



## Pecuária de leite sustentável e o nexó entre eficiência técnica, econômica e ambiental: uma análise bibliométrica

### *Sustainable dairy farming and the nexus between technical, economic and environmental efficiency: a bibliometric analysis*

Simone Geitenes COLOMBO<sup>1,2\*</sup>, Ademir Kleber Morbeck de OLIVEIRA<sup>2</sup>, Mirian Batista de Oliveira BORTOLUZZI<sup>1</sup>, José Francisco dos REIS NETO<sup>2</sup>, Gilberto Gonçalves FACCO<sup>2</sup>, Rosemary MATIAS<sup>2</sup>, Ana Letícia Barbosa dos SANTOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Nova Andradina, MS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Anhanguera (UNIDERP), Campo Grande, MS, Brasil.

\* E-mail de contato: [simone.g@ufms.br](mailto:simone.g@ufms.br)

Artigo recebido em 12 de setembro de 2022, versão final aceita em 17 de outubro de 2023, publicado em 15 de março de 2024.

**RESUMO:** Melhorias na situação econômica dos países, aliadas ao aumento da expectativa de vida da população, resultaram no aumento da demanda por alimentos. Para atender essa demanda, surge um modelo econômico baseado na exploração vertiginosa dos recursos naturais, orientado apenas à produtividade e ao lucro. Porém, esse tipo de modelo é insustentável a longo prazo e causa impactos ambientais expressivos. Nesse sentido, são necessários sistemas de produção que atendam demandas ambientalmente sustentáveis, além de serem economicamente viáveis aos produtores. Portanto, este artigo se concentra na aplicação de uma revisão bibliométrica com o objetivo de traçar um perfil de produção científica em relação à pecuária de leite sustentável sob a ótica de três dimensões de eficiência: técnica, econômica e ambiental. A análise dos trabalhos permitiu verificar que já existem diversas estratégias que podem contribuir com o desenvolvimento da pecuária de leite ambientalmente sustentável, porém, para que essas alternativas tenham efeito prático em relação aos seus objetivos, é necessário que sejam incorporadas de fato nas atividades realizadas pelos produtores.

*Palavras-chave:* desenvolvimento; ambiente e sustentabilidade; produção rural sustentável.

**ABSTRACT:** The rise in the economic situation of countries allied to the increase in life expectancy of the population resulted in augmenting the demand for food. To meet this demand, an economic model emerges based on the vertiginous exploitation of natural resources oriented only to productivity and profit. However, this type of

---

model is unsustainable in the long term and causes significant environmental impacts. Production systems must not only be economically viable for producers, but also adhere to environmentally sustainable standards. Therefore, this article focuses on the application of a bibliometric review to trace a profile of scientific production in relation to sustainable dairy farming examining efficiency in three dimensions: technical, economic and environmental. The analysis of the works revealed that several strategies can contribute to the development of environmentally sustainable dairy farming. However, for these alternatives to have a practical effect in relation to their objectives, they must be incorporated into the activities carried out by producers.

*Keywords:* development; environment and sustainability; sustainable rural production.

## 1. Introdução

O aumento da população e sua expectativa de vida trouxe consigo maior demanda mundial para a produção de alimentos. Essa necessidade levou à exploração vertiginosa dos recursos naturais para o cultivo de plantas e proteína animal para alimentação.

A melhoria na situação econômica dos países impulsionou o crescimento na produção animal global, e caso as tendências atuais continuem, o aumento da população e da expectativa vida contribuirão para aumentar ainda mais a demanda por leite e carne.

Existe agora uma grande preocupação com os impactos ambientais gerados pelo aumento da produção de alimentos, entre eles, os ocasionados pela pecuária sobre o uso da terra e da água e sobre a emissão de gases de efeito estufa, que tem forte influência nas mudanças climáticas (Salter, 2017; Mu *et al.*, 2017, Mekonnen *et al.*, 2019). Os setores da agricultura e da pecuária precisam continuar fornecendo alimentos e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais (Gislon *et al.*, 2020).

Apesar de haver considerável atenção para melhorias na produtividade de safras com o intuito de aliviar a pressão sobre a utilização do solo, tem havido menos dedicação às implicações geradas

pela intensificação da produção da pecuária de leite (Bosire *et al.*, 2016).

A reprodução seletiva por meio de melhoramento genético, o desenvolvimento de estratégias de alimentação mais eficientes, as mudanças nas práticas de manejo e as melhorias na saúde e bem-estar animal são consideradas melhorias marcantes para a eficiência da produção animal (Salter, 2017). No entanto, essas práticas ainda não são acessíveis a todos os produtores.

