ANAIS

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM INOVAÇÕES E ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE

MARIANA JULIANI DA SILVA PORTAL
mariana-juliani@hotmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, CAMPUS PALMEIRA DAS MISSÕES - UFSM/PM

CONSTANTINO MILAGRE MACHAVA
consmachava@gmail.com
UFSM

TANICE ANDREATTA
tanice.andreatta@ufsm.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

TIAGO ZARDIN PATIAS
tzpatias@yahoo.com.br
UFSM

IONE MARIA PEREIRA HAYGERT VELHO
ione.h.velho@ufsm.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

RESUMO: O objetivo do artigo foi analisar a evolução da produção científica em torno das inovações e adoção de tecnologias na cadeia produtiva de leite. A plataforma Scopus foi utilizada para realizar a busca e seleção dos documentos, o período considerado foi dos anos de 1998 a 2022. Para a sistematização e realização das análises foi utilizado o Bibliometrix. Além de métricas mais usuais, realizou-se uma análise de correspondência múltipla, deste teste foram encontrados oito artigos mais relevantes, distribuídos em dois grupos. As métricas demonstraram o crescimento da produção científica, principalmente nos últimos 10 anos, tendo o maior número de publicações o de 2021; como referência de periódicos o Journal of Dairy Science, de afiliações dos autores a Wageningen University; país de referência os EUA. Considerando os oito artigos decorrentes da análise de correspondência múltipla, quatro estudos analisados gravitam em torno das motivações dos agricultores para adotarem ou não uma tecnologia e quatro em torno da adoção de tecnologias e a importância do uso de dados com foco em eficiência dos sistemas. Os artigos majoritariamente tratam de pesquisas a nível da "fazenda". Embora interrelacionados, de um lado apontam para a importância e a necessidade da adoção de TICs, principalmente na forma de sistemas de monitoramento. De outro, da grande massa de dados gerados para retroalimentar os processos de tomada de decisão nos diferentes elos da cadeia, com vistas à sustentabilidade ambiental, social e econômica.

PALAVRAS CHAVE: TICs, sistemas pecuários de precisão, bibliometria, cadeia produtiva leiteira

ABSTRACT: The objective of the article was to analyze the evolution of scientific production around innovations and adoption of technologies in the dairy supply chain. The Scopus platform was used to search and select the documents, and the period considered was from 1998 to 2022. Bibliometrix was used to systematize and carry out the analyses. In addition to the most usual metrics, a multiple correspondence analysis was performed; from this test eight of the most relevant articles were found, distributed in two groups. The metrics showed the growth of scientific production, especially in the last 10 years, with the largest number of publications in 2021; as a reference of journals the Journal of Dairy Science, of affiliations of the authors to Wageningen University; country of reference the USA. Considering the eight articles resulting from the multiple correspondence analysis, four of the studies analyzed revolve around the motivations of farmers to adopt or not a technology and four revolve around the adoption of technologies and the importance of the use of data focused on system efficiency. The articles mostly deal with research at the "farm" level. Although interrelated, on one hand they point to the importance and need for the adoption of TICs, especially in the form of monitoring systems. On the other, of the

large mass of data generated to feedback the decision making processes in the different links of the chain, with a view to environmental, social and economic sustainability.

KEY WORDS: TICs, precision livestock systems, bibliometry, dairy supply chain

ANAIS

1. INTRODUÇÃO

Uma cadeia agroalimentar é naturalmente complexa, uma vez que envolve as etapas que determinado produto percorre dentro do sistema de produção-transformação-distribuição e aos diferentes fluxos que a ele estão ligados. Assim, um conjunto de agentes estão envolvidos desde a produção agrícola, sua transformação, distribuição até o consumidor final (MALASSIS, 1973).

À medida que a demanda global por produtos de origem animal aumenta, também se intensifica as preocupações dos consumidores com questões com o meio ambiente, bem-estar animal e alimentos de qualidade, o que pressiona por sistemas agrícolas mais sustentáveis (BIANCHI, et al., 2022). Nessa perspectiva, a inovação tecnológica se constitui uma alternativa que visa a melhorar a flexibilidade, adaptabilidade e produtividade nas cadeias agroalimentares, assim como para reduzir os custos de produção e o tempo de trabalho nas fazendas por intermédio da adoção de novas tecnologias (YANG et, al., 2021).

O advento da inteligência artificial tem propiciado o avanço de ferramentas que podem melhorar o desempenho nas fazendas leiteiras. A pecuária de precisão (*Precision Livestock Farming* - PLF), termo que tem sido utilizado para os sistemas pecuários baseados em adoção de tecnologias, é um mecanismo importante para melhorar o desempenho e a sustentabilidade dos produtores de leite, pois, se bem estruturada pode trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais (PALMA-MOLINA, et al., 2023). O crescente interesse por tecnologias agrícolas para redução de mão de obra, maximização da produtividade e aumento da lucratividade está se tornando perceptível em diversos países, inclusive no Brasil (SILVI, et al, 2021).

Tecnologias de informação e sensores automatizados estão sendo utilizados para monitorar a disponibilidade de forragem, controle de comportamento animal de pastejo e configuração de ferramentas de suporte à decisão baseadas em dados, com potencial de melhorar o manejo das pastagens. Assim, é possível mensurar a dinâmica espaço-temporal na massa, bem como qualidade da forragem, estrutura do pasto e composição botânica, com informações obtidas automaticamente (HORN; ISSELSTEIN, 2022). Recentemente, sistemas de cercas virtuais para a utilização em pastejo rotacional estão sendo testados, nesses sistemas, animais respondem a estímulos de áudio no lugar dos choques elétricos (LANGWORTHY et al., 2021).

Utilizado pela primeira vez na Holanda, em 1992 (DE KONING, 2010), os sistemas automáticos de ordenha estão entre as tecnologias mais disruptivas da pecuária leiteira, com potencial de reduzir requisitos de mão de obra ao automatizar todo o processo de ordenha (GARGIULO; LYONS; GARCÍA, 2022). Essa tecnologia permite a utilização de integração de vários sensores em linha, o que possibilita monitorar a saúde, produção individual da vaca, qualidade do leite, e com isso, uma melhor tomada de decisão na fazenda (GARCIA; FULKERSON, 2005). A gestão da mão de obra também é um atributo importante dos sistemas automáticos de ordenha, pois, um dos grandes desafios relaciona-se à atração e retenção de funcionários, devido à complexidade, principalmente de manejar rebanhos maiores (YANG et, al 2021).

