

PEDRO PAULO OLIVEIRA MILARÉ

**AGRICULTURA DIGITAL: PRINCIPAIS IMPACTOS E OBSTÁCULOS
NO MERCADO DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL**

Monografia de Bacharelado em Ciências Econômicas

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária

PUC - São Paulo

Maior/2023

PEDRO PAULO OLIVEIRA MILARÉ

AGRICULTURA DIGITAL: PRINCIPAIS IMPACTOS E OBSTÁCULOS NO
MERCADO DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL

Monografia submetida à apreciação de banca
examinadora do Departamento de Economia, como
exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Econômicas, elaborada sob a orientação do
Professor Joao Ildebrando Bocchi

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária

PUC - São Paulo

Mai/2023

Esta monografia foi examinada pelos professores abaixo relacionados e aprovada com nota final _____ (_____).

Autorizo a disponibilização desta monografia para consulta pública e utilização como referência bibliográfica, mas sua reprodução total ou parcial somente pode ser feita mediante autorização expressa do autor, nos termos da legislação vigente sobre direitos autorais.

São Paulo, 26 de Maio de 2023 Assinatura: PPOMilaze'

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu irmão que sempre me incentivaram e sem eles a realização desse trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente a todos que contribuíram para a realização desta monografia.

Sou grato a meu orientador Joao Ildebrando Bocchi que compartilhou seu conhecimento e experiência, aprimorando este trabalho com insights e perspectivas relevantes.

Gostaria de agradecer aos meus amigos que me incentivaram e apoiaram durante todo o processo de elaboração da monografia, oferecendo palavras de encorajamento.

Ao meu pai ajudando no aperfeiçoamento deste trabalho e por me apoiar integralmente durante esse período.

A minha mãe que foi minha base emocional durante essa caminhada sempre me auxiliando nos momentos mais conturbados.

Ao meu irmão que também contribui com a evolução deste trabalho me proporcionando feedbacks construtivos e palavras de apoio.

É importante destacar a minha gratidão a todas as fontes de informação e dados utilizados neste trabalho, bem como às instituições e organizações que disponibilizaram recursos e materiais relevantes.

A conclusão desta monografia não teria sido possível sem a contribuição de todos vocês. Estou extremamente grato por ter tido a oportunidade de me desenvolver através deste projeto.

Novamente, gostaria de agradecer a todos que colaboraram para tornar possível a realização deste trabalho.

"A persistência é o caminho do êxito." (Charles Chaplin)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo geral abordar a Agricultura Digital e seus principais impactos e obstáculos no mercado da pecuária leiteira no Brasil. Para tanto, definiram-se os seguintes objetivos específicos: Analisar o mercado da pecuária leiteira no Brasil; Conceituar Agricultura digital; Identificar os principais impactos das tecnologias da Agricultura digital desempenham pecuária leiteira; Apresentar os principais obstáculos para aprimorar a utilização de tecnologias digitais na pecuária leiteira no Brasil. Com o presente trabalho foi possível concluir os avanços em tecnologias promovem uma maior eficiência e sustentabilidade para o setor, impulsionando o desenvolvimento da pecuária leiteira no Brasil.

Palavras-chave: Agricultura Digital; Pecuária leiteira.

ABSTRACT

The present work has the general objective of addressing Digital Agriculture and its main impacts and obstacles in the dairy farming market in Brazil. For that, the following specific objectives were defined: To analyze the dairy cattle market in Brazil; Conceptualize digital agriculture; Identify the main impacts of digital agriculture technologies on dairy farming; Present the main obstacles to improve the use of digital technologies in dairy farming in Brazil. With the present work it was possible to conclude the advances in technologies that promote greater efficiency and sustainability for the sector, boosting the development of dairy farming in Brazil.

Keywords: Digital Agriculture; Dairy farming

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MERCADO DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL E A INSERÇÃO DA AGRICULTURA DIGITAL	16
3	PRINCIPAIS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA PECUÁRIA LEITEIRA 22	
4	PRINCIPAIS OBSTÁCULOS NA UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA AGRICULTURA DIGITAL NA PECUÁRIA LEITEIRA	31
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de atividade leiteira brasileira de 2006 até 2017	19
Tabela 2 - Porcentagem de estabelecimentos e Quantidade de Leite produzido pela quantidade de litros diários	20
Tabela 3 - Quantidade de Fazendas por litros diários da fazenda.....	31

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de Leite sob inspeção no Brasil.....	17
Figura 2 - Desenvolvimento e validação de sensores de baixo custo para camas de Compost Barn.....	25
Figura 3 - Emissões líquidas de GEE pela Agricultura.....	26
Figura 4 - Fatores de monitoramento do bem-estar animal	29
Figura 5 - Produção, vacas ordenhadas e produtividade	33
Figura 6 - Interesses dos produtores ao adquirirem as tecnologias.....	35
Figura 7 - Principais obstáculos que os produtores enfrentam para a adoção das tecnologias em suas propriedades.	36

1 INTRODUÇÃO

A presente monografia tem como foco principal abordar a Agricultura Digital e seus principais impactos e obstáculos gerados no mercado da pecuária leiteira no Brasil.

A Agricultura no Brasil surgiu a partir da agricultura primitiva com a formação de sítios arqueológicos, que se localizavam, em sua grande maioria, ao redor dos vales dos rios, devido aos benefícios gerados pela água, tais como a terra fértil e úmida, pesca, caça de animais que se hidratavam no vale do rio. (REIFSCHNEIDER, 2010).

O desenvolvimento agrícola no Brasil se deu principalmente a partir da chegada dos colonizadores, que trouxeram novos vegetais e animais e forçaram os indígenas a trabalharem na agropecuária, acelerando o processo agrícola sendo esse movimento denominado por agricultura tropical incluindo diversos ciclos produtivos durante o percurso histórico da agricultura, como por exemplo: ciclo do pau-brasil, cana-de-açúcar, café, entre outros (REIFSCHNEIDER, 2010).

Levando em consideração os conceitos já apresentados sobre o assunto, pode-se também entender que a Agricultura é uma atividade milenar de extrema importância para a sociedade, sendo responsável pela produção de alimentos, matérias-primas e forragem a partir do cultivo de plantas e animais, tendo um papel fundamental para assegurar a subsistência da humanidade que está em constante crescimento.

Em uma conjuntura global de um crescimento populacional acelerado, com uma crescente escassez de terras e água, uma intensa alteração climática, com uma alteração do perfil dos consumidores demandando um atendimento digitalizado com alimentos que atendam mais suas necessidades nutricionais, se faz necessário que se empregue uma transformação digital, a partir da implementação das tecnologias de Informação e Comunicação com o intuito de gerar uma modificação estrutural do processo produtivo das empresas, aumentando a produtividade e atendendo a demanda desse novo perfil de consumidor (MASSRUHÁ, 2020)

Essa reestruturação do processo produtivo a partir da integração das tecnologias digitais deram início a agricultura digital. Segundo Massruhá (2020, p.29), “A agricultura digital consiste na inserção de tecnologias digitais em todas as fases da cadeia de valor tendo em vista a promoção de vantagens competitivas e benefícios socioambientais.”

Vale ressaltar que as tecnologias de informação e comunicação nas tecnologias do campo, permitem que o produtor tenha um volume maior de dados e informações de forma

automatizada, a partir das utilizações de sensores, robótica, geoprocessamento, procedimentos estatísticos. Aliado a esses fatores temos internet das coisas, é um conjunto de tecnologias que permitem que os dispositivos e sensores sejam remotamente conectados à *internet* permitindo assim um melhor monitoramento a tempo real do campo. (BASSOI *et al*, 2019)

Segundo o site do Ministério da Agricultura e Pecuária (2023), “O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades, empregando perto de 4 milhões de pessoas.”

No anuário do leite 2020 feito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), foi realizada a análise do crescimento da produção de leite entre 1990 a 2019 em que o Brasil teve um crescimento de 139% da produção de leite, enquanto que o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) real do Brasil, nesse mesmo período, foi de 96%, sendo assim a produção de leite teve um crescimento quase de 1,5 vez acima da média da economia. (ROCHA e CARVALHO, 2020)

Conforme foi apresentado a relevância do mercado da pecuária leiteira para o Brasil, as tecnologias empregadas pela Agricultura digital têm um papel fundamental para dar continuidade no desenvolvimento acelerado desse mercado. A inserção dessas tecnologias empregadas na atividade da pecuária leiteira denomina-se pecuária leiteira de precisão.

Para Pereira (ANUÁRIO DO LEITE, 2022, p.3) a pecuária de precisão “é uma postura gerencial amparada em tecnologias de informação e comunicação, que permitem a melhoria do controle da fonte de variabilidade animal e espacial, otimizando econômica, social e ambientalmente o desempenho de uma fazenda”.

Sendo assim as tecnologias permitem ao produtor um melhor gerenciamento do campo auxiliando sua tomada de decisão, além disso permitem aperfeiçoar a produção a partir de: uma utilização mais eficiente de recursos, diminuição da degradação ambiental, melhoria no bem-estar animal, na qualidade dos produtos e rastreabilidade. (Brainer *et al*, 2022).

Em uma matéria realizada pela Embrapa no anuário do leite 2020, foi feita uma comparação de 2006 e 2017, com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), analisando alguns indicadores da atividade leiteira, nesse estudo foi possível observar que durante esse período houve uma redução no número de produtores e no número de vacas ordenhadas. No entanto o número produção de leite aumentou de 20,568 para 30,156 bilhões de litros produzidos. O indicador de produtividade animal ilustra esse aumento a partir de uma

mudança estrutural que ocorreu durante o período, passando de 1618 para 2621 Litros/Vaca/Ano. (ROCHA e CARVALHO, 2020).