As propriedades de pequenos produtores, por exemplo, são sistemas complexos, pois os benefícios para a criação de gado estão além das receitas obtidas pela venda dos produtos e animais, como também o consumo doméstico do leite, diversificação de atividades e outros valores sociais (Udo *et al.*, 2016). Esses produtores, geralmente, encontram maiores dificuldades para ter acesso a práticas inovadoras para melhorar a eficiência de produção dada as suas limitações de recursos.

Partindo do contexto de que a eficiência na atividade de pecuária de leite precisa estar alinhada a demandas ambientalmente sustentáveis, além de ser economicamente viável aos produtores, esta pesquisa tem como foco a aplicação de uma revisão bibliométrica com o objetivo de traçar um perfil de produção científica em relação à pecuária de leite sustentável sob a ótica de três dimensões de eficiência: técnica, econômica e ambiental.

## 2. Metodologia

Partindo da premissa de que não existe uma única forma para condução de uma revisão sistemática de literatura, este trabalho adotou critérios específicos para a pesquisa sistemática da literatura, seguindo parâmetros metodológicos de análise bibliométrica semelhantes aos adotados por Bor-toluzzi *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2019). Este trabalho foi executado em duas etapas principais, sendo a primeira a análise bibliométrica e a segunda a análise dos artigos.

A pergunta que norteou esta pesquisa foi elaborada da seguinte forma: qual o cenário atual sobre os estudos relacionados à pecuária de leite sustentável?

Essa pergunta levou à definição das palavras-chave e critérios de pesquisa demonstrados na Figura 1.

A seleção de artigos foi então refinada por ano de publicação, de modo que foram buscados artigos dos últimos cinco anos (2016-2020) com a finalidade de entender quais eram as pesquisas mais recentes relacionadas à pecuária de leite sustentável. A Figura 2 apresenta o processo de revisão sistemática adotado.

A primeira etapa consistiu na análise bibliométrica com o intuito de mensurar características importantes relacionadas às publicações, tais como o número de publicações ao longo dos anos e os países com maior quantidade de publicações, bem como os periódicos com mais publicações a respeito do tema.

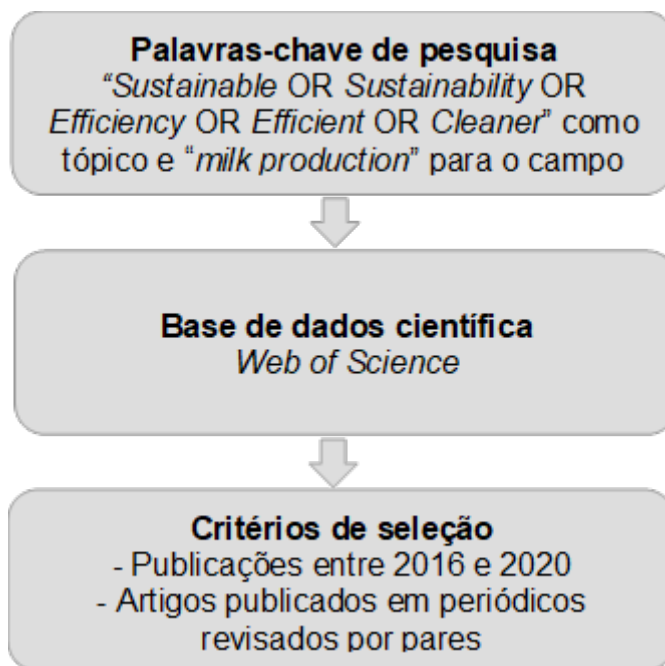


FIGURA 1 – Critérios da pesquisa.