No entanto, a difusão e adoção de novas tecnologias nas fazendas leiteiras, mesmo em países desenvolvidos, como a Itália, ainda é limitada (BIANCHI et al., 2022) e os produtores

relutam investir em sistemas pecuários de precisão, ou ainda os utilizam parcialmente (SILVI, et al, 2021). Fatores como a falta de conhecimento (CABREIRA, et al., 2022), custo-benefício percebidos (REHMAN, et al., 2008), idade (BIANCHI et al., 2022), pouca familiaridade às tecnologias de informação (KEBEBE, 2019), características espaciais e temporais (YANG et, al., 2021), crenças e atitudes dos produtores (REHMAN, et al., 2007) são fatores que dificultam as inovações e/ou adoção de tecnologias de maneira efetiva. Portanto, diante da importância da inovação na cadeia produtiva do leite, este estudo tem como objetivo analisar a produção científica voltada à inovação tecnológica e adoção de tecnologias na cadeia produtiva do leite.

Além da introdução, este artigo está organizado em uma seção de revisão teórica, seguida dos procedimentos de pesquisa. A terceira seção (resultados e discussão) está subdivida em uma apresentação das principais métricas relacionadas à temática da pesquisa e uma subseção que trata da análise dos oito principais artigos que contribuíram para a composição de dois grupos, decorrente de uma análise bibliométrica, em que foi utilizada uma análise de correspondência múltipla, a partir dos artigos mais relevantes.

2. REVISÃO TEÓRICA

A inovação como elemento proprulsor de desenvolvimento foi proprosta por Schumpeter, ainda na primeira metade do século XX (Schumpeter, 1934). Investimentos em inovação e tecnologia, em todos os elos de uma cadeia produtiva são realizados com o objetivo de introdução de novos produtos, redução de custos de produção e comercialização, melhor qualidade de produtos e serviços e identificação de novos consumidores e de mercados. (OECD, 2018; TIGRE, 2006).

Nas cadeias agroindustriais, a inovação tecnológica e a doção de tecnologias proporcionam oportunidade de melhorias incluindo novas abordagens aos sistemas produtivos, projetando mais flexibilidade, adaptabilidade às mudanças e produtividade na gestão agrícola de propriedades ou indústrias rurais com vistas a atender o mercado consumidor. A utilização de tecnologias na agropecuária tem sido promovida com o intuito de desafios enfrentados pelos agricultores, bem como para melhorar condições de trabalho, otimizar e gerir recursos, facilitar o acesso à mão de obra e ao conhecimento técnico qualificado (WOLFERT et al., 2017; SHEPHERD et al., 2018).

Mais recentemente tem se intensificado a utilização de Tecnologias de informação e comunicação (TICs), da inteligência artificial em todos os elos cadeia produtivas. Com isso a chamada a denominada Precision Livestock Farming-PLF- (MARKOV, 2023) ainda em fase de implantação, tem sido um importante apoio no auxílio do enfrentamento de desafios em todas as esferas da cadeia, mas sobretudo no elo da produção (BIANCHI, et al., 2022).

De acordo com Yang et al., (2021), a tecnologia pode trazer diversos benefícios aos sistemas produtivos de leite, incluindo aumento de eficiência, redução de mão de obra, possibilidade de gestão de rebanhos maiores, diminuição na jornada de trabalho e esforço físico, cujo resultado pode garantir mais permanência e atratividade aos trabalhadores. Em países como Irlanda e Nova Zelândia, tarefas relacionadas com o leite somam 40 a 50% das horas de trabalho, refletindo na desejabilidade de permanecer no setor (EDWARDS et., 2020). Além dos benefícios já mencionados, também se inclui o emprego do uso de dados que auxiliam na gestão

de sistemas mais complexos e favorecem controles de nutrição, ambiente, bem-estar animal e outros (YANG et., 2021).

Evidencia-se a relevância de estudos relacionados a inovação e adoção de tecnologias na cadeia produtiva do leite, principalmente no elo da produção. Contudo, o uso de tecnologias nos setores agrícolas, ou ainda tecnologias de informação e comunicação (TICs), tem sido menor do que o esperado por pesquisadores e criadores (EASTWOOD et al., 2012). A adesão limitada de tecnologias na agricultura tem sido relacionada a diversos fatores, como baixo conhecimento de informática, educação, não entendimento sobre os benefícios e retornos econômicos do investimento, questões demográficas, familiares, culturais, políticas e institucionais mercadológicas, a nível de cadeia produtiva (KEBEBE, 2019; EASTWOOD et al., 2020).

Poucos estudos exploram as motivações dos agricultores adotantes de tecnologias e processo de relacionamento com a inovação adquirida. Para Rehman et al., (2007) custo-benefício, detecção aprimorada, taxas de conceção e ameaça de diminuição das habilidades de relacionamento dos agricultores com os animais são os principais fatores que afetam a adoção de tecnologias (REHMAN et al., 2007). Um estudo realizado no Reino Unido, com criadores de ovinos, mostrou que muitos produtores tinham resistência à adoção de tecnologias por acreditarem que perderiam o controle da fazenda (KALER; RUSTON, 2019). Informações que também serviram de subsídio para justificar a criação de mais tecnologias direcionadas ao controle do tratamento e manejo dos animais, incidindo no monitoramento holístico da fazenda (NAPOLITANO et al., 2020).

Dolecheck et al., (2013) sugere que uma produção agrícola tecnológica deve ser de baixo custo, robusta, flexível, fácil de manter e com dados que possam imediatamente serem transformados em ações. Em conformidade, o uso de tecnologias em sistemas de pastagens aumenta na medida em que os agricultores estão interessados em automatizar tarefas e gerenciar de forma estratégica negócios complexos, mas é necessário investimento de tempo para que os agricultores aprendam manipular os dados e ferramentas (EASTWOOD et al., 2012). Portanto, apesar de serem extremamente positivas, as tecnologias estão evoluindo rapidamente, é inegável que tem sido difícil para o agricultor superar o desafio de interpretar ou utilizar de forma eficiente as informações e recursos criados (CABRERA et al., 2020). A inovação e adoção de tecnologias na cadeia produtiva do leite abarca diversos desafios, bem como proporciona muitas oportunidades.

3. PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa quantitativa, baseada em dados secundários obtidos na plataforma *Scopus*. A opção por utilizar tal plataforma se deu por se tratar de um dos maiores repositórios de pesquisa, que contém uma quantidade abrangente de periódicos, o que facilita a coleta dos dados e análises posteriores (MUGNAINI; SALES, 2011). Os critérios de inclusão e exclusão estão descritos no quadro abaixo. O período utilizado justifica-se pelo crescimento da temática em torno das cadeias de produção agroindustriais.

QUADRO 1 - Critérios de inclusão e exclusão de artigos

Etapa	Critérios de seleção	Descrição	Nº de documentos
1ª	Palavras de busca	*production chain OR supply chain OR consumption OR marketing OR processing OR industry, farming OR Governance AND innovation ou technology adoption AND Dairy*	890
2ª	Artigos e revisões		714
3ª	Período	1998 a 2022	685
4º	Palavra-chave para exclusão	Artigo e revisão	610

Fonte: Elaboração própria, a partir dos objetivos da pesquisa

Com os critérios de inclusão e exclusão mencionados no Quadro 1, foram identificados 610 artigos. Estes foram explorados no *Bibliometrix*, disponível no *R Studio* (R CORE TEAM, 2020).