Outro ponto interessante apresentado dessa matéria no anuário do leite 2020, foi em relação ao perfil dos produtores, em que se teve uma separação dos estabelecimentos que produziam menos de 200 litros diários daqueles que produziam mais. No ano de 2006 apenas 3% dos estabelecimentos produziam mais de 200 litros diários, já em 2017 esse número foi para 35% dos estabelecimentos, o que mostra um movimento de grandes estabelecimentos aumentando a sua produção, a partir do aumento de produtividade em que as tecnologias associadas a assistência técnica aos produtores tiveram um impacto nesse movimento. (ROCHA e CARVALHO, 2020)

No ano 2021 o volume de leite produzido ficou praticamente estável em relação a 2020, com uma redução significativa do número de produtores de -5,5%. O que manteve a produção próxima da estabilidade foi a produtividade Litros/Produtor/Dia que aumentou em 4,6%. Somando a produção das 16 maiores empresas de Laticínios do Brasil equivaleram a metade da produção de leite formal captado em 2021, totalizando 12,5 bilhões de litros (ANUARIO LEITE, 2022).

Faz-se necessário, portanto, entender os conceitos relacionados a Agricultura digital e sua implementação no mercado da pecuária leiteira, pois são tecnologias que trazer uma série de benefícios a pecuária leiteira podendo ajudar a monitorar a saúde e o bem-estar dos animais, melhorar a nutrição e o manejo, reduzir os custos e aumentar a produção de leite.

Além disso a Agricultura Digital pode ser utilizada para melhorar e facilitar a gestão do produtor fornecendo informações importantes através do monitoramento das atividades do campo a partir de sensores e as demais tecnologias de informação e comunicação. Portanto a implementação da Agricultura digital na pecuária leiteira pode trazer melhorias ao mercado, aperfeiçoando a eficiência e a sustentabilidade das operações, reduzindo custos e aumentando a produtividade.

Sendo assim, a incorporação de tecnologias digitais no processo produtivo implementa uma série de resultados, e uma série de barreiras ao produtor. Esse trabalho irá analisar os resultados e barreiras principais para o mercado de pecuária leiteira

Discutir sobre Agricultura Digital e seus principais impactos e obstáculos no mercado da pecuária leiteira no Brasil justifica-se pela possibilidade de aumentar de forma significativa a produtividade desse mercado, pela inserção de novas tecnologias e inovações, utilizando

recursos como: i) inteligência artificial, ii) big data e iii) softwares e aplicativos específicos para o negócio.

Essas novas tecnologias aplicadas nesse campo são cada vez mais necessárias, especialmente considerando o contexto atual que se apresenta cada vez mais desafiador, já que há um crescimento populacional acelerado, como aumento de demanda e consequente necessidade de maior produção de alimentos de qualidade, sendo que em contrapartida as sociedades precisam reduzir os impactos ambientais. Ou seja, não há espaço para estender fronteiras agrícolas e o aumento de produtividade é a única maneira sustentável de atendimento das crescentes demandas.

Nesse contexto, nota-se que a agricultura digital implementada no mercado de pecuária leiteira é um elemento que impactará, direta ou indiretamente, o modelo de produção e de consumo desse negócio, além de influenciar o desenvolvimento econômico e ambiental do país, através do aumento de produtividade, da redução dos custos de produção, com consequente aumento da competitividade da pecuária nos mercados, tanto interno quanto externo.

Isso também traz elementos positivos aos consumidores, que terão acesso a produtos de maior qualidade, com preços mais acessíveis. A partir deste aumento de competitividade também será possível realizar o aumento da produção com um menor impacto ambiental.

De acordo com o Gil (2002, pg. 31), a hipótese consiste em prover uma solução possível, mediante uma proposição, ou seja, uma expressão verbal suscetível de ser declarada verdadeira ou falsa. Além disso as hipóteses têm a sua importância prática, no sentido de orientar o pesquisador na causa provável que se procura, e a teórica na qual coordena e completa os resultados já obtidos, a fim de facilitar o entendimento de seu estudo. Já para Prodanov e Freitas (2013, p.88-93), entende hipótese como “respostas” supostas e provisórias ao problema, sendo a principal resposta denominada de hipótese básica, podendo ser complementada por hipóteses chamadas secundárias.

Hipótese principal: As tecnologias utilizadas na Agricultura Digital geram impacto no mercado da pecuária leiteira no Brasil?

Hipótese secundária: As tecnologias utilizadas na Agricultura digital não geram impacto no mercado da pecuária da leiteira no Brasil?

Sendo assim, o presente trabalho estabeleceu como problema de pesquisa: quais os principais impactos e obstáculos que as tecnologias utilizadas na Agricultura digital geram no mercado da pecuária leiteira no Brasil?

E como objetivo geral da pesquisa: a identificação dos principais impactos e obstáculos que as tecnologias utilizadas na Agricultura digital geram no mercado da pecuária leiteira no Brasil.

Para alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos serão:

- i) Conceituar o mercado da pecuária leiteira no Brasil
- ii) Conceituar Agricultura digital
- iii) Identificar os principais impactos que as tecnologias da Agricultura digital desempenham no mercado da pecuária leiteira
- iv) Apresentar os principais obstáculos e pontos a serem melhorados para aprimorar a utilização de tecnologias digitais no mercado da pecuária leiteira no Brasil.

O presente trabalho consiste em pesquisa aplicada de caráter descritivo, que visa a identificação dos principais impactos e obstáculos que as tecnologias utilizadas na Agricultura digital geram no mercado da pecuária leiteira no Brasil.

Segundo Prodanov e Freitas (2013, p.52):

Pesquisa Descritiva: Quando o pesquisador apenas registra e descreve os fatos sem interferir neles. Visa a descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

Nesse sentido, os resultados serão apresentados de forma qualitativa e quantitativa, a partir da coleta de informações de fontes secundárias, incluindo publicações relacionadas a conceitos centrais de análise. Assim as principais fontes se darão a partir de trabalhos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), através de um conteúdo voltado para as principais tecnologias utilizadas pela Agricultura Digital; e dados relacionados ao mercado da pecuária leiteira tem como principal fonte o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Outros autores serão aproveitados de forma a gerar uma análise mais aprofundada sobre a relação entre as tecnologias utilizadas na Agricultura digital com o mercado da pecuária leiteira no Brasil.

2 MERCADO DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL E A INSERÇÃO DA AGRICULTURA DIGITAL

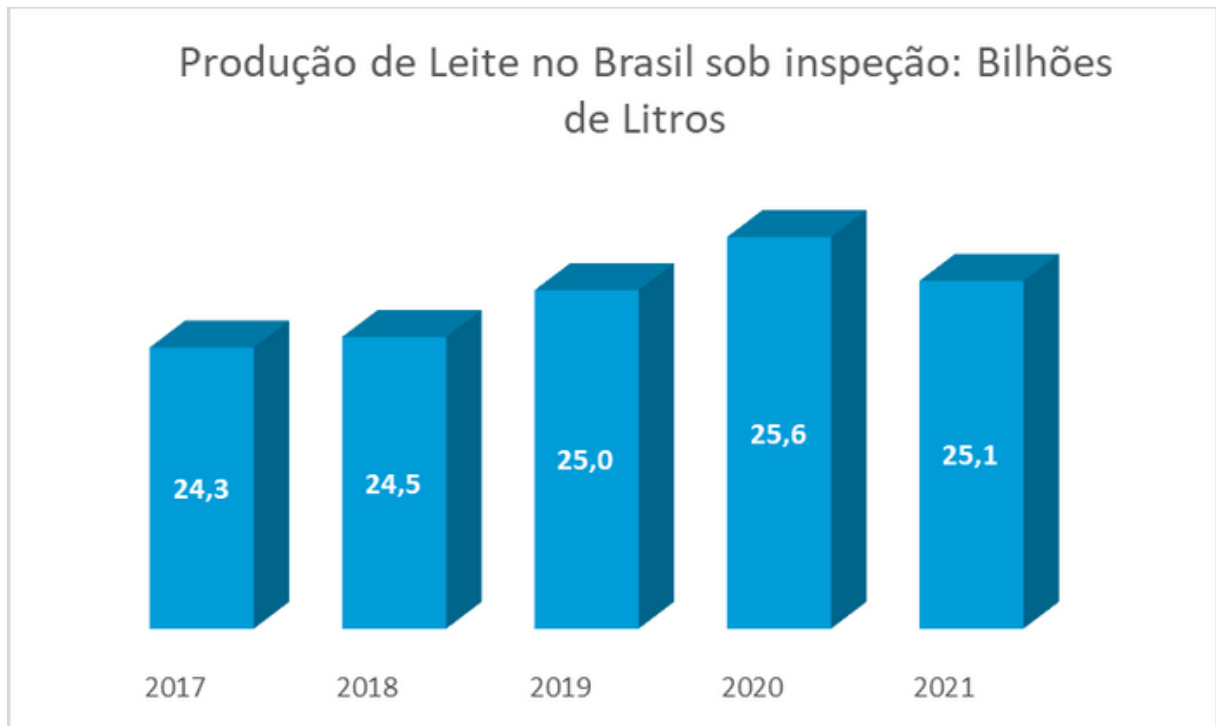
O presente capítulo tem como foco discorrer sobre mercado da pecuária leiteira no Brasil. Tal abordagem é necessária para entender o papel da produção de leite na economia do país e o potencial para o setor em adotar tecnologias da Agricultura Digital.