FONTE: os autores

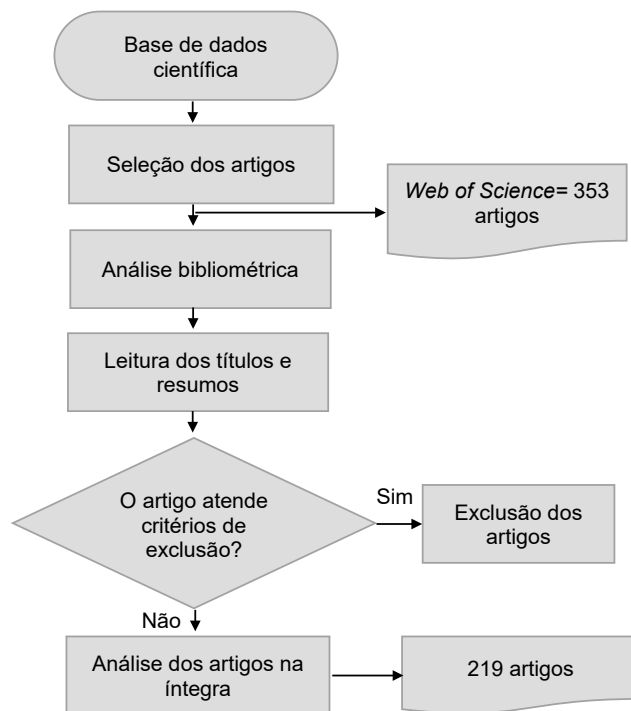


FIGURA 2 – Fluxograma do processo de revisão sistemática.

FONTE: os autores

A busca inicial adotando as palavras-chave e período supracitados retornou a quantia de 353 artigos. A partir dessa seleção inicial, foi realizada a análise bibliométrica de modo a mensurar a contribuição do conhecimento científico para a área relacionada à produção de leite sustentável.

Depois de realizada a bibliometria e para dar sequência à etapa de análise dos artigos, foi feita uma análise prévia dos títulos e dos resumos dos artigos para identificar quais estavam relacionados ao escopo deste estudo. Para tornar viável a comparação entre os artigos, os resultados obtidos foram analisados por título e resumo aplicando-se os seguintes critérios:

- a) O estudo deve estar relacionado aos sistemas de pecuária leiteira em sua fase primária. Ou seja, artigos referentes aos processos de industrialização e análise química do leite foram descartados.
- b) Também foram descartados artigos que tratavam de assuntos relacionados à produção de outros animais que não fossem vacas.

A partir da análise prévia realizada, excluíram-se 134 artigos de acordo com os critérios de exclusão, resultando em um total de 219 artigos para a próxima etapa.

A segunda etapa consistiu na análise comparativa dos artigos de modo a identificar as principais técnicas adotadas na pecuária sustentável, bem como os temas mais abordados atualmente. Para a análise dos artigos, estes foram separados em três dimensões principais em termos de eficiência: técnica, econômica e ambiental.

A eficiência técnica está relacionada a estratégias adotadas para melhorar o desempenho da produção de leite como alimentação animal, boas práticas de manejo, saúde e bem-estar animal e melhoramento genético. A eficiência econômica diz respeito a estudos sobre o desempenho econômico da atividade de produção leiteira como a análise de custos de produção e fatores que afetam a rentabilidade de propriedades produtoras. Por último, a eficiência ambiental trata de assuntos que relacionam a pecuária de leite com aspectos ambientais abordando temas como análise do ciclo de vida, indicadores de sustentabilidade e pegadas ambientais.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1. Revisão bibliométrica

O primeiro resultado obtido refere-se à taxa anual de crescimento de artigos publicados relacionados ao assunto. Houve um crescimento de publicações de 50,94% de 2016 a 2020.

A Figura 3 apresenta o crescimento das publicações entre os anos de 2016 e 2020.

Esse resultado indica a preocupação dos pesquisadores em relação à eficiência e à sustentabilidade em cadeias de produção de leite.

Depois de verificado o aumento na taxa de publicações nos últimos anos, procedeu-se uma análise referente aos principais periódicos utilizados para publicação. A Figura 4 apresenta esses periódicos bem como a quantidade de artigos publicados para o período analisado.

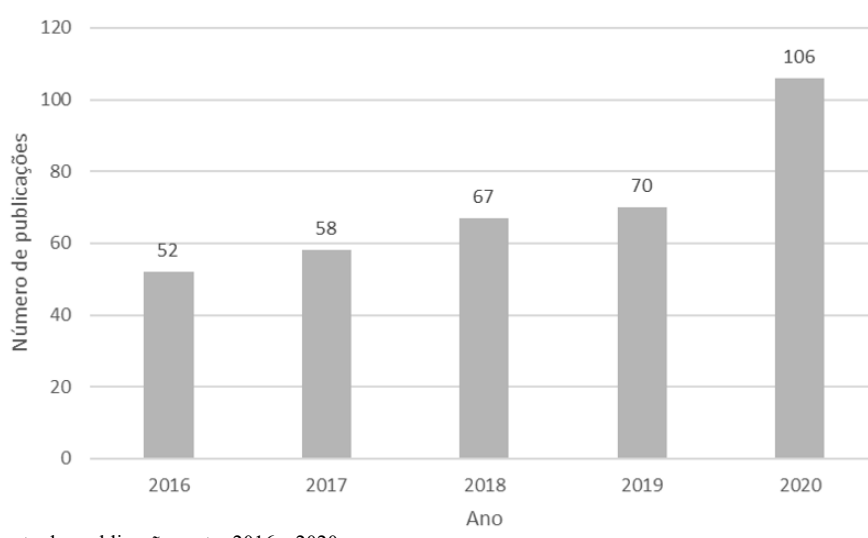


FIGURA 3 – Aumento das publicações entre 2016 e 2020.