Uma primeira sistematização consistiu na descrição das métricas mais usuais, como: evolução da produção anual, afiliação dos autores, país/território, periódicos de maior impacto e países de maior destaque na temática. A nuvem de palavras foi constituída a partir do ranking das 50 palavras mais utilizadas pelos autores nos títulos, palavras-chave e resumos.

Além das descrições das métricas básicas, foi realizada uma análise de correspondência múltipla. com base nas palavras-chave e nos autores mais relevantes. A partir disso, foi selecionado os quatro principais artigos que compõem cada fator para uma análise mais detalhada (Quadro 2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Principais métricas relacionadas à temática da inovação e adoção de tecnologias na cadeia produtiva do leite

A trajetória da produção científica relacionada à inovação tecnológica na cadeia de produção do leite é ascendente, e o crescimento mais acentuado ocorreu após 2013 (Figura 1). O ano com maior número de publicações na plataforma Scopus foi em 2021 (Tabela 2).

Em uma perspectiva mais ampla, considerando o período analisado percebe-se mudanças nos que os autores estão considerando como inovações na cadeia do leite. Na primeira década analisada prevalecia os aspectos relacionados ao melhoramento genético, de forragens, instalações, qualidade de leite e derivados e qualidade de vida dos stakeholders, arranjos organizacionais e institucionais, sustentabilidade. Nos últimos anos das publicações ainda mantém esses temas, mas gravitam em torno das TICs, sobretudo no que se refere ao papel da inteligência artificial como fator de inovação, e a utilização de dados para a tomada e decisão. No entanto, a adoção de tecnologias na cadeia do leite não é um processo homogêneo, pois depende varia entre países e dentro dos países.

ANAIS

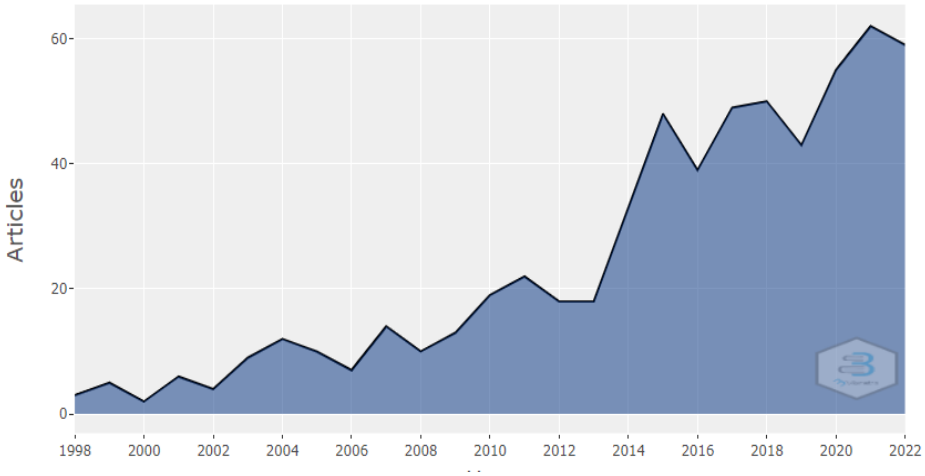


FIGURA 1 - Evolução da publicação anual 1998 a 2022
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

Entre os cinco periódicos mais relevantes (Tabela 2), destaca-se o *Journal of Dairy Science* (23 artigos) e o *Agricultural Systems* (19 artigos). O primeiro é o periódico oficial da *American Dairy Science Association*, e considerado o principal periódico de pesquisa em sistemas de produção de leite e laticínios no mundo, está no seu 101º ano de publicações com temáticas que gravitam em torno de todos os elos da cadeia produtiva do leite (AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION, 2023). O Segundo, é um periódico internacional editado pela primeira vez em 1976, em que o foco recai nas interações entre os sistemas agrícolas e seus principais componentes, sistemas de uso da terra e entre os sistemas agrícolas, bem como seus ambientes naturais, sociais e econômicos **(**AGRICULTURAL SYSTEMS, 2023).

As universidades/institutos de pesquisa, que merece destaque, no refere às afiliações é *Wageningen University* (45 artigos), sediada na Holanda, é uma as universidades mais reconhecidas no mundo na área de ciências agrárias, sobretudo no que se refere à sustentabilidade de sistemas de produção agroalimentares. A segunda, é uma instituição, *Massey University* (15 artigos), da nova Zelândia, ambos os países com tradição da cadeia produtiva leiteira, o que tende a se refletir na especialidade dos pesquisadores e das pesquisas (Tabela 1).

ANAIS

TABELA 1 – Síntese das principais métricas relacionadas à temática

Publicações por ano	Artigos	Periódicos de maior impacto	Artigos
2022	59	Journal of Dairy Science	23
2021	62	Agricultural Systems	19
2020	55	Livestock Research for Rural Development	15
2019	43	Journal of Cleaner Production	13
2018	50	Sustainability (Switzerland)	13
Affiliations	**Artigos**	**Países de maior produção científica**	**Artigos**
Wageningen University	45	Estados Unidos	137
Massey University	15	Holanda	103
Makerere University	10	Brasil	93
Notreported	10	Índia	90
International Livestock Research Institute	9	França	85

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

Já os países de maior produção científica (Tabela 2) são os Estados Unidos (137 artigos) e a Holanda (103 artigos). A magnitude dos EUA é observada principalmente na produção e exportação de leite e derivados, principalmente queijos (USDA, 2022). A representatividade da Holanda é decorrente, não necessariamente pelo volume de produção, mas por ser um país de referência em pesquisa e inovação nessa temática, o que pode ser explicado pela representatividade das afiliações dos autores (Wageningen University), e as redes de colaboração (figura 2). pois a Holanda possui redes de colaboração com 24 países no período analisado.

Destaca-se nessa área também o Brasil (93 artigos), atemática da cadeia produtiva do leite permeia diversas universidades e/ou centro de pesquisas alocados em diferentes estados brasileiros. Esses resultados também se refletem nas redes de colaboração entre países (Figura 2). Em 2022 o Brasil possuía o terceiro maior rebanho de vacas leiteiras e a quinta maior produção mundial de leite (USDA, 2022), mas a participação nas exportações mundiais ainda é pouco representativa. Nos últimos anos houve avanços em termos melhoramento genético, produção, e tem sido grande os esforços no sentido de padronizar e melhorar a qualidade do leite (VILELA, et al., 2017; MARTINS; ARBEX, 2019).