De acordo com os dados obtidos no site do Ministério da Agricultura e Pecuária, disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>, acessado em 26 de fevereiro de 2023, “O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades, empregando perto de 4 milhões de pessoas.”

Assim, o mercado da pecuária leiteira é de suma importância para a economia brasileira, sendo uma atividade que gera emprego e renda para milhões de brasileiros. Além de ser uma atividade que a produção teve um crescimento muito sólido durante a os últimos anos do Brasil.

Em uma matéria realizada no anuário do leite 2020 feito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), se analisou a evolução da produção de leite entre 1990 a 2019, e o Brasil apresentou um crescimento de 139% da produção de leite, enquanto que o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) real do Brasil, nesse mesmo período, foi de 96%, sendo assim a produção de leite teve um crescimento quase de 1,5 vez acima da média da economia. (ROCHA e CARVALHO, 2020)

Figura 1 - Produção de Leite sob inspeção no Brasil



Fonte: IBGE – Pesquisa Trimestral do Leite

Em uma matéria publicada no anuário leite 2022, mostrou que: a despeito dos problemas advindos da pandemia da Covid-19, 2020 foi um ano em que a produção de leite cresceu de forma significativa, por conta do aumento da demanda, e da rentabilidade do mercado. Já em 2021 houve um decréscimo da produção devido ao aumento da inflação e do desemprego. Prejudicando, portanto, a demanda já que a renda das famílias diminuiu e o preço do leite aumentou por conta do aumento de custos, gerando uma queda na rentabilidade. (ROCHA e CARVALHO, 2022).

No ano de 2022, segundo dados da Pesquisa Trimestral do Leite do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) os dados preliminares da produção de leite não são animadores. A média de produção dos 3 primeiros trimestres de 2022 está em 5,8 bilhões de litros sob inspeção. Apresentando a menor média dos últimos 3 anos já que a de 2020 foi 6,3 e 2021 6,2 bilhões de litros de leite sob inspeção produzidos.

A diminuição da produção dos últimos anos acompanha a demanda, pois nesse período além da diminuição da renda dos consumidores, houve o aumento de preços do leite por conta do aumento de custos para produção de leite, aumentando não só o preço do leite, mas como os insumos do leite, o que impactou o preço e a rentabilidade dos produtores.

No anuário leite 2022 realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), trouxe o conceito do Índice de Custo de Produção de Leite (ICPLEite) /Embrapa, que é variação do custo de produção de leite ao produtor em Minas Gerais que é o Estado mais relevante na produção de leite do país, sendo conhecido por “inflação do leite”. No ano de 2021 a inflação acumulada do custo de produção foi de 25,3%, enquanto a variação do valor acumulada de leite ao produtor de Minas Gerais, nesse mesmo período foi de 1,9%. Sendo assim o produtor teve o seu poder de compra bastante prejudicado no período. (LANA *et al*, 2022).

Portanto, o crescimento exacerbado dos custos de produção, a partir da inflação, vem causando um grande impacto no preço do leite e na rentabilidade do produtor, já que o valor acumulado do leite não vem acompanhando o aumento dos preços. Os insumos do leite exercem maior influência no custo de produção, sendo os insumos de alimentação o que apresentam maior influência

De acordo com Stock e Leite em uma matéria realizada no anuário do leite (EMBRAPA, 2022) o preço do milho e do farelo de Soja, a partir de dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) do IBGE, considerando uma composição padrão de 30% de farelo de soja com 70% de milho, a média dos custos vem crescendo ano após ano desde 2017. Apresentando um aumento significativo em 2021 tendo a sua média de preços reais com uma variação de 55% comparado com a média do período.

Já o preço do leite pago ao produtor teve um aumento de 27% em 2021 comparado com a média dos preços do leite no período. Porém mesmo com a variação percentual dos custos (55%) sendo maior do que o preço recebido ao produtor (27%), a margem real, calculada a partir preço líquido do leite sobre o custo da mistura de farelo de soja e milho, foi de 18% em 2021 compara com a média do período. Entretanto em janeiro de 2022 foi o de maior crescimento dos preços brutos pagos aos produtores chegando a US\$ 0,55/kg de leite.

Tendo em vista esse aumento constante e expressivo do preço dos insumos de alimentação, a rentabilidade dos produtores é prejudicada por esses fatores assim como o preço do leite, impactando diretamente tanto a oferta como a demanda por leite.

Segundo Leite e Stock (2022), em uma matéria da milkpoint sobre o mercado de insumos e seus impactos sobre a produção de leite, disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-mercado-de-insumos-e-seus-impactos-sobre-a-producao-do-leite-231814/>, acessado em 05/01/2023, afirma os insumos

relacionados a alimentação, principalmente soja e milho, do rebanho equivalem a 40 a 60% do custo total de produção do leite, variando de acordo com o sistema produtivo da e os preços relativos da região.

Além do aumento do preço ao produtor pela diminuição da oferta de grãos e de leite no mercado internacional, outro fator fundamental para a manutenção da rentabilidade do produtor foi a mudança estrutural do mercado da pecuária leiteira fazendo uma transição de uma produção mais familiar para um aumento de produção exacerbado para os grandes produtores a partir de um aumento da produtividade.

Em uma matéria realizada pela Embrapa no anuário do leite 2020, foi feita uma comparação de 2006 e 2017, com os dados do Instituto Brasileiro de Geometria e Estatística (IBGE). Analisando alguns indicadores da atividade leiteira, a partir da tabela 1 é possível observar que durante esse período houve uma redução no número de produtores e no número de vacas ordenhadas. No entanto o número produção de leite aumentou de 20,568 para 30,156 bilhões de litros produzidos, o indicador de produtividade animal ilustra esse aumento a partir de uma mudança estrutural que ocorreu durante o período, passando de 1618 para 2621 Litros/Vaca/Ano. (Rocha e Carvalho, 2020)

Portanto tivemos um grande aumento na produção de leite com menos vacas e produtores. Esses números fecham quando observamos a produtividade animal, que obteve um aumento expressivo em mais de 1000 litros por vaca no ano, aumento esse de 62% de 2006 a 2017.

Tabela 1 - Indicadores de atividade leiteira brasileira de 2006 até 2017

Indicador	Unidade	2006	2017	Varição Absoluta
Estabelecimentos com produção de leite	Milhões de Produtores	1,351	1,176295	-0,175
Rebanho de Vacas ordenhadas	Milhões de Cabeças	12,711	11,50679	-1,204
Quantidade de leite produzido	Bilhões de Litros	20,568	30,15628	9,589
Produtividade Animal	Litros/Vaca/Ano	1.618	2.621	1.003

Fonte: IBGE(Censo Agropecuário)/ Embrapa (Anuário Leite 2020)

Esse aumento na produtividade se deu principalmente por três fatores: aumento do profissionalismo na atividade leiteira; melhoramento genético animal e por fim uma maior utilização de tecnologias aliada com a assistência técnica.

Outro ponto interessante apresentado dessa matéria no anuário do leite 2020, foi em relação ao perfil dos produtores, em que, conforme podemos observar na tabela 2 se teve uma

separação dos estabelecimentos que produziam menos de 200 litros diários daqueles que produziam mais. No ano de 2006 apenas 3% dos estabelecimentos produziam mais de 200 litros diários, já em 2017 esse número foi para 35% dos estabelecimentos, o que mostra um movimento de grandes estabelecimentos aumentando a sua produção, a partir do aumento de produtividade em que as tecnologias associadas a assistência técnica aos produtores tiveram um impacto nesse movimento. (Rocha e Carvalho, 2020)

Tabela 2 - Porcentagem de estabelecimentos e Quantidade de Leite produzido pela quantidade de litros diários

Estrato de Produção	Estabelecimentos com Produção de Leite		Quantidade de Leite Produzido	
	2006	2017	2006	2017
Menos de 200 litros diários	97%	93%	65%	46%
Mais de 200 litros diários	3%	7%	35%	54%

Fonte: IBGE(Censo Agropecuário)/ Embrapa (Anuário Leite 2020)

No ano 2021 o volume de leite produzido no Brasil ficou praticamente estável em relação a 2020, com uma redução significativa do número de produtores de -5,5%. No entanto, a produtividade Litros/Produtor/Dia aumentou em 4,6%, o que ajudou a manter a produção próxima da estabilidade. Além disso, é interessante destacar que as 16 maiores empresas de laticínios do Brasil foram responsáveis por captar metade da produção de leite formal em 2021, totalizando 12,5 bilhões de litros. (Anuário Leite, 2022).

Nos últimos anos, a produção de leite tem se concentrado em fazendas cada vez maiores e com mais recursos tecnológicos, a partir da adoção de técnicas modernas de manejo e genética, além do uso de equipamentos avançados para ordenha e armazenamento do leite. Isso tem permitido que essas fazendas aumentem sua produção de leite e reduzam os custos de produção, tornando-as mais competitivas em relação a fazendas menores.

Portanto esses dados mostram como a concentração da produção de leite em grandes empresas tem se intensificado no país, o que pode ter impactos significativos na cadeia produtiva.