FONTE: dados da pesquisa

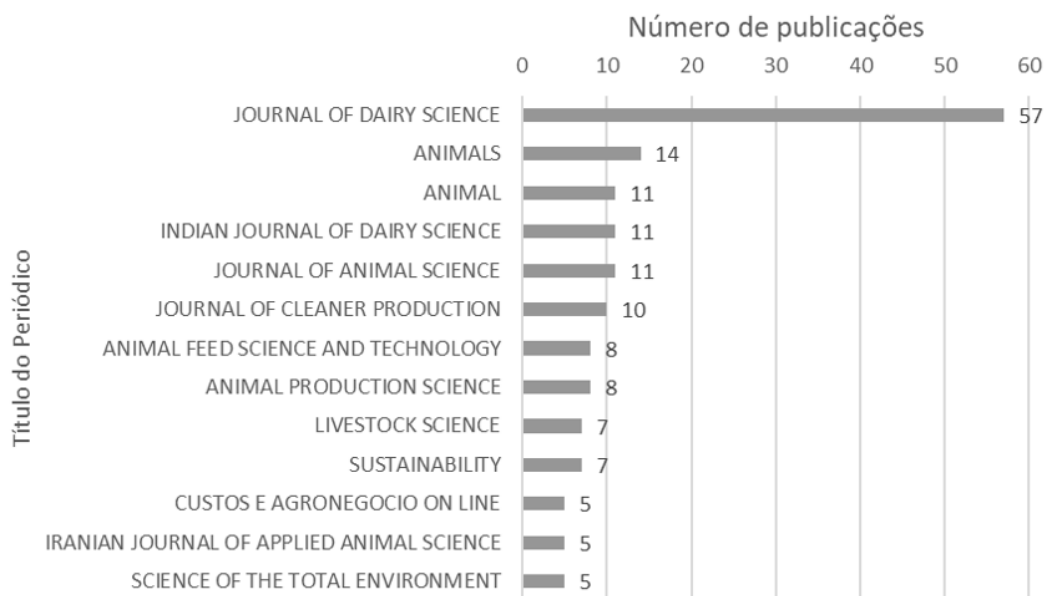


FIGURA 4 – Principais periódicos com artigos publicados e sua respectiva quantidade de publicações entre os anos de 2016 e 2020.  
 FONTE: dados da pesquisa

O periódico com maior número de publicações é o *Journal of Dairy Science* com 57 artigos publicados. Esse periódico está bem à frente do segundo colocado, o periódico *Animals*. Os periódicos, *Animal*, *Indian Journal of Dairy Science* e *Journal of Animal Science* ocupam a terceira posição com 11 artigos. Os demais artigos foram publicados por outros periódicos em quantidades inferiores a 5 artigos.

Com o propósito de verificar o quanto estes pesquisadores fizeram parcerias com outros pesquisadores de outras nações, foi elencada a frequência de colaborações por país na amostra analisada (Figura 5).

O *ranking* dos países com maior frequência de colaboração em publicações com outros países é liderado pelos EUA com uma frequência de 149 colaborações em publicações. Bem próximo, segue o Brasil com 143 colaborações e, na terceira posição, se encontram a China e a Índia com 90 colaborações em publicação. A Figura 6 apresenta o mapa com a rede de colaboração entre autores de diferentes nações. Quanto mais evidente a linha vermelha, maior a frequência de colaboração entre os países.

Os EUA foi um dos países com mais parcerias de pesquisa, tendo colaborações com outros países como o Brasil, China e Canadá, por exemplo. Além dos EUA, a China também realizou colaborações em pesquisas do Canadá.