ANAIS

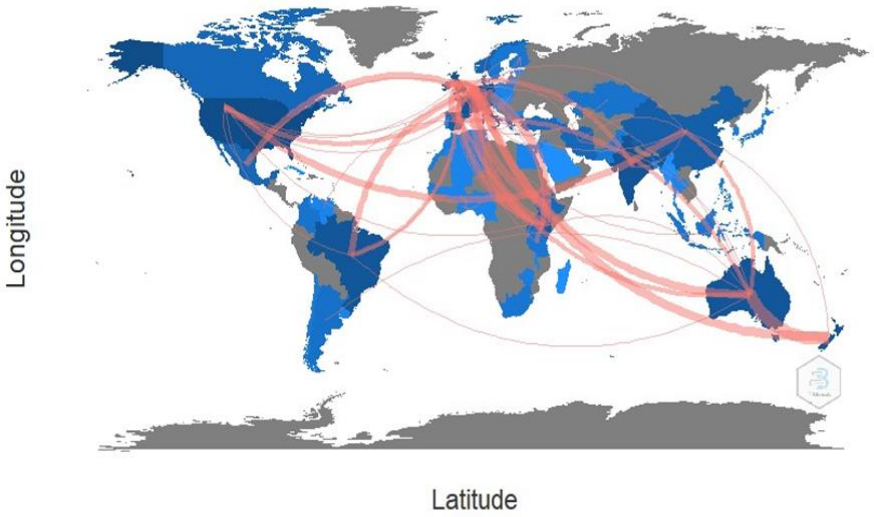


FIGURA 2 - Rede de colaboração entre países
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa

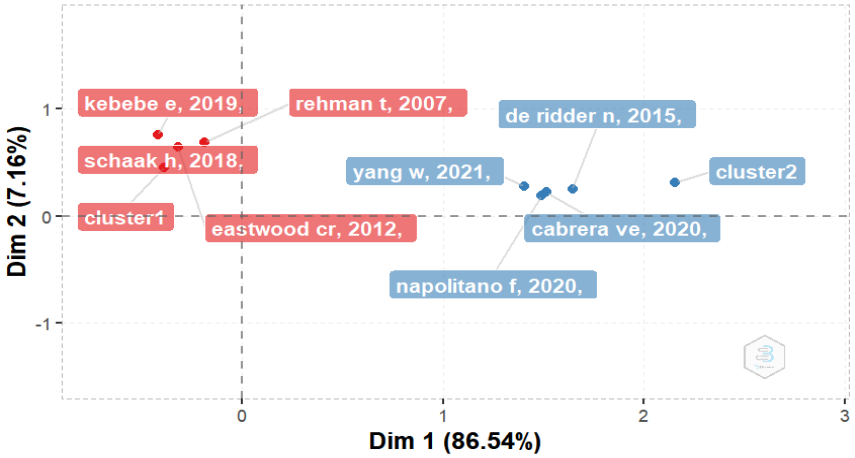
FIGURA 3- Palavras-chave mais utilizadas nos documentos
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

As palavras-chave mais destacadas dizem respeito à temática central da pesquisa, ou seja, inovações, adoção de tecnologias e cadeia produtiva do leite. Convém salientar que dentro desse tema mais amplo, destaca-se os elos da produção (*dairy farming*) e da indústria (*dairy industry*) e também da sustentabilidade, uma temática atual, relevante e fundamental para o avanço da cadeia produtiva do leite.

4.2 Análise dos oito documentos de mais elevada contribuição no mapa fatorial

A partir de uma análise de correspondência múltipla foi identificado dois grupos, que em larga medida, refletem as tendências dos estudos na área das inovações e adoção de tecnologias na cadeia do leite. O primeiro denominamos de fatores de influência na adoção

tecnologias em fazendas de leite e o segundo adoção de tecnologias como foco em eficiência dos sistemas de produção de leite.



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)
FIGURA 4 – Mapa fatorial dos documentos com mais elevada contribuição

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

4.2.1 Fatores de influência na adoção tecnologias em fazendas de leite

Três artigos (Schaak; Muhoff, 2018; Eastwood; Chapman;Paine, 2012; Rehman et al., 2007) utilizam survey e entrevistas junto a produtores de leite. Kebebe, (2019) faz essa reflexão a partir de estudos de literatura, e entrevistas com informantes-chave de instituições públicas e privadas, elaborando fatores importantes para desenvolver um sistema de inovação.

QUADRO 2 Sistematização dos quatro artigos mais relevantes estratificados no grupo 1

	Ano	Autores	Título	Citações
Fatores de influência na adoção de tecnologias	2019	Kebebe, E.	Bridging technology adoption gaps in livestock sector in ethiopia: a innovation system perspective	30
	2018	Schaak, H.; Muhoff, O.	Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming	34
	2012	Eastwood, C. R.; Chapman, D. F.; Paine, M. S.	Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: case studies of precision dairy farms in Australia	114
	2007	Rehman T; Mckemey, K.;Yates C. M; Cooke, R. J.; Garforth, C. J.;Tranter, R. B.; Park, J. R.;Dorward, P.T	Identifying and understanding factors influencing the uptake of new technologies on dairy farms in sw England using the theory of reasoned action	104

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

Um estudo de Kebebe (2019) analisou o papel dos processos econômicos sociais, políticos e organizacionais na adoção de tecnologias em sistemas de produção pecuários de

pequeno porte. O ponto de partida teórico foram os sistemas de inovação em laticínios e o estudo foi conduzido estudo na província de Wollega, oeste da Etiópia. Além da revisão da literatura, análise documental, foram realizadas entrevistas com informantes chaves, seis reuniões com grupos focais e 12 entrevistas aprofundadas com especialistas, comerciantes e anciãos (KEBEBE, 2019).

Funções de estruturas de inovações foram usadas para avaliar os aspectos dinâmicos dos sistemas de inovação pecuários. Os resultados demostram que funções de sistemas de inovação são fracas ou ausentes. Fatores relacionados ao empreendedorismo, difusão de conhecimento, desenvolvimento de mercado e as políticas analisadas são pouco evidentes e refletem a baixa utilização na pecuária leiteira. De um modo geral, a intervenção tem ocorrido em problemas pontuais como a nutrição animal. Reprodução, sanidade dos animais, foco nos sistemas de produção propriamente ditos (KEBEBE, 2019).

De acordo com o autor as razões da difusão e adoção de tecnologias são diversas e complexas, no entanto, sugerem que para além dos aspectos técnicos, relacionados à nutrição e sanidade dos animais. As intervenções devem ser mais amplas e abarcarem também os demais elos da cadeia, como: produção, armazenamento, transporte, processamento e comercialização. Já ao Estado, caberia o desenho e execução de políticas macroeconômicas e institucionais visando o desenvolvimento do setor privado. (KEBEBE, 2019).