Em uma conjuntura global de um crescimento populacional acelerado, com uma crescente escassez de terras e água, uma intensa alteração climática, com uma alteração do perfil dos consumidores demandando um atendimento digitalizado com alimentos que atendam mais suas necessidades nutricionais, se faz necessário que se empregue uma transformação digital, a partir da implementação das tecnologias de Informação e

Comunicação com o intuito de gerar uma modificação estrutural do processo produtivo das empresas, aumentando a produtividade e atendendo a demanda desse novo perfil de consumidor (MASSRUHÁ, 2020)

Essa reestruturação do processo produtivo a partir da integração das tecnologias digitais deram início a agricultura digital. Segundo Massruhá (2020, p.29), “A agricultura digital consiste na inserção de tecnologias digitais em todas as fases da cadeia de valor tendo em vista a promoção de vantagens competitivas e benefícios socioambientais.”

As tecnologias digitais, a partir das tecnologias de informação e comunicação vem desempenhando um grande impacto na pecuária leiteira, permitindo uma agricultura mais eficiente e sustentável, aumentando a produtividade e reduzindo os custos de produção.

Vale ressaltar que as tecnologias de informação e comunicação nas tecnologias do campo, permitem que o produtor tenha um volume maior de dados e informações de forma automatizada, a partir das utilizações de sensores, robótica, geoprocessamento, procedimentos estatísticos. Aliado a esses fatores temos internet das coisas (IoT), é um conjunto de tecnologias que permitem que os dispositivos e sensores sejam remotamente conectados à *internet* permitindo assim um melhor monitoramento a tempo real do campo. (BASSOI *et al*, 2019).

Ao longo da discussão iniciada neste capítulo, fica claro da importância do mercado da pecuária leiteira para o Brasil, a partir dos dados apresentados e discutidos. Foi possível perceber também uma mudança estrutural que o mercado vem passando, passando com uma quantidade menor de produtores, só que com a implementação de tecnologias de informação e comunicação nos processos produtivos de modo a gerar uma maior produtividade, reduzindo custos e aumentando a qualidade do leite produzido.

Essa mudança foi pressionada por uma conjuntura global que estamos vivenciando com um crescimento populacional acelerado, escassez de recursos naturais e mudanças climáticas. Além disso o perfil do consumidor está mudando, exigindo um atendimento mais digitalizado, com alimentos de maior qualidade e que gerem um menor impacto ambiental.

3 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA PECUÁRIA LEITEIRA

A Pecuária Leiteira de Precisão (PLP) é uma abordagem moderna e tecnológica para a produção de leite que utiliza sistemas automatizados e avançados de monitoramento para maximizar a eficiência e a produtividade dos animais, reduzindo os impactos ambientais e sociais. Essa abordagem envolve o uso de sensores, software de gerenciamento de dados e tecnologias de automação para monitorar e gerenciar aspectos como alimentação, saúde, reprodução e bem-estar dos animais.

Para Pereira (ANUÁRIO DO LEITE, 2022, p.3) a pecuária de precisão “é uma postura gerencial amparada em tecnologias de informação e comunicação, que permitem a melhoria do controle da fonte de variabilidade animal e espacial, otimizando econômica, social e ambientalmente o desempenho de uma fazenda”.

Com base no conceito trazido pelo autor, é possível notar que a pecuária de precisão é, portanto, uma abordagem inovadora na gestão das fazendas que utiliza tecnologias avançadas de informação e comunicação para que os produtores possam ter um maior controle sobre a variabilidade animal e espacial, permitindo uma gestão mais assertiva e eficiente dos recursos disponíveis. Além disso, a Pecuária leiteira de precisão visa otimizar o desempenho da fazenda em termos econômicos, sociais e ambientais, buscando um equilíbrio entre a produção e a preservação do meio ambiente, bem como o bem-estar dos animais e das comunidades envolvidas na pecuária leiteira.

A pecuária leiteira é uma atividade que exige o monitoramento constante de modo a maximizar a saúde e a produtividade dos animais. Nesse contexto, o uso de tecnologias, como sensores podem auxiliar no monitoramento das variáveis produtivas, pois são capazes de fornecer informações precisas e em tempo real sobre as condições dos animais.

O Aproveitamento de sensores na pecuária leiteira pode facilitar a detecção de variáveis importantes da atividade leiteira como o estro, parto, doenças e diminuição da produtividade. A maioria dos sensores são binários emitindo um sinal de sim ou não para indicar a presença ou não de uma determinada condição. No entanto existem sensores que trazem resultado categóricos, ou seja, informações mais detalhadas sobre as condições detectadas (DOMINIAK E KRISTENSEN, 2017).

Os sensores são uma parte essencial das tecnologias utilizadas na pecuária, e para um melhor gerenciamento da propriedade são utilizados diversos sensores como: sensores de câmera, de imagem térmica infravermelha, acelerômetro, de movimento, pedômetros, sistemas de alimentação, reconhecimento facial, microfones entre outros. Na pecuária a utilização das tecnologias de gerenciamento como sensores computação em nuvem, inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (AM) e algoritmos avançados fornecem uma solução mais precisa ao produtor. Os sensores têm o papel de detectar ou medir elementos biológicos, químicos ou físicos, o *bigdata* armazena esses dados fornecidos pelos sensores, enquanto os algoritmos de IA e AM trazem uma análise desses dados e fazem previsões e notificações caso haja algo de anormal no processo produtivo (NEETHIRAJAN, 2020).

Fica claro, portanto, que a utilização dos sensores atua na detecção de variáveis importantes na atividade leiteira, como o estro, parto, doenças e diminuição de produtividade, entre outros. Além disso, destaca-se a importância de tecnologias avançadas como computação em nuvem, inteligência artificial, aprendizado de máquina e algoritmo utilizadas em conjunto com os dados fornecidos pelos sensores para ter um gerenciamento mais preciso da atividade.

Já o uso de software é fundamental para complementar a utilização dos sensores na pecuária. Os dados coletados a tempo real pelos sensores são armazenados em uma nuvem, onde são processados e analisados por meio de algoritmos de IA e AM. Os resultados dessa análise são apresentados ao produtor por meio de um software podendo ser acessado via computador ou celular. Portanto os *softwares* permitem que o produtor monitore o desempenho do rebanho em tempo real e receba notificações em caso de problemas ou anomalias (NEETHIRAJAN, 2020).

Dentre os sensores disponíveis, os colares são uma opção que permitem o monitoramento do comportamento do gado de forma precisa. Segundo Grinter *et.al* (2019) A utilização de colares possui uma variedade de sensores de monitoramento de comportamento do gado. Esses sensores podem medir uma série de parâmetros, como a taxa de ruminação, comportamento de alimentação e repouso, além de detectar eventos de estro. A partir dos resultados pode-se verificar vacas com doenças metabólicas, mastite ou aquelas perto do parto, pois elas comem e ruminam menos que as vacas normais e se deitam mais do que em casos normais.

Outro sistema que utiliza inovações tecnológicas na pecuária leiteira é o *Compost Barn*, que propicia ao uma série de benefícios econômicos e ambientais para a propriedade além de gerar um maior conforto e bem-estar para os animais.

Em uma matéria publicada na *milkpoint*, especificamente no texto O que é o *Compost Barn*, disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-que-e-compost-barn-223336/>, acessado em: dois de fevereiro de 2023, mostra um tipo de instalação para as vacas leiteiras, que corresponde a uma grande cama, que normalmente é composta por serragem. Os dejetos dos animais são manejados com o material da cama fazendo a compostagem. Alguns dos benefícios gerados pelo *Compost Barn* são: conforto do animal, redução de contagem de células somáticas (CCS), aumento da produção de leite, longevidade, redução em problemas de casco, diminuição de dejetos líquidos entre outros.

Peixoto *et al.* (2022), no portal da *milkpoint*, em Desenvolvimento de sensor de baixo custo para monitorar cama em *Compost Barn*, disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/sensores-para-uso-em-cama-de-compost-barn-sao-foco-de-pesquisa-230573/>, acessado em dois de fevereiro de 2023, comenta sobre uma iniciativa feita em conjunta com pesquisadores do Núcleo de Estudos em Ambiência Agrícola e Bem-estar Animal (NEAMBE), da Universidade Federal do Ceará, em parceria com o pesquisador Dr. Flávio Alves Damasceno, da Universidade Federal de Lavras e pesquisadores da Universidad Nacional de Colômbia, em que estão desenvolvendo sensores que façam o monitoramento de valores de temperatura e umidade da cama, sendo variáveis fundamentais para a eficiência desse sistema. (Peixoto *et al.*, 2022)

A ideia da criação desses novos sensores ocorreu pela dificuldade de manejar a cama, efetuando o monitoramento dos principais parâmetros, sendo esse um dos grandes desafios no sistema *Compost Barn*. Diante dessa questão os pesquisadores procuraram criar um dispositivo com sensores de baixo custo de modo a monitorar as condições térmicas da cama. (Peixoto *et al.*, 2022)

A pesquisa está sendo implementada em fazendas do Ceara, que atuam sob o sistema de *Compost Barn*. Os processos de desenvolvimento do dispositivo consistem em sensores para coletar dados sobre temperatura e umidade da cama e, em seguida, os envia para uma central de acesso remoto por meio de Wi-Fi. Além disso, projetos futuros podem incluir a automação de ventiladores com base em parâmetros de qualidade da cama, como temperatura e umidade, determinados pela comunidade científica. (Peixoto *et al.*, 2022)

Os registros serão armazenados no banco de dados, em que será possível gerar relatórios que podem ser acessados em tempo real por meio de um aplicativo móvel. Esses relatórios iram auxiliar o produtor a realizar planos estratégicos como: revolvimento de cama, densidade animal, taxa de ventilação e reposição oportuna de cama. (Peixoto *et al.*, 2022).