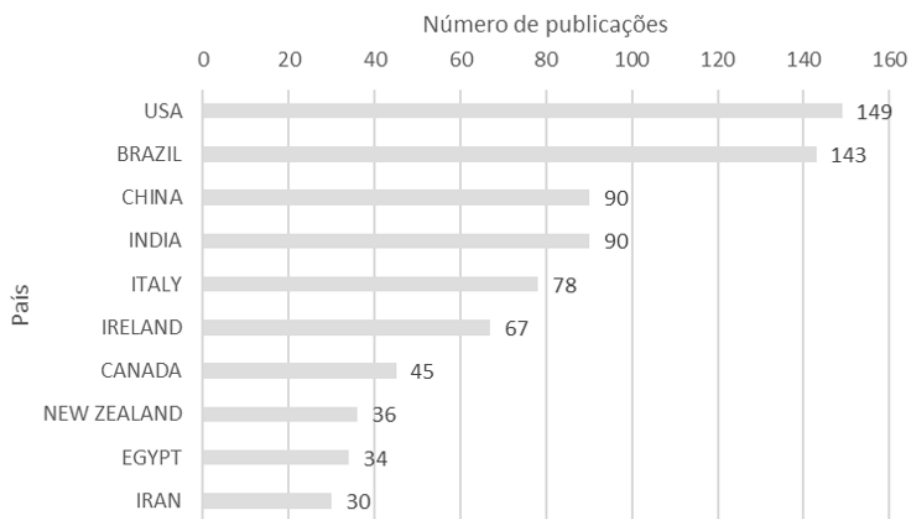


FIGURA 5 – Frequência por país em relação a colaboração de publicações com outros países.

FONTE: dados da pesquisa

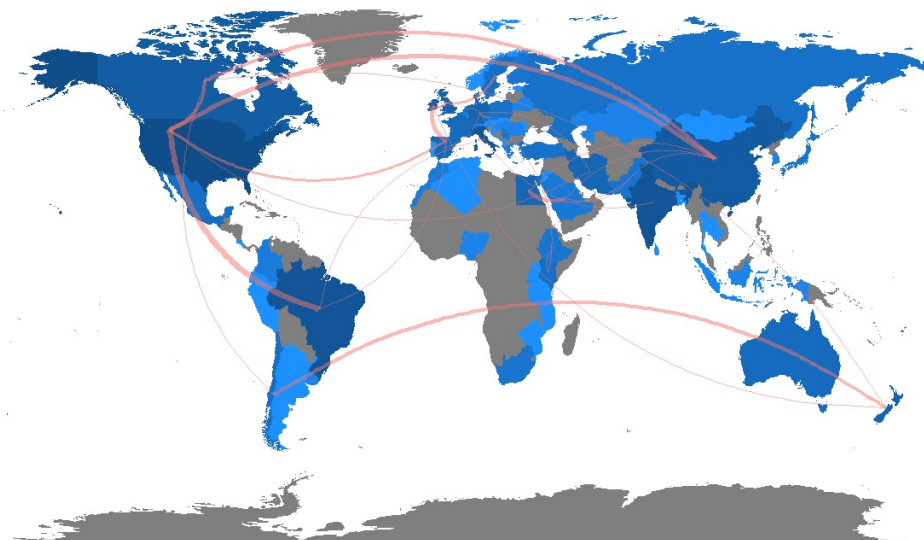


FIGURA 6 – Rede de colaboração entre pesquisadores de diferentes países.

As linhas finas representam até 3 colaborações entre os países, as linhas médias entre 4 e 5 colaborações e as linhas grossas de 6 a 7 colaborações.

FONTE: dados da pesquisa

### 3.2. Análise dos artigos

Depois de realizada a análise bibliométrica, a etapa seguinte consistiu na análise dos artigos a partir da leitura dos trabalhos restantes após exclusão daqueles que não faziam parte do escopo desta pesquisa, conforme critérios definidos anteriormen-

te. A partir da leitura, elaborou-se uma síntese dos principais tópicos abordados pelos autores da área.

Os trabalhos foram separados em três dimensões conforme os assuntos abordados, as quais são: eficiência técnica, eficiência econômica e eficiência ambiental. A Tabela 1 apresenta a síntese dos principais temas de acordo com as dimensões.

TABELA 1 – Síntese dos principais temas abordados nos artigos.

Dimensão	Tema	Quantidade de artigos	Descrição
Eficiência técnica	Alimentação animal	111	Análises referentes à eficiência alimentar e produção de leite utilizando estratégias alimentares diversas.
	Melhoramento genético	10	Abordam questões referentes ao potencial genético dos animais para produção de leite e eficiência alimentar, seleção genética para diminuição de gases de efeito estufa
	Saúde e bem-estar animal	19	Doenças que prejudicam o desempenho do animal para a produção sustentável de leite; Consequências do estresse calórico na produção de leite Tecnologias para monitoramento fisiológico dos animais e produção de leite.
	Boas práticas de manejo	5	Relação entre produção de leite, qualidade e frequência de ordenha. Avaliação de práticas dos produtores em relação a produção higiênica do leite
	Pastoreio	8	Desafios e oportunidades para o pastoreio em sistemas de produção de leite; Políticas de incentivo para utilização do pastoreio em detrimento da utilização de rações concentradas. Fatores para a sustentabilidade nos sistemas de produção de leite a base de pasto. Eficiência na utilização de pastagens.
Fatores de produção	6	Analisa e discute fatores determinantes para a eficiência técnica da produção de leite como fatores socioeconômicos, níveis de modernização, subsídios à pecuária de leite, tamanho do rebanho, infraestrutura, permanência na atividade, etc.	