No artigo *"Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming"*, Schaak; Mußhof (2018) analisam o impacto das crenças individuais dos agricultores alemães tanto na intenção de usar quanto na aplicação real de práticas de manejo de pastagem. O leite a pasto tem sido demandado por parte da sociedade (em decorrência de bem-estar animal e questões ambientais) e recebido atenção da política agrícola europeia.

Os dados foram coletados por intermédio de uma pesquisa online, iniciada em 2016, junto a 334 produtores de leite e considerou os antigos estados federais alemães. Para análise dos dados foram utilizadas equações estruturais baseadas no Modelo de Aceitação de Tecnologias (Technology Acceptance Model - TAM). Esse modelo pressupõe que a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida são os principais elementos que determinam a intenção de uso e do comportamento real de uso de uma tecnologia (SCHAAK; MUßHOF, 2018).

Os resultados demonstraram estatisticamente a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida na adoção de práticas de pastoreio. Também revelou diferenças entre produtores convencionais e orgânicos, assim, as crenças sobre o comportamento de uso tendem a ser maiores para os agricultores convencionais, pois produtores convencionais mais experientes percebem as práticas de pastoreio de forma mais negativa. A norma subjetiva dos produtores influencia outros construtos do modelo, incluindo a intenção de uso. Os autores concluíram que as expectativas da sociedade, poder público (discurso), a informação e a comunicação influenciam a tomada de decisão do produtor (SCHAAK; MUßHOF, 2018).

Eastwood; Chapman; Paine (2012) estudaram o uso de sistemas de apoio à decisão (decision support systems - DSSs) na Austrália. O objetivo no estudo foi de analisar os processos de aprendizagem envolvendo o uso de DSSs em fazendas leiteiras de precisão. Foi

utilizada uma análise qualitativa, mais precisamente estudos de casos exploratórios e longitudinais em que foram estudadas seis fazendas produtoras de leite de precisão, os agricultores foram entrevistados até cinco vezes para aprofundar o entendimento e a prática dos agricultores. A seleção dos participantes ocorreu pelo método “bola de neve”. Os agricultores foram acompanhados desde a pré-instalação da tecnologia de precisão até aproximadamente dois anos. O intuito de acompanhar o processo de aprendizado para usar novos sistemas e criar novos conhecimentos, a partir da prática. Como resultados, os autores identificaram diferentes níveis de engajamento dos agricultores, dificultada pela pouca habilidade, e capacidade limitada de aprender com outros usuários, alguns ainda instalaram DDSs sem considerar o custo do retorno do investimento e o aprendizado para obter os benefícios da tecnologia EASTWOOD; CHAPMAN; PAINE (2012).

Os estudos de caso destacaram dois fatores de conhecimento relevantes: conhecimento de sistemas de produção leiteira e dados necessários para a tomada de decisões; e o conhecimento de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) de laticínios de precisão e sua capacidade potencial de captura e análise de dados. As redes de conhecimento eram compostas de agricultores e técnicos de apoio e, em alguns casos, outros agentes (tradutores) faziam a ponte entre eles. A rede de aprendizado da pecuária leiteira de precisão, considerando as fazendas estudadas era deficiente em alguns papéis e funções principais que permitiriam o processo de reavaliação e reflexão eficazes, portanto, uma estrutura aprimorada necessita ser desenvolvida. Os agricultores estudados seguiram uma trajetória de aprendizado similar, que envolveu uma curva de aprendizado inicial mais elevado, uma fase de consolidação e, em seguida, uma fase de uso mais avançado.

Uma estrutura proposta para uma rede mais eficaz, considerando os sistemas de inovação, incluía profissionais de pesquisa e extensão, com o intuito de suprir deficiências dos varejistas de tecnologias, as vezes sem muito conhecimento de campo. A indústria também possui um papel fundamental para construir redes de conhecimento a produtores de precisão na Austrália (EASTWOOD; CHAPMAN; PAINE (2012).

O artigo elaborado por Rehman et al., (2007), teve como objetivo identificar as razões pelas quais os pecuaristas do sudoeste da Inglaterra (condados de Cornwall, Devon e Dorset) adotam, ou não, certas tecnologias para uso em sistemas de produção de leite. Os autores mencionam que as variáveis tecnológicas no estudo são: detecção de cio, suplementação de nitrogênio e utilização de trevo branco.

A teoria da ação racional (theory of reasoned action - TORA) foi utilizada para identificar as motivações e barreiras para adoção de tecnologias. Para a coleta dos dados foi utilizado um questionário estruturado em forma de escala. Dos 500 produtores de leite contatados, 29% retornaram respostas aptas a serem analisadas. A partir das variáveis que compõem a TORA foi realizado uma Análise de Componentes Principais (ACP) pra extrair fatores e validar a Teoria. Os construtos recorrentemente utilizados na TORA

Os resultados obtidos demonstram a importância das atitudes e das crenças dos adotantes de uma nova tecnologia, pois o engajamento dos agricultores está relacionado com a crença dos mesmos. No estudo, os fatores impulsionadores para a tecnologia de detecção do

cio são o custo-benefício, detecção aprimorada e taxas de concepção enquanto a ameaça de rebaixar o conhecimento pessoal e as habilidades de um fazendeiro em “conhecer” suas vacas é uma barreira.

Em síntese, o pano de fundo que permeia esse grupo, sintetizado pelos quatro principais artigos remete às motivações dos agricultores produtores de leite à adoção de tecnologias. E também, ainda que de maneira mais superficial, estratégias para a adoção, quando elas não são utilizadas, ou ainda formas de torná-las mais eficientes, quando há a adoção.

4.2.2 Adoção de tecnologias e a importância do uso de dados como foco em eficiência dos sistemas

Nesse conjunto de artigos o foco recai sobre a adoção de tecnologias e a importância do uso de dados com foco na eficiência dos sistemas de produção de leite. O primeiro artigo (YANG. et al, 2021) utiliza *survey* e analisa tendências na adoção de tecnologias em um período de 10 anos. O segundo (NAPOLITANO. *et al*, 2020), através de uma revisão bibliográfica, avalia a contribuição da tecnologia para melhorias na relação homem-animal. Já o terceiro artigo (CABRERA. et al, 2020), apresenta a construção de um hub de dados agrícolas, desenvolvido para produtores de leite que querem maximizar os resultados de tecnologias já existentes, investidas anteriormente na propriedade. Por fim, o quarto artigo ressalta a importância da adoção de tecnologia para a sustentabilidade de sistemas baseados em pastagens (FRENCH. et al, 2015).