Figura 2 - Desenvolvimento e validação de sensores de baixo custo para camas de Compost Barn.

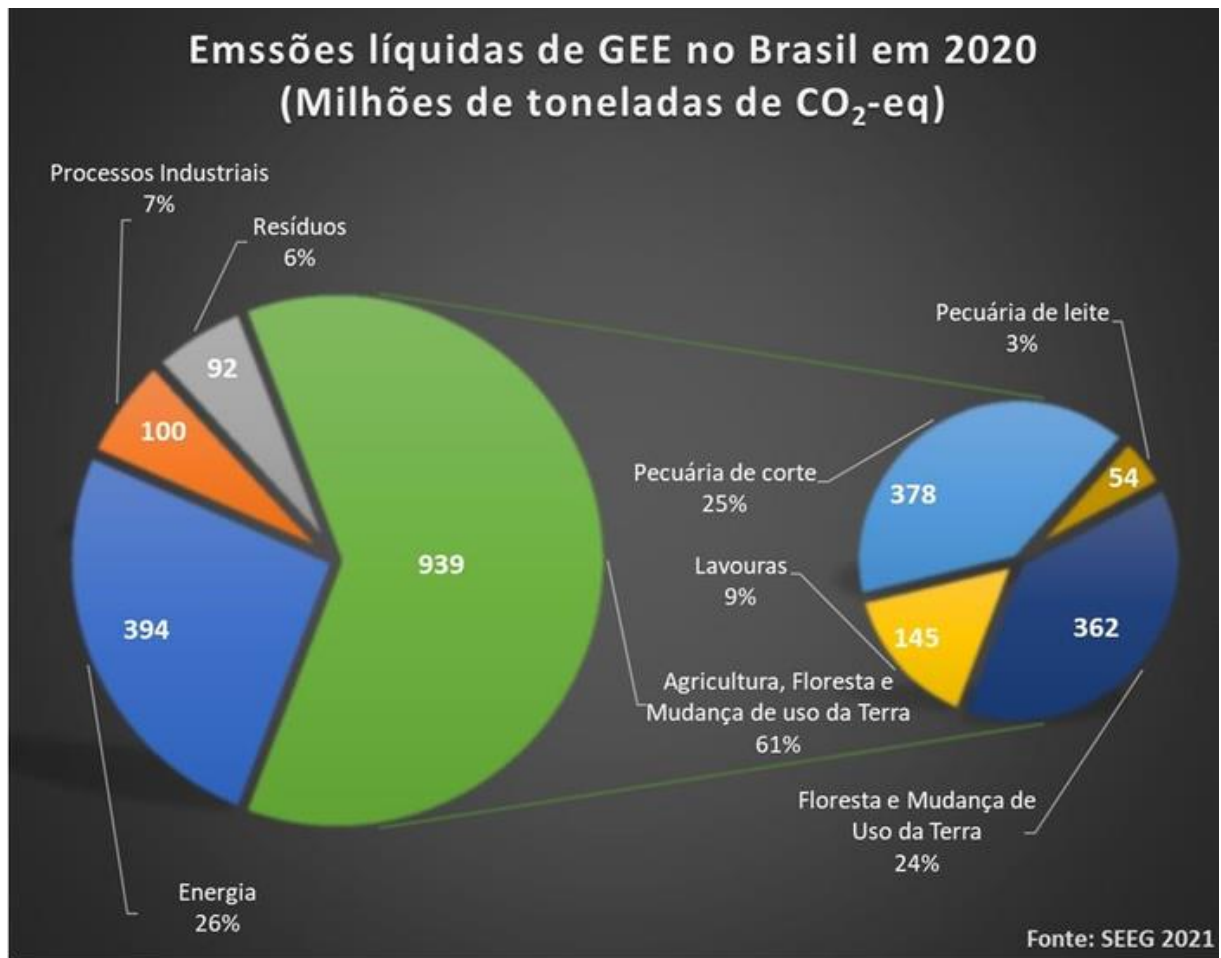


Fonte: NEAMBE/UFC

A pecuária leiteira também tem a sua contribuição em impactar o meio ambiente, principalmente em criação animal em sistema intensivo, a manipulação de dejetos é uma atividade de grande importância, pois os dejetos também são responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa (GEE), processos de acidificação e eutrofização. A pecuária leiteira de precisão (PLP) atua de forma a reduzir esses efeitos gerados no meio ambiente, a partir de soluções a partir de tecnologias de modo a melhorar gestão dos produtores permitindo uma maior eficácia da utilização de insumos e um direcionamento assertivo para os dejetos (PROVOLO *et al.*, 2016).

Barros e Paula (2022), no portal da *milkpoint*, em a pecuária de leite no Brasil e o aquecimento global, disponível <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/a-pecuaria-de-leite-no-brasil-e-o-aquecimento-global-230526/>, acessado em 18 de janeiro de 2023, trouxe que a pecuária leiteira é responsável por cerca de 3% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Brasil em 2020, conforme apresentado na figura 3

Figura 3 - Emissões líquidas de GEE pela Agricultura



Fonte: SEEG 2021/ Milkpoint

As principais fonte de emissões de CEE na produção de leite são: metano (CH₄), o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido nitroso (N₂O). O metano é o principal responsável da emissão de GEE da atividade, tendo 40 a 58% do total. Existem várias práticas mitigatórias que podem ser adotadas pela indústria leiteira para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), incluindo: aumento da produtividade, redução da fermentação entérica, manejo do rebanho, recuperação das pastagens, uso de sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), manejo adequado de dejetos, uso racional de adubos nitrogenados, ampliar uso de fontes renováveis de energia, favorecer a produção local de alimentos e o aproveitamento de subprodutos. (BARROS e PAULA, 2022).

O aperfeiçoamento do potencial genético dos animais e o fornecimento de alimentos de qualidade que tragam uma nutrição equilibrada são estratégias interessantes para diminuir o impacto ambiental promovido pela pecuária. As emissões de GEE tem como fontes

principais a produção de ração e a produção de metano entérico (CH₄). O CH₄ é produzido no trato gastrointestinal de ruminantes, e é o principal gerador de GEE pela pecuária (TRICARICO *et al.*, 2020).

A partir de um planejamento nutricional é possível atenuar a emissão do CH₄. Em um estudo realizado em 2012 em 183 países, em que foi adotado uma estratégia diferente de alimentação, priorizando o aumento de concentração de lipídeos até 6% e diminuindo a concentração de fibras, de modo que a ingestão energética bruta total não fosse alterada. Com essas alterações foi encontrada um potencial redução global em 15,7% das emissões do CH₄ além de gerar um aumento da produção de 13%. (CARO *et al.*, 2016).

Portanto, a pecuária leiteira é uma fonte significativa de emissão de gases de efeito estufa, sendo o metano o principal responsável por essa emissão. No entanto, existem várias práticas mitigatórias que podem ser adotadas pela indústria leiteira para reduzir essas emissões, incluindo o aumento da produtividade, o manejo do rebanho, o uso de sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e o manejo adequado de dejetos. Além disso, um planejamento nutricional pode ser utilizado para atenuar a emissão de metano entérico, através da adoção de uma estratégia alimentar que priorize o aumento da concentração de lipídeos e a diminuição da concentração de fibras. Essas práticas não só contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, como também podem aumentar a produção leiteira.

Outro impacto importante que as tecnologias da Agricultura digital podem gerar é no bem-estar animal. Uma das principais doenças comuns em rebanhos leiteiros é a mastite, sendo causada por diferentes agentes infecciosos que provocam uma inflamação no úbere. Além dos prejuízos à produção de leite, a mastite pode ter impactos significativos nas emissões de gases de efeito estufa, especialmente quando se trata da forma subclínica da doença, que não apresenta sintomas clínicos visíveis, mas pode resultar em uma elevação da contagem de células somáticas no leite.

Segundo Coelho *et al.* (2016) a mastite se dá a partir de um processo inflamatório do úbere complementado com a redução de secreção do leite e de alterações na permeabilidade da membrana que segrega o leite do sangue, de modo que as células inflamatórias alcancem o leite.

A mastite é considerada a principal doença que prejudicam os rebanhos leiteiros no Brasil e no mundo causando perdas significativas na produção do leite. Ela pode ser classificada como clínica ou subclínica, dependendo dos sintomas apresentados pelo animal, a

mastite clínica proporciona um tratamento mais rápido e eficaz pois é percebida rapidamente pelo produtor. A doença pode ser derivada de diversos agentes, como bactérias, micoplasmas, leveduras, fungos e algas. (SCHVARZ; SANTOS, 2012)

A mastite subclínica pode ter impactos significativos nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e na produção de leite. Ela é caracterizada por uma inflamação silenciosa da glândula mamária, sem a presença de sintomas clínicos visíveis, mas que pode resultar em uma elevação da contagem de células somáticas (CCS) no leite. (GÜLZARI et al., 2018)

A mastite subclínica tem a possibilidade de ser diagnosticada a partir da utilização da termografia infravermelha, em que a câmera detecta alterações de temperatura na área analisada, registrando a temperatura da superfície cutânea em tempo real, a partir de imagens infravermelhas (termogramas). A radiação térmica propagada pelo animal que está associada com a perfusão sanguínea (irrigação sanguínea que atinge os pulmões de modo a mobilizar a entrada de oxigênio), sendo captada pela câmera termográfica (CHACUR *et al.*, 2016).