<b>Eficiência econômica</b>	Custos de produção e competitividade	23	Barreiras e estratégias para a produção de leite Fatores que influenciam a eficiência econômica da produção de leite; Fatores determinantes para a competitividade do setor; Análises de custos de produção
<b>Eficiência ambiental</b>	Pegadas ambientais e sustentabilidade	37	Estudos feitos no sentido de avaliar pegadas ambientais (solo, água, carbono, metano, entre outros) e estudos envolvendo a análise do ciclo de vida da produção de leite. Avaliação da Sustentabilidade dos sistemas de produção de leite considerando fatores socioeconômicos e ambientais

FONTE: os autores

### 3.3. Eficiência técnica

Pode-se observar pela Tabela 1 que aproximadamente 73% dos trabalhos abordam temas relacionados à eficiência técnica da produção de leite. Os principais assuntos tratam de experimentos que adotam estratégias diferenciadas de alimentação animal para avaliar a eficiência alimentar e a produção de leite.

Algumas dessas estratégias envolvem utilização de subprodutos oriundos de outros processos, como bagaço de cana (Molavian *et al.*, 2020), resíduos de abóbora japonesa (Valdez-Arjona *et al.*, 2020), farinha de casca de pinheiro (Kairenius, Mantysaari & Rinne, 2020) e subprodutos oriundos de safra como palha de milho (Sun *et al.*, 2020), farelo de trigo e de soja (Bonanno *et al.*, 2019; Fessenden *et al.*, 2020). Outros estudos inovadores abordam a utilização de inoculantes (agentes biológicos) em silagens de capim e milho para reduzir a utilização de concentrados e aumentar a produção de leite sustentável e demonstraram bons resultados em termos de eficiência (Uzun *et al.*, 2018; Eisner *et al.*, 2020).

Outros temas associados à eficiência técnica de produção de leite discutidos estão relacionados à saúde e bem-estar animal e melhoramento genético. O bem-estar de vacas leiteiras em lactação tem impactos significativos na produção de leite e na saúde animal, uma vez que os animais que enfrentam fatores ambientais como o estresse calórico, por exemplo, devido à exposição a altas temperaturas, sofrem efeitos prejudiciais na absorção de nutrientes (Kaufman *et al.*, 2020). Ranjitkar *et al.* (2020) apontam que as mudanças climáticas terão consequências significativas para o setor de laticínios, visto que os aumentos de temperatura, além de causarem impactos ambientais, afetam o desempenho das vacas leiteiras.

Ainda dentro do contexto de eficiência técnica e impactos ambientais, Breider *et al.* (2019) analisaram a seleção genética como um fator para a redução da emissão de metano e diminuição dos gases de efeito estufa. Os autores identificaram que a produção de metano tem relação moderada com a hereditariedade dos animais, indicando que a seleção genética para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa é possível.

---

O pastoreio também vem sendo discutido em relação à sustentabilidade da pecuária leiteira. O pastoreio consiste em uma estratégia de alimentação em que as vacas leiteiras se alimentam soltas em pastagens, diferentemente do sistema de confinamento em que ficam presas em estabelecimentos onde são alimentadas e ordenhadas.

No que diz respeito ao equilíbrio dos ecossistemas, as pastagens contribuem com a preservação da biodiversidade, armazenamento de carbono, controle de erosão e regulação do ciclo da água e nutrientes (Delaby *et al.*, 2020). Elas também contribuem com o aumento de agentes polinizadores e predadores de insetos herbívoros, diminuindo o uso de pesticidas e, conseqüentemente, os custos da produção (Lora *et al.*, 2020; Paiva *et al.*, 2020).

Sob a perspectiva do bem-estar animal, a prática do plantio de cercas vivas e áreas arborizadas integradas à pastagem, por exemplo, fornecem abrigo e sombra para proteger os animais do estresse térmico e reduzem a transmissão de doenças entre os rebanhos (Delaby *et al.*, 2020; Paiva *et al.*, 2020).