QUADRO 3 Sistematização dos quatro artigos mais relevantes estratificados no grupo 2

	Ano	Autores	Título	Citações
Adoção de tecnologias e eficiência nos sistemas	2021	Yang W; Edwards, J. P; Eastwood, C. R.; Dela Rue, B. T.; Renwick, A.	Analysis of adoption trends of in-parlor technologies over a 10-year period for labor saving and data capture on pasture-based dairy farms	6
	2020	Napolitano, F.; Bragaglio, A.; Sabia, E.;Serrapica, F. ;Braghieri, A.; De Rosa, G.	The human-animal relationship in dairy animals	7
	2020	Cabrera, V. E.;Barrientos-Blanco, J. A;Delgado, H; Fadul-Pacheco, L.	Symposium review: real-time continuous decision making using big data on dairy farms	31
	2015	French, P.; O'brien, B.; Shalloo, L.	Development and adoption of new technologies to increase the efficiency and sustainability of pasture-based systems	30

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

O primeiro artigo é um estudo realizado na Nova Zelândia, entre 2008 e 2018, sobre análise das tendências de adoção de tecnologias em salas de ordenha. Comparou a evolução da adoção de inovação ao longo do tempo, analisando tecnologias utilizadas para economia de mão de obra (Labor Saving – LS) e tecnologias utilizadas para captura de dados, entendidas

como data-capture - DC. Portanto, o objetivo do estudo foi obter informações concernentes às tendências de tempo na adoção de tecnologias. Para analisar a tomada de decisão na adoção de tecnologias e, assim, cumprir o objetivo de investigar as tendências na adoção de tecnologias de ordenha, os pesquisadores criaram dois tipos de variáveis. Em primeiro, a variável referente à adoção de tecnologias, que investiga o processo de tomada de decisão. Em segundo, a variável referente a intensidade da adoção, definindo o número de tecnologias instauradas nas propriedades (LS, DC, e LS+DC). Para a análise e tabulação dos dados, utilizou-se de modelos econométricos (YANG. *et al*, 2021).

Os resultados mostraram que a adoção de tecnologias aumentou ao longo do tempo e a principal motivação foi a redução de mão de obra. As tecnologias utilizadas para captura de dados (DC) apresentaram pequenos aumentos ao longo do tempo, essas tecnologias foram adotadas de forma mais intensificada em propriedades que já haviam elevada proporção de tecnologias utilizadas para economia de mão de obra (LS). Dessa forma, a pesquisa apresenta que agricultores possuem menos probabilidade de investirem apenas em tecnologias DC, e que existem tipos de propriedades onde a combinação das duas é mais viável (YANG. *et al*, 2021).

A pesquisa também revela que há diferenças regionais e temporais na adoção de tecnologias, em regiões mais produtivas há mais problemas em relação à mão de obra. Além disso, em fazendas onde os proprietários fazem parte da equipe administrativa e de operadores, existe maior adesão de tecnologias LS e ou LS+DC, pois os agricultores estão diretamente ligados ao desempenho da sala de ordenha, refletindo inclusive na sua qualidade de vida. Em contrapartida, em propriedades geridas indiretamente, por tomadores de decisão em empresas agrícolas, a adoção por tecnologias é menor (YANG. *et al*, 2021).

Portanto, o estudo fornece informações sobre as tendências de adoção de tecnologias na Nova Zelândia, centrando-se em variáveis de tempo, tipo de tecnologia e intensidade. Para trabalhos futuros, prevê a necessidade de analisar outros fatores que influenciam na adoção dessas tecnologias, incluindo questões regionais, geopolíticas e econômicas. Mas além dos resultados pontuados acima, consente-se que tendências globais, baseadas na exigência da otimização de explorações agrícolas, exigirão sistemas agrícolas maiores, mais eficientes e complexos, refletindo em uma elevada necessidade de pessoal e em sistemas de gestão mais inteligentes. Sendo assim, o uso da tecnologia é considerado como solução para aumentar parâmetros de produtividade e capacidade de sustentabilidade das explorações agrícolas globais (YANG. *et al*, 2021).

Pesquisadores da Itália avaliaram os benefícios da relações homem-animal (human-animal relationship - HAR) que traz como premissa a pauta do bem-estar animal. A revisão organizada pelos autores faz um levantamento sobre os estudos realizados na área, mas também revela que as tecnologias podem ser aliadas na identificação de comportamentos e práticas inadequadas dos tratadores, contudo, ainda são precárias ou inexistem. De acordo com a revisão, a atitude positiva, negativa ou neutra dos tratores refletirá diretamente na interação dos animais. Como consequência, os animais modelam seus parâmetros de estresse e medo, afetando no nível de bem-estar e produtividade (NAPOLITANO. *et al*, 2020).

Inicialmente, o estudo pontua os impactos da relação homem-animal em bovinos. No gado leiteiro, a quantidade e qualidade da relação homem-animal apresentou mais

investigações, foi amplamente estudado em diferentes países. Fatores como sexo e carga horária de trabalho influenciam diretamente na relação com os animais, por esse motivo, treinamentos e programas de recrutamento mais cuidadosos estão sendo propostos. O medo está entre os principais fatores de queda no bem-estar animal, pode resultar no aumento da inquietação e da frequência cardíaca dos animais, consequentemente, em menos produtividade leiteira. Em contrapartidas, práticas e interações positivas foram associadas ao aumento da fertilidade e da saúde das vacas, bem como na taxa de crescimento dos bezerros. O mesmo se aplica para as búfalas, que se apresentam como animais ainda mais sensíveis ao ambiente de ordenha e à mudança de rotina, a atitude negativa do tratador durante a ordenha foi relacionada com o número de coice e com uma porcentagem maior de injeção de ocitocina para expulsão do leite (NAPOLITANO. *et al*, 2020).

Em relação aos ovinos para produção de carne, o estudo mostrou que muitos produtores percebem desnutrição, manejo e infestações parasitárias como problemas relacionados ao bem-estar. No entanto, o nível de informação dos agricultores afeta no tratamento distendido aos animais. Os criadores de ovelhas leiteiras, normalmente têm uma atitude positiva com os animais, pois os consideram mais sensíveis. Numerosos estudos comprovaram que as interações gentis e carícias aumentam a afinidade dos cordeiros de raças leiteiras com os tratadores, são animais facilmente habituados com a presença humana. No caso dos caprinos, alguns estudos demonstram que as interações também são facilitadas e benéficas, mas ainda há pouca investigação sobre a espécie. Cabras leiteiras com tratamento positivo e acariciadas apresentaram índices de cortisol menores. Além disso, o tratamento positivo dos animais mostrou ser mais eficiência em fazendas consideradas “boas”, com poder aquisitivo e de investimento maior (NAPOLITANO. *et al*, 2020).

