RANCHO DE MINAS LTDA	Três Corações	3902
COOPERATIVA DOS CAFEICULTORES DA ZONA DE TRES PONTAS LTDA	Três Pontas	767
CIA MINEIRA DE LATICINIOS LTDA	Tupaciguara	653
LATICINIOS SANTIAGO & CORDEIRO LTDA - EPP	Turmalina	3579
LATICINIOS UBARI LTDA - EPP	Ubá	4082

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE DA AGRICULTURA FAMILIAR DE UBAÍ E REGIÃO APLAFU	Ubaí	5239
AGRONELLI AGROINDÚSTRIA LTDA (PORTO REAL)	Uberaba	4296
LATICÍNIO TAQUARI LTDA	Uberaba	2263
LATICÍNIOS UBERABÃO LTDA	Uberaba	1014
CALU	Uberlândia	2182
F. FILHOS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Uberlândia	2921
FAMA DOCES INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Uberlândia	3786
TOURINHO ALIMENTOS LTDA	Uberlândia	1005
COOPERATIVA AGROPECUARIA UNAI LTDA	Unaí	1403
EDINEI A DE FREITAS LATICÍNIOS (LATICÍNIOS UAI)	União De Minas	4276
PAUMA DE OURO QUEIJOS E LATICINIOS LTDA	Varjão De Minas	2800
FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES	Viçosa	1076
JERSEY VALE AGROINDUSTRIAL EIRELI - EPP	Virgínia	3985

COOPERATIVA DOS PRODUTORES RURALS DE VIRGINOPOLIS LTDA	Virginópolis	1149
LATICINIOS MANTIQUEIRA LTDA - EPP	Wenceslau Braz	2188