Assim, mastite é uma doença que afeta a produção de leite em rebanhos leiteiros no Brasil e no mundo. Por ser uma doença infecciosa, é de suma importância que os produtores tenham tecnologias capazes de serem diagnosticadas, principalmente a mastite subclínica, através da termografia infravermelha. A prevenção de mastite é fundamental para manter a saúde e a qualidade do leite produzido, e envolve a adoção de boas práticas de manejo e a identificação e tratamento precoce dos casos de mastite clínica e subclínica.

De modo a obter informações precisas sobre a saúde e comportamento dos animais, a fim de melhorar o bem-estar e a eficiência da produção. Além disso, a utilização dessas ferramentas pode levar a uma redução no uso de medicamentos e a uma melhoria na qualidade do leite.

Figura 4 - Fatores de monitoramento do bem-estar animal



Fonte: Teixeira et al. (2018).

O sensor de detecção e reconhecimento facial, permitem que os produtores identifiquem animais individuais em tempo real, o que pode uma melhor compreensão sobre o bem-estar das vacas. Em um estudo realizado em cinco fazendas italianas com mais de 436 fotografias. Foi possível a análise da expressão facial dos animais pode trazer informações importantes sobre o estado emocional das vacas. Por exemplo, a postura das orelhas erguidas ou direcionadas para a frente, provavelmente indica um estado de medo devido a presença do avaliador. Enquanto quando as vacas estavam pastando, a maioria das vacas estavam com a orelha pendurada pra baixo ou para trás, por ser um ambiente mais relaxante. (BATTINI *et al.*, 2019).

O uso e sensores uso de sensores na saúde animal é uma ferramenta importante para melhorar a detecção precoce de doenças e distúrbios em animais de produção, o que pode levar a melhores resultados de saúde e produtividade. Os sensores podem ser usados para monitorar diversas variáveis, como a produção e composição do leite, a contagem de células somáticas (CSS), a ruminação, medidores de atividade dos animais, o consumo de alimentos e

de água. A detecção precoce de problemas de saúde dos animais de produção pode ajudar a minimizar os efeitos das doenças, reduzir as taxas de descarte e melhorar a recuperação da saúde do animal (TEXEIRA et al., 2018).

Uma vez discutidos os principais impactos gerados pela utilização das tecnologias de informação e comunicação na pecuária leiteira e a exemplificação de tecnologias que geraram esses impactos, passam-se a discussão para os principais obstáculos que os produtores da pecuária leiteira enfrentam ao tentar adotar essas tecnologias em suas propriedades.

4 PRINCIPAIS OBSTÁCULOS NA UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA AGRICULTURA DIGITAL NA PECUÁRIA LEITEIRA

Nesse capítulo a questão central de análise são os obstáculos que limitam a utilização das tecnologias da Agricultura digital nas propriedades da pecuária leiteira. Isso vai contribuir para enriquecer o assunto sobre o desenvolvimento da pecuária leiteira no Brasil, como a falta de infraestrutura, alto custo de implementação, a conectividade, complexidade dos sistemas, preocupação com a privacidade e segurança de dados e a falta de integração dos sistemas.

Leite, Stock e Ruback (2022) em uma matéria divulgada na milkpoint, disponível <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-que-vem-mudando-na-producao-de-leite-do-brasil-230151/> acessado em 05 de fevereiro de 2023, trouxeram a transformação que a atividade da pecuária leiteira vem tendo, seguindo o ritmo de modernização acelerada no mundo. Em que a produção de leite voltada para a subsistência, que era a mais predominante na produção de leite, vem perdendo espaço não só em número de fazendas, mas também em relação ao papel de abastecimento de mercado, isso fica mais claro a partir da análise dos dados da tabela 3

Tabela 3 - Quantidade de Fazendas por litros diários da fazenda.

Estrato L/Faz/dia	Quantidade de Fazendas (num)					Variação (%)	
	1996	2006	2017	2019	2021	1996/2006	2006/2021
< 100	1.713.125	1.179.487	969.852	947.237	937.151	-31,15	-20,55
100 - 400	87.113	146.715	160.076	155.549	142.949	68,42	-2,57
400 - 2000	9.511	23.400	42.337	44.597	44.587	146,03	90,54
>2000	293	1.200	3.991	4.612	5.055	309,56	321,25

Fonte: IBGE e Embrapa Gado de Leite. (2021 – projeções da Embrapa Gado de Leite)

Conforme demonstrado na tabela a uma redução contínua do número de fazendas que fazem até 100 litros por dia, representando uma redução de 45,3% na comparação de 2021 em relação a 1996. Enquanto os produtores que produzem mais de 200 litros de leite por dia estão em um movimento inverso aos pequenos produtores, aumentando, em 2021, mais de 17 vezes a quantidade de produtores que se tinha em 1996.

É interessante notar que o número de produtores que apresentam uma produção média também cresceram durante período, o que pode significar uma transição dos produtores pequenos, que conseguiram aumentar a escala, o crescimento de produtores de escala média

não acompanharam a saída dos pequenos produtores, o que significa a saída de grande parte desses produtores do mercado.

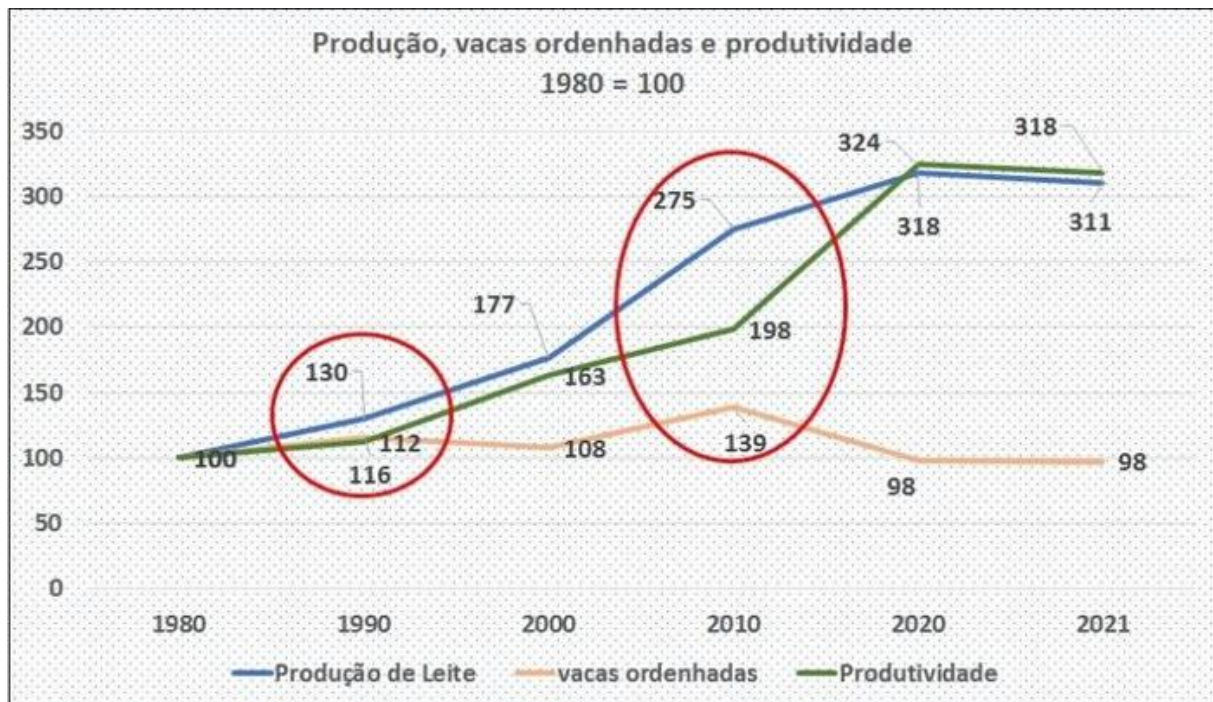
Outro aspecto interessante é a estagnação dos últimos anos que os produtores de escala média vêm apresentando, enquanto os produtores de alta escala seguem em ritmo de crescimento forte nos últimos anos. Isto pode estar indicando que a escala de 2000 litros para cima por dia, seja a o limite de escala adequado para o mercado.

Isso ocorre, pois, a falta de escala reduz a capacidade de negociação dos produtores junto aos fornecedores de insumos, o que acaba elevando o preço dos insumos. Além disso a produção em menor escala pode levar a maiores custos fixos por unidade produzida, o que diminui a margem de lucros dos produtos e os torna menos competitivos em relação aos seus concorrentes de maior escala.

A figura 5 trouxe os níveis de produção, produtividade e o tamanho do rebanho ordenhado, adotando o ano de 1980 como base 100. É possível notar que a produtividade do setor foi de suma importância para manter os níveis de produção, apesar da diminuição de vacas ordenhadas, assim como também no número de fazendas.

Enquanto a produtividade obteve um crescimento de 64%, o tamanho do rebanho cresceu apenas 8% na variação de 2021 com o ano base. Sendo que no período analisado o Brasil cresceu em 311% sua produção, o que demonstra a importância da produtividade para o desenvolvimento do setor.