Os pesquisadores concluem que a principal ferramenta disponível para melhorar a qualidade da relação homem-animal é o treinamento dos tratadores. Em complementar, a implementação e criação de novas tecnologias que auxiliam no monitoramento da rotina de manejo das propriedades podem contribuir na implementação de boas práticas. Ferramentas como termografia e acelerômetro são exemplos de dispositivos desenvolvidos para avaliar o bem-estar animal, mas alguns aspectos como restrições econômicas, cultura e falta de informação podem dificultar a utilização dessas tecnologias (NAPOLITANO. *et al*, 2020).

Outro artigo relevante, destacado no Cluster 2, é resultado de um projeto interdisciplinar de pesquisa e extensão, envolvendo pesquisadores, produtores de leite e profissionais da indústria. Nesse material, pesquisadores divulgam o projeto *Dairy Brain*, que conecta e analisa dados de vacas e rebanhos de forma contínua. O *Dairy Brain* visa ser um hub integrado de dados agrícolas, com registros extraídos do gerenciamento da propriedade rural, incluindo monitoramento da alimentação, dados de softwares da sala de ordenha, além de dados de fora da fazenda, como exames e documentos genéticos. Com isso, o projeto visa acessar e integrar dados que estão disponíveis para o produtor, na medida em que muitas fazendas adotaram o uso de grandes tecnologias, portanto, adquiriram grandes fluxos de dados constantes, mas não foram instruídas a integrar todo o fluxo de informação e utilizar os recursos de forma eficiente, em tempo real (CABRERA. et al, 2020).

A inovação na cadeia do leite evoluiu rapidamente, os produtores estão adquirindo tecnologias que geram grandes fluxos de dados. Diante do avanço constante, muitos produtores

ou gestores de fazendas encontram dificuldades para aderir às tecnologias e utilizar ao máximo as potencialidades dos bancos de dados. Mas além de fornecer conhecimentos específicos para usufruir dos dados de cada sistema, a proposta do *Dairy Brain* é entrar e gerenciar todos os dados de uma fazenda em uma ferramenta, possibilitando decisões mais assertivas e sistematizadas (CABRERA. et al, 2020).

O uso de mecanismos para interpretação de dados em tempo real pode auxiliar na tomada de decisões e na redução de custos das propriedades. Além de promover uma pecuária orientada a dados e ainda mais profissionalizada. A proposta do projeto é utilizar conjuntos de dados já provenientes das tecnologias adquiridas pelos agricultores, com isso, oferecer um banco de dados contínuo, que pode servir de consulta posteriormente, diminuir custos com alimentação, perdas de nutrientes, bem como identificar vacas com maiores risco de contrair mastite a partir da utilização de dados genéticos. Avanço que pode transformar a forma como as fazendas leiteiras são gerenciadas a curto, médio e longo prazo (CABRERA. et al, 2020).

Também pensando na gestão de dados e na utilização de tecnologia para melhorar a eficiência das propriedades, bem como auxiliar no processo de exploração agrícola, pesquisadores da Irlanda realizaram um estudo sobre tecnologias que podem permitir uma melhor exploração das condições biológicas das pastagens, a fim de potencializar a eficiência dos sistemas baseados em pastagens. Os sistemas baseados em pastagem apresentam grandes desafios, incluindo a necessidade de monitoramento constante e medição precisa dos nutrientes do pasto para possibilitar a nutrição das vacas e a gestão do pasto. Portanto, o desenvolvimento de tecnologias em sistemas baseados em pastagem, tem potencial de aumentar significativamente a sustentabilidade da produção do leite, principalmente se for intuitiva e de fácil adesão do agricultor (FRENCH. et al, 2015).

Dentre as tecnologias mencionadas, os autores destacam uma ferramenta TIC (Tecnologia da Informação e da Comunicação), utilizada para capturar dados a respeito do pasto automaticamente, monitorando biomassa, altura e alocação da pastagem em tempo real. Dados do desempenho da produção de leite também podem ser utilizados para a gestão do pastoreio, fluxo de leite e qualidade, entre outros aspectos, são indicadores do desempenho nutricional dos animais e da qualidade do pasto. Nos sistemas de pastagens, algumas vacas são alocadas em áreas específicas para pastagem, onde precisam permanecer. Em protótipos inovadores, já existe o que é chamado de “cerca virtual”, através de estímulos sensoriais, tácteis e sonoros, os animais são monitorados via GPS e induzidos a permanecerem em determinados locais. Como uso eficiente de dados, também se fala na gestão de nutrientes específicos em cada local da propriedade. Por fim, entende-se que a adoção de tecnologias resultará no aumento produtivo das pastagens, no aumento de precisão nutricional e na gestão da propriedade, impactando em mais rentabilidade e produtividade (FRENCH. et al, 2015).

Neste grupo, os quatro artigos mais representativos analisados avançam no sentido de melhorar a eficiência dos sistemas da cadeia do leite, com foco na mecanização visando a redução de mão de obra, por intermédio de TICs e sistemas automatizados que contribuem para melhorar os aspectos produtivos, econômicos e sociais; e sobretudo, a utilização da massa enorme de dados produzidos. Atribuindo o acompanhamento tecnológico das fazendas como uma estratégia de auxílio na tomada de decisão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do artigo foi analisar a evolução da produção científica em torno da inovação e adoção de tecnologias na cadeia produtiva de leite. A base do *Scopus* foi utilizada para realizar a busca e seleção dos artigos entre o período de 1998 e 2022. A sistematização e realização das análises se deu no *software Bibliometrix*, disponível no *R Studio*. Além das métricas mais usuais, também foi realizada uma análise de correspondência múltipla, em que foi identificado os artigos mais relevantes, oito deles analisados de forma aprofundada nos resultados.

As métricas demonstram o crescimento da produção científica, principalmente nos últimos 10 anos, e revelam a importância da pesquisa e extensão direcionadas à temática da inovação como alternativa para melhorar o desempenho e a competividade da cadeia produtiva do leite.

Os oito artigos explorados, decorrentes da Análise de Correspondência Múltipla, majoritariamente tratam de pesquisas em nível da "fazenda", ou seja, dentro da porteira. Muito provavelmente isso decorre não só da importância, mas também da heterogeneidade observada no elo da produção, o que tem implicações, tanto na adoção ou não de tecnologias, quanto nos resultados produzidos por ela.

Os textos analisados, sobretudo os mais recentes, apontam para a importância e a necessidade da adoção de TICs, principalmente na forma de sistemas de monitoramento como na realização e utilização de pastagens, nutrição e bem-estar animal, sanidade, economia e redução da penosidade da mão de obra, custos de produção e comercialização. Também reforçam a necessidade de utilização da grande massa de dados gerados para retroalimentar os processos de tomada de decisão em diferentes elos da cadeia, com vistas à sustentabilidade ambiental, social e econômica.