A adoção de sistema silvipastoril, que integra pastagem e florestas na mesma área, também contribui para controle biológico de pragas, sequestro de carbono, melhor infiltração da água, melhores serviços de polinização e redução da erosão (Vásquez *et al.*, 2020; Delaby *et al.*, 2020; Paiva *et al.*, 2020).

Apesar de existir muitos benefícios para o pastoreio, sendo eles econômicos, ambientais, de bem-estar animal e sociais, há também desafios em manter o pasto na dieta de vacas leiteiras. Essa estratégia de alimentação exige uma série de habilidades para gerenciar o sistema de produção, incluindo o gerenciamento de animais e das pastagens e habilidades de gerenciamento na utilização de rações durante estações do ano em que as pastagens são escassas (Hennessy *et al.* 2020).

Para que a utilização do pastoreio na pecuária de leite seja melhorada, é preciso aumentar o conhecimento dos envolvidos no processo sobre a interação entre pastagem e serviços ecossistêmicos (Van Den Pol-Van Dasselaar *et al.*, 2020). Uma das soluções também apresentadas consiste na recompensa aos produtores pelo pastoreio como um serviço à sociedade, o chamado pagamento por serviços ambientais (Faccioni *et al.* 2019; Van Den Pol-Van Dasselaar *et al.*, 2020; Delaby *et al.*, 2020; Stampa *et al.*, 2020). Essa medida poderia contribuir na garantia de apoio aos produtores para motivá-los a adotar o pastoreio. Para que isso seja feito de forma eficaz, é necessário o fortalecimento de sistemas de extensão e informações aos produtores por meio de treinamentos com especialistas em animais e plantas (Van Den Pol-Van Dasselaar *et al.*, 2020).

Por último, alguns trabalhos abordam a eficiência técnica da produção de leite discutindo fatores determinantes para essa eficiência. A maior parte das variações na eficiência das propriedades produtoras de leite são causadas pelo uso ineficiente de insumos (Yilmaz *et al.* 2020). A associação de produtores em cooperativas de leite também é um fator importante para melhorar a eficiência técnica, uma vez que os produtores passam a ter assistência técnica e acesso à informação referente a práticas e ferramentas mais eficientes (Mahida *et al.*, 2018).

### 3.4. Eficiência econômica

A eficiência econômica refere-se à utilização de recursos de produção de maneira mais proveitosa possível de forma a maximizar as receitas obtidas pelos produtores. A investigação de fatores que afetam o lucro obtido, tanto positivamente quanto ne-

---

gativamente, é relevante para direcionar medidas no sentido de melhorar a eficiência das propriedades.

Diversas são as variáveis que podem ter efeito significativo na eficiência econômica de propriedades que produzem leite. Maina *et al.* (2020) identificaram que a idade média dos membros e o tamanho da família, a contratação de mão de obra, bem como os custos de concentrados e o tamanho da área das propriedades, têm efeitos negativos na eficiência econômica.

Quanto maior a idade e a quantidade de membros na família, menor é a eficiência. Produtores com mais idade tendem a ter maior resistência à utilização de técnicas mais inovadoras, ao mesmo tempo que famílias maiores tendem a aumentar também as despesas, diminuindo o lucro obtido. Da mesma forma, a contratação de mão de obra e os custos dos concentrados também aumentam as despesas incorridas na propriedade, comprometendo sua eficiência econômica. Além disso, o tamanho da área das propriedades também pode prejudicar a eficiência, uma vez que pequenas propriedades tendem a utilizar mais intensamente suas áreas na tentativa de amenizar a restrição das terras.

As cooperativas podem ter uma contribuição importante para a lucratividade de pequenos produtores. Estes, em geral, enfrentam maiores obstáculos para lidar com a sazonalidade da produção, pois produzem em volume mais baixo, possuem pouco capital de giro e têm maiores dificuldades para o acesso ao crédito (Silva *et al.*, 2017). Por meio da formação de cooperativas, os produtores trabalham juntos de modo a alcançar economias de escala e negociar preços melhores para os insumos e o produto final. Também podem ter auxílios em assistência técnica veterinária, suprimentos de ração e até serviços de apoio financeiro (Wynn *et al.*, 2019).

A criação de associações de produtores de leite pode ser considerado um modelo de negócio social, pois permite implementar vários processos para melhorar a produção das propriedades como pagamento diferencial pela qualidade do leite e aumentos de preço, resultando em ganhos econômicos maiores para cada produtor (Okano, 2017).