Figura 5 - Produção, vacas ordenhadas e produtividade



Fonte: IBGE e Embrapa Gado de Leite. Dados organizados pelos autores. 2021 (estimativa)

Desse modo, podemos perceber a importância do aumento de escala para a sobrevivência do setor de produção de leite, uma vez que os pequenos produtores vêm perdendo espaço. A produtividade tem sido o fator determinante para manter os níveis de produção, apesar da redução no número de vacas ordenhadas. Os produtores que investem em tecnologia e aumentam sua produtividade e escala têm mais chances de prosperar no mercado de leite.

Uma das principais barreiras de entrada para as tecnologias digitais na agropecuária é a conectividade no campo. Em uma reportagem realizada pelo globo rural, a partir informações retiradas do censo agropecuário de 2017 do IBGE, cerca de 70% dos estabelecimentos não possuem acesso à internet, enquanto o restante dos estabelecimentos possui algum tipo de cobertura de internet. Sendo que a maioria dos produtores rurais possuem acesso à internet apenas na sede da fazenda, por meio de soluções como internet por rádio, satélite ou rede 3G (globo rural). Essa falta de conectividade limita o acesso a informações, serviços e tecnologias digitais que poderiam melhorar a eficiência e produtividade no setor agropecuário.

As dimensões territoriais do Brasil, em conjunto com a baixa densidade demográfica em grande parte do meio rural e as desigualdades socioeconômicas, são consideradas

obstáculos significativos para evolução disponibilidade de acesso à internet no país. (MASSRUHÁ, 2020).

A ampla extensão territorial do Brasil, juntamente com a distribuição irregular da população em áreas rurais, dificulta a implantação da infraestrutura de conectividade. Além disso, as desigualdades socioeconômicas existentes no país também afetam o acesso à internet, pois muitos produtores rurais podem não ter recursos financeiros para investir em tecnologia ou enfrentam dificuldades para obter serviços de internet de qualidade. A combinação desses fatores torna desafiador elevar o acesso à internet nas áreas rurais do Brasil.

A conectividade é uma peça fundamental para melhorar a eficiência e produtividade no setor agropecuário. Ela possibilita melhorias na assistência técnica, na educação a distância, no acesso a informações de mercado, na utilização de software e aplicativos de gestão e na integração de máquinas e equipamentos agrícolas. Com isso, é possível reduzir custos de produção e aumentar a produtividade das propriedades rurais. (MASSRUHÁ, 2020).

Em um levantamento realizada por Bolfe *et al* (2021), analisado entre abril e junho de 2020 pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) em parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que teve retorno em 754 questionários respondidos, dos quais 54% deles trabalhavam em pecuária.

O resultado demonstrou que apenas 18%, com alguma atividade pecuária não fazem o uso de nenhuma tecnologia digital em suas fazendas. Para aqueles que utilizam as tecnologias de informação (TI), perguntou-se quais as funcionalidades mais utilizadas pelos produtores: 64% utilizam aplicativos móveis, *software* ou plataformas digitais, para ter um acompanhamento de sua lavoura, e auxiliando também no gerenciamento da mesma; 45% apontaram o gerenciamento da propriedade; 34% utilizam os sensores remotos(drones/satélites) e sistemas que sutilizam o GPS, para ter um acompanhamento em tempo real de suas propriedades; 40% utilizam aplicativos/plataformas para a compra de insumos ou comercialização da produção; 30% investem em alguma tecnologia, visando o bem-estar animal; 25% para previsão climática; 20% para gerar estimativas de produção através de sensores; 9% para rastreabilidade da produção.

Figura 6 - Interesses dos produtores ao adquirirem as tecnologias



Fonte: IBGE e Embrapa Gado de Leite. Dados organizados pelos autores. 2021 (estimativa)

Neste mesmo levantamento foi questionado aos produtores quanto à perspectiva futura ao considerar iniciar ou fortalecer os seus investimentos em tecnologias digitais, e foi indicado interesses em: planejamento das atividades da propriedade (71%); gestão da propriedade (61%); mapeamento e uso de terras (59%).

Quanto as principais dificuldades dos produtores em iniciarem/ampliarem os seus investimentos nas tecnologias digitais, apresentados na figura 7, são: Valor de investimento para aquisição de máquinas, equipamentos e/ou aplicativos (69%); por problemas de falta de conectividade (47%); valor da contratação de prestadores de serviços (45%); pela falta de conhecimento sobre quais as tecnologias mais apropriadas (44%); custos operacionais (39%); falta de busca de informação própria em tecnologias digitais (37%).

Portanto, as principais áreas de interesse apontadas pelos produtores são o planejamento das atividades da propriedade, gestão da propriedade e mapeamento e uso de terras.

Figura 7 - Principais obstáculos que os produtores enfrentam para a adoção das tecnologias em suas propriedades.



Fonte: IBGE e Embrapa Gado de Leite. Dados organizados pelos autores. 2021 (estimativa)

De acordo com os resultados apresentados nesse levantamento, produtores de pecuária demonstram estar cada vez mais interessados em investir em tecnologias digitais para aprimorar a gestão e a produtividade de suas propriedades, no entanto grande parcela desses produtores enfrenta dificuldade em adquirir essas tecnologias pelo custo de aquisição.

Segundo reportagem realizada pela IFAD (International Fund for Agricultural Development, 2020), aproximadamente 63% das pessoas mais pobres do mundo estão envolvidas com na agricultura. É importante destacar que a maioria dessas pessoas são de pequenas propriedades rurais.

Diante do que foi apresentado podemos perceber que embora existam que limitam a adoção das tecnologias digitais na pecuária leiteira, o Brasil tem avançado em termos de produtividade no setor e há um grande potencial de crescimento futuro se esses obstáculos forem superados. Investimentos em infraestrutura, conectividade e capacitação técnica, além de incentivos fiscais e financeiros para adoção de tecnologias inovadoras, podem ajudar a impulsionar a pecuária leiteira brasileira e torná-la mais eficiente, sustentável e rentável.

5 CONCLUSÃO

Conforme apresentado ao longo da monografia, é possível reforçar o papel significativo que a pecuária leiteira desempenha no Brasil. No entanto o mercado está passando por uma mudança estrutural que envolve uma redução de principalmente dos pequenos produtores, enquanto que os grandes produtores tomaram esse espaço a partir da implementação de tecnologias de informação e comunicação de modo a reduzir custos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do leite produzido.

Aprimoramentos na produtividade levaram a um aumento na produção de leite, com a diminuição do número de estabelecimentos e do rebanho de vacas ordenhadas, resultando em uma maior produtividade animal. A melhoria da produtividade ocorreu por meio de três aspectos: aprimoramento do profissionalismo na atividade leiteira, avanços genéticos e maior utilização de tecnologias em conjunto com a assistência técnica.

Essa transformação foi impulsionada por uma conjuntura global caracterizada pelo rápido crescimento populacional, escassez de recursos naturais e mudanças climáticas. O perfil do consumidor também está evoluindo, exigindo um atendimento mais digitalizado, alimentos de melhor qualidade e menor impacto ambiental.

As informações e dados apresentados neste trabalho contribuem de forma significativa o campo de estudo apresentando um panorama das tecnologias disponíveis para a pecuária leiteira, destacando seus principais impactos para o setor. Além disso, foram apresentados diversos exemplos de tecnologias que já estão sendo utilizadas em fazendas pelo Brasil para otimizar a produção e melhorar os resultados.

A adoção de tecnologias digitais na pecuária leiteira oferece soluções para esses desafios. Por exemplo, o uso de sensores e dispositivos inteligentes permite monitorar de forma precisa e em tempo real parâmetros como produção de leite, consumo de ração, saúde dos animais e condições ambientais. Esses dados podem ser analisados e utilizados para tomadas de decisão mais informadas, permitindo a implementação de práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis.

Essa utilização das tecnologias da Agricultura Digital na atividade leiteira é caracterizada pela Pecuária Leiteira de Precisão, que é uma abordagem contemporânea e tecnológica avançada para a produção de leite, que se baseia em sistemas automatizados de monitoramento de modo a melhorar a eficiência e a produtividade dos animais, ao mesmo tempo em que busca reduzir os impactos ambientais e sociais. A PLP utiliza sensores,

softwares de gestão de dados e tecnologias de automação para acompanhar e controlar fatores como alimentação, reprodução, produção e bem-estar do animal.

O uso das tecnologias na Agricultura Digital pode ter diversos impactos para a pecuária leiteira no Brasil, tais como um melhor monitoramento e gerenciamento do campo, o aumento da produtividade, a redução de custos, a melhoria da qualidade do leite e do bem-estar animal, além da mitigação de impactos ambientais.

A Pecuária leiteira de precisão contribui, assim, para a melhoria da rentabilidade dos produtores, para a redução de impactos ambientais e para o atendimento de demandas do mercado, cada vez mais preocupado com a origem e a qualidade dos alimentos.

Entretanto, apesar das vantagens oferecidas pelas tecnologias de informação e comunicação, ainda há muitos obstáculos a serem superados para a adoção em larga escala na pecuária leiteira. Alguns desafios como falta de infraestrutura, falta de capacitação técnica, de conectividade em áreas rurais e de recursos financeiros para investir ainda são barreiras para a implementação das tecnologias.

A falta de infraestrutura é um problema que afeta muitas regiões rurais, onde a pecuária leiteira é praticada. A ausência de eletricidade confiável e a infraestrutura de comunicação limitada dificultam a implementação de tecnologias avançadas. Além disso, a falta de conhecimento técnico e capacitação dos produtores em relação ao uso dessas tecnologias pode ser um obstáculo expressivo. É essencial oferecer treinamentos e suporte adequados para ajudar os produtores a entenderem os benefícios e a aplicação das tecnologias em seus sistemas de produção.