A utilização da bibliometria e a utilização de softwares como o bibiometrix, por exemplo, são excelentes instrumentos para coletar e sistematizar pesquisas científicas (elaboração de um artigo bibliométrico, como nesse caso). Porém, ela é de fundamental importância como meio, ou seja, para mapear referenciais teóricos e/ou métodos de análise em diferentes áreas do conhecimento. Por outro lado, é de fundamental importância evitar generalizações, uma vez que as decisões de palavras-chave de buscas, período, áreas do conhecimento podem ser consideradas subjetivas e atendam objetivos específicos dos autores.

Os alunos envolvidos neste estudo possuem auxílio de bolsa subsidiada CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL SYSTEMS. **Aims and scope.** Disponível em: **https://www.sciencedirect.com/journal/agricultural-systems. Acesso em: mar, 2023.**

American Dairy Science Association. **Journal of dairy Science,** 2023, Disponível em: https://www.adsa.org/Publications/Journal-of-Dairy-Science. Acesso em: marc, 2023.

ANAIS

BIANCHI, M. C. et al. Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. **Animal**, v. 16, n. 11, p. 100650, 2022.

CABRERA, Victor E. et al. Symposium review: Real-time continuous decision making using big data on dairy farms. **Journal of dairy science**, v. 103, n. 4, p. 3856-3866, 2020.

DE KONING, K., Automatic milking–common practice on dairy farms. **Proceedings of the Second North American Conference on Robotic Milking, Precision Dairy Operators,** March 2–5, 2010, Toronto, Canada, pp. 59–63.

DOLECHECK, K; HEERSCHE, G; BEWLEY, JM. Investment analysis of automated estrus detection technologies. In **'Proceedings of the precision dairy conference and expo'**, University of Minnesota, Mayo Civic Center, Rochester, Minnesota, 26–27 June 2013. pp. 103–104. 2013.

EASTWOOD, Callum; DELA RUE, Brian; KERSLAKE, Joanne. Developing an approach to assess farmer perceptions of the value of pasture assessment technologies. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, p. 474-485, 2020.10.1111/gfs.12504

EASTWOOD, C. R.; CHAPMAN, D. F.; PAINE, M. S. Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. **Agricultural Systems**, v. 108, p. 10-18, 2012.

FRENCH, P.; O'BRIEN, B.; SHALLOO, L. Development and adoption of new technologies to increase the efficiency and sustainability of pasture-based systems. **Animal Production Science**, v. 55, n. 7, p. 931-935, 2015.

GARCIA, S. C.; FULKERSON, W. J. Opportunities for future Australian dairy systems: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, n. 9, p. 1041-1055, 2005.10.1071/EA04143

GARGIULO, J. I.; LYONS, N. A.; GARCÍA, S. C. Optimising profitability and productivity of pasture-based dairy farms with automatic milking systems. **Animal**, v. 16, n. 9, p. 100605, 2022. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100605

KALER, J; RUSTON, A. Technology adoption on farms: using normalisation process theory to understand sheep farmers' attitudes and behaviours in relation to using precision technology in flock management. **Preventive Veterinary Medicine**. 170, 104715. 2019.

KEBEBE, Ergano. Bridging technology adoption gaps in livestock sector in Ethiopia: A innovation system perspective. **Technology in Society**, v. 57, p. 30-37, 2019.

ANAIS

HORN, Juliane; ISSELSTEIN, Johannes. How do we feed grazing livestock in the future? A case for knowledge-driven grazing systems. **Grass and Forage Science**, v. 77, n. 3, p. 153-166, 2022.

LANGWORTHY, Adam D. et al. Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. I: Technology efficacy and pasture utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 6, p. 7071-7083, 2021. doi:10.3168/jds.2020-19796

MALASSIS, L. **Agriculture et processus de developpement**. Essai d'orientation pedagogique. Paris, Unesco, 1973. 308 p.

MUGNAINI, Rogério; SALES, Denise Peres. Mapeamento do uso de índices de citação e indicadores bibliométricos na avaliação da produção científica brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 12., 2011, Brasília, DF. **Anais**... Brasília: UNB, 2011.

Markov, N. et al. **Smart Dairy Farm:** Digitalization and Innovation. 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Ruse, Bulgaria, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEAE53789.2022.9831220

MARTINS, P. C., ARBEX, W. O leite e o protagonismo na revolução 4.0**.** In.: EMBRAPA. **Anuário Leite 2019:** novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2019. p.70-73. Disponível em: < https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1109959>. Acesso em: mai. 2023.

NAPOLITANO, Fabio et al. The human− animal relationship in dairy animals. **Journal of Dairy Research**, v. 87, n. S1, p. 47-52, 2020.

OECD. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo 2018:** Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4. ed. Coleção: The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Luxembourg: OECD Publishing, Paris/Eurostat. 2018. DOI: https://doi.org/10.1787/9789264304604-en

PALMA-MOLINA, P. et al. Factors associated with intensity of technology adoption and with the adoption of 4 clusters of precision livestock farming technologies in Irish pasture-based dairy systems. **Journal of Dairy Science**, 2023. doi:10.3168/jds.2021-21503

R CORE TEAM: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing,Vienna,Austria. 2018. URL https://www.R-project.org/

SHEPHERD, M., J. A. TURNER, B. SMALL, AND D. WHEELER. Priorities for science to

overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. **J. Sci. Food Agric.** Online only. https://doi.org/10.1002/jsfa.9346. 2018.

SILVI, Rebeca et al. Adoption of Precision Technologies by Brazilian Dairy Farms: The Farmer's Perception. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3488, 2021. Doi: https://doi.org/10.3390/ani11123488

REHMAN, T. et al. Identifying and understanding factors influencing the uptake of new technologies on dairy farms in SW England using the theory of reasoned action. **Agricultural Systems**, v. 94, n. 2, p. 281-293, 2007.

SCHAAK, Henning; MUHOFF, Oliver. Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 230-239, 2018.

SHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico:** uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico (1934). Tradução de Maria Sílvia Possas. Coleção Os Economistas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. Editora Elsiever, 2006.

UNITED STATE AGRICULTURE DEPARTAMENT (USDA). Dairy: World Markets and Trade. 2022. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf . Acesso em: mai 2023.

VILELA, D., RESENDE, C. J., LEITE, B. J., ALVES, E., **A evolução do leite no Brasil em cinco décadas**. Revista da Política Agrícola. Ano XXVI – Nº 1 – Jan./Fev./Mar. 2017. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163208/1/Evolucao-do-leite-no-brasil.pdf. Acesso em: maio. 2023.

WOLFERT, S., L. GE, C. VERDOUW, AND M.-J. BOGAARDT. Big data in smart farming – A review. **Agric. Syst.** 153:69–80. https://doi.org/ 10.1016/j.agsy.2017.01.023. 2017.

YANG, Wei et al. Analysis of adoption trends of in-parlor technologies over a 10-year period for labor saving and data capture on pasture-based dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 1, p. 431-442, 2021.