Outro desafio é a falta de conectividade em áreas rurais. Acesso à Internet de alta velocidade é essencial para aproveitar ao máximo as tecnologias de informação e comunicação na pecuária leiteira. No entanto, muitas regiões rurais têm uma cobertura de Internet limitada ou inexistente, o que dificulta a implementação e o uso efetivo dessas tecnologias. É de suma importância investir em infraestrutura de conectividade para garantir que os produtores tenham acesso aos recursos digitais necessários.

Além disso, os custos associados à implementação de tecnologias avançadas também podem ser um obstáculo significativo, especialmente para pequenos produtores. Muitos produtores podem enfrentar dificuldades financeiras para adquirir equipamentos e sistemas de informação necessários.

Por fim, embora as tecnologias de informação e comunicação ofereçam inúmeras vantagens para a pecuária leiteira, ainda existem obstáculos consideráveis a serem superados,

de modo a implementar. A falta de infraestrutura, a falta de capacitação técnica, a falta de conectividade e os desafios financeiros são barreiras que precisam ser abordadas para permitir uma adoção mais ampla dessas tecnologias.

Portanto, é importante continuar investindo em pesquisa, desenvolvimento e adoção de tecnologias de informação e comunicação na pecuária leiteira, ao mesmo tempo em que se trabalha na superação dos desafios estruturais existentes no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

AQUINO, Italo de Souza, **Como Escrever Artigos Científicos: Sem arroteio e sem medo da ABNT**. São Paulo: Saraiva, 2010.

BARROS, I., PAULA, V.R. **A pecuária de leite no Brasil e o aquecimento global**, 2022. [Internet] disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/a-pecuaria-de-leite-no-brasil-e-o-aquecimento-global-230526/>. Acesso em: 18/01/2023

BASSOI, L. H., Inamasu, R. Y., Bernardi, A. D. C., Vaz, C. M. P., Speranza, E. A., & Cruvinel, P. E. (2019). **Agricultura de precisão e agricultura digital**.

BATTINI, M.; AGOSTINI, A.; MATTIELLO, S. **Understanding cow's emotions on farm: Are eye white and ear posture reliable indicators?** *Animals*, v. 9, n. 477 p. 3-17, 2019.

BOLFE, Edson – EMBRAPA - **A transformação digital impulsiona o futuro sustentável da agricultura**, 2018. [Internet] disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37159329/artigo---a-transformacao-digital-impulsiona-o-futuro-sustentavel-da-agricultura>. Acesso em: 13/10/2020

BOLFE, Édson; Victória, Daniel; Luchiari, Ariovaldo; Costa, C. C.; Jorge, Lúcio – Embrapa, **Tecnologias digitais na pecuária: aplicações, desafios e expectativas**, 2021. Acesso em 11/04/2021.

CARO, D.; KEBREAB, E.; MITLOEHNER, F.M. **Mitigation of enteric methane emissions from global livestock systems through nutrition strategies**. *Climatic Change*, v. 137, n. 3–4, p. 467–480, 2016.

CAVALCANTI, L. F. L.; Ribas M. N; Carvalho, L. F. R.; Juntolli F. V.; Paiva C. A. V.; Pereira L. G. R. **Pecuária de Leite no Brasil - Capítulo 7: Contribuições das tecnologias da informação e comunicação para a pecuária de leite** – Brasília, DF: Editores técnicos, 2016.

CAVALCANTI, L. F. L.; Ribas M. N; Carvalho, L. F. R.; Juntolli F. V.; Paiva C. A. V.; Pereira L. G. R. **Pecuária de Leite no Brasil - Capítulo 7: Contribuições das tecnologias da informação e comunicação para a pecuária de leite** – Brasília, DF: Editores técnicos, 2016.

CHACUR, M.G.M.; BASTOS, G.P.; VIVIAN, D.S.; SILVA, L.; CHIARI, N.F.; ARAUJO, J.S.; SOUSA, C.D.; GABRIEL FILHO, L.R.A. **Utilização da termografia de infravermelho para avaliação de fatores climáticos e sua influência na reprodução e lactação em gado de leite**. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 44, n.1412. 2016.

COSTA, H. N., MOLINA, L. R. FACURY FILHO, E. J., MOREIRA, G. H. F. A., & CARVALHO, A. U. (2015). **Estudo longitudinal da mastite subclínica e produção de leite em um rebanho mestiço Holandês-Zebu criado em sistema semi-intensivo**. Arquivo

Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 67(6), 1501–1509.
<https://doi.org/10.1590/1678-4162-8005>

DOMINIAK, K.N.; KRISTESEN, A.R. **Prioritizing alarms from sensor-based detection 43 models in livestock production - A review on model performance and alarm reducing methods.** Computers and Electronics in Agriculture, v. 133, p. 46–67, 2017

Embrapa **Anuário de leite 2020: leite de vacas felizes**, 2020. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>. Acesso em: 05/06/2021

Embrapa **Anuário de leite 2022: pecuária leiteira de precisão**, 2022. [Internet] disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 06/01/2023

GIL, Antônio Carlos, **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GRINTER, LN.; CAMPLER, M.R.; COSTA, JH.C. **Technical note: Validation of a behavior-monitoring collar's precision and accuracy to measure rumination feeding, and resting time of lacting dairy cows.** Journal of Dairy Science, v. 102, n. 4, p. 3487–3494, 2019

Globo rural **Conectividade no agro: quanto custa levar a internet á fazenda?** 2022. [Internet] disponível em: <https://globo.rural.globo.com/Noticias/Pesquisa-e-Tecnologia/noticia/2022/08/conectividade-no-agro-quanto-custa-levar-internet-fazenda.html>. Acesso em: 14/05/2023

INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT. Covid-19. 2020. Disponível em: <https://www.ifad.org/en/covid19>. Acesso em: 10/05/2023.

Leite e Stock, **O mercado de insumos e seus impactos sobre a produção do leite**, 2022. [Internet] disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-mercado-de-insumos-e-seus-impactos-sobre-a-producao-do-leite-231814/>. Acesso em: 05/01/2023

LEITE, J.L.B.; STOCK, L.A.; RUBACK, B. **O que vem mudando na produção de leite do Brasil**, 2022. [Internet] disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-que-vem-mudando-na-producao-de-leite-do-brasil-230151/>. Acesso em: 05/02/2023

MAPA, **Políticas públicas e privadas para o leite**, [s.d]. Disponível em:
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em 26/02/2023

MASSRUHÁ, Silvia Maria et al. **Agricultura Digital Pesquisa, desenvolvimento e inovações nas cadeias produtivas.** - Brasília, DF: Editores técnicos, 2020

MASSRUHÁ, Silvia Maria et al. **Tecnologias da Informação e Comunicação e suas relações com a agricultura.** - Brasília, DF: Editores técnicos, 2014.

Milkpoint **O que é compost barn?** 2020. [Internet] disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-que-e-compost-barn-223336/>. Acesso em: 02/02/2023

Milkpoint **Principais estatísticas sobre leite no Brasil e no mundo: produção, captação, importações, exportações e preço pago aos produtores**, 2020. [Internet] disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/estatisticas/>. Acesso em: 05/06/2021

NEETHIRAJAN, S. **The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming**. *Sensing and bio-research*, v. 29, p. 1–8, 2020.

OUZA, Marcos Paulo Rodrigues de; BIDARRA, Zelimar Soares. **Política pública de apoio à agricultura digital**. *Revista de Política Agrícola*, v. 31, n. 2, p. 18, 2022.

PEIXOTO, Maria Simone. **Desenvolvimento de sensor de baixo custo para monitorar cama em compost barn**, 2022. [Internet] disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/sensores-para-uso-em-cama-de-compost-barn-sao-foco-de-pesquisa-230573/>. Acesso em: 02/02/2023

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas de Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROVOLO, G.; FINZI, A.; PERAZZOLO, F.; MATTACHINI, G.; RIVA, E. **Effect of a Biological Additive on Nitrogen Losses from Pig Slurry during Storage**. *Journal of Environmental Quality*, v. 45, n. 4, p. 1460–1465, 2016

REIFSCHNEIDER, Francisco José Becker et al. **Novos ângulos da história da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

ROCHA, D.T.; CARVALHO, G.R.; RESENDE, J.C. **Cadeia produtiva do leite do Brasil: produção primária**. Circular Técnica 123, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2020.

SCHVARZ, D. W.; SANTOS, J. M. G. (2012). **Mastite bovina em rebanhos leiteiros: Ocorrência e métodos de controle e prevenção**. *Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente*, 5(3), 453–473.

SEVERINO, Antônio Joaquim, **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

Sidra IBGE **Pesquisa Trimestral do leite**, 2020. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1086>. Acesso em: 05/06/2021

TEIXEIRA, Vanessa Amorim *et al.* **Pecuária leiteira de precisão: uso de sensores para monitoramento e detecção precoce de alterações na saúde de bovinos leiteiros**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. 19 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 227).

TRICARICO, J. M.; KEBREAB, E.; WATTIAUX, M. A. **MILK Symposium review: Sustainability of dairy production and consumption in low-income countries with**

emphasis on productivity and environmental impact. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 11, p. 9791–9802, 2020.