### 3.5. Eficiência ambiental

A sustentabilidade dos sistemas de produção é fundamental para atender as demandas de consumo futuras. O aumento das populações e da expectativa de vida das pessoas traz consigo um acréscimo na exploração de recursos naturais para produção de alimentos e demais bens de consumo. Sendo assim, a melhor utilização dos recursos naturais como a água e solo, por exemplo, e o emprego de sistemas de produção ambientalmente sustentáveis, tornou-se indispensável.

Foram analisados trabalhos que abordam temas relacionados a pegadas ambientais em sistemas de produção de leite, ou seja, que contabilizam a pressão que as atividades relacionadas à pecuária de leite causam nos recursos naturais. Também foram avaliados trabalhos que tratam de indicadores de sustentabilidade na produção leiteira, pois mensuram como determinados fatores socioeconômicos e ambientais têm influência na sustentabilidade do sistema.

Nos últimos anos, tem-se demonstrado um foco especial à intensidade dos impactos ambientais ocasionados pela produção de carne bovina, porém essa atenção ainda é mínima quando se trata da produção de leite (Mazzetto *et al.*, 2020).

---

Em muitos países, a tendência é de processos e produtos ecologicamente corretos. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que foi desenvolvida para avaliar as consequências ambientais de um produto ou processo de forma holística, analisando seus impactos ao longo de todo seu ciclo de vida (Vigon *et al.*, 2020).

Mazzetto *et al.* (2020) recomendam a aplicação da Análise do Ciclo de Vida de forma combinada entre sistemas de produção de leite e de carne, pois as propriedades que trabalham com a pecuária leiteira frequentemente precisam repor as novilhas leiteiras. Sendo assim, os animais que não são mais utilizados para a produção de leite são destinados à pecuária de corte. Para os autores, as pesquisas precisam considerar tipologias de sistemas de produção de carne e leite bovino a nível regional, que minimizem as emissões de gases de efeito estufa e utilizem a terra de forma eficiente, a fim de intensificar a eficiência ambiental em escala nacional e internacional.

Jayasundara *et al.* (2019) compararam o desempenho econômico de fazendas leiteiras em Ontário, no Canadá, em relação a pegadas de carbono (estimativa total de emissão de gases de efeito estufa). Os autores concluíram que existe uma sinergia entre os dois indicadores de sustentabilidade. Assim, ao melhorar a eficiência da produção, melhora-se o desempenho econômico e reduzem-se as emissões de gases de efeito estufa. No estudo realizado, as fazendas de baixa emissão produziram maiores quantidades de leite por vaca, utilizando uma quantidade menor de ração em todo o rebanho, em comparação com fazendas de alta emissão. Esse resultado deve-se ao fato das fazendas de baixa emissão fazerem uso de rações caseiras

para alimentar os animais, ao contrário das fazendas de alta emissão, que utilizavam rações compradas.

Seguindo essa abordagem, Zucali *et al.*, (2018) utilizaram a ACV para avaliar o desempenho ambiental de culturas forrageiras caseiras no norte da Itália de modo a analisar os diferentes impactos de sistemas de cultivo para a produção de leite. Concluíram que o cultivo de forrageiras leguminosas como alfafa e soja pode reduzir a utilização de fertilização química com nitrogênio devido à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico. Wilkinson e Garnsworthy (2017) também avaliaram a pegada de carbono a partir de análises de diferentes tipos de dietas. As vacas leiteiras que foram alimentadas com dietas à base de pasto e silagem de grama apresentaram menores índices de emissão de metano do que as dietas baseadas em silagem de milho.

Para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção de leite, é necessário melhorar a eficiência na utilização do solo na propriedade a partir do uso de forragens que melhorem a eficiência alimentar e, ao mesmo tempo, aumentem o estoque de carbono no solo. Para isso, são necessárias investigações que considerem o desenvolvimento de sistemas forrageiros que envolvam a dinâmica do estoque de carbono no solo (Gislon *et al.*, 2020).

Para Salter (2017), é impreterível que sejam adotadas técnicas alternativas de manejo, incluindo a adoção de novos tipos de rações animais mais sustentáveis para minimizar as pressões sobre o ambiente. O autor apresentou uma revisão de literatura a respeito de opções para melhorar a sustentabilidade da produção pecuária. Dentre as opções mais promissoras e que necessitam maiores investigações estão a redução da dependência de culturas como soja, trigo e milho na alimentação animal e a redução do consumo de carne em países

---

desenvolvidos. Como alternativa às culturas hoje utilizadas na alimentação animal, e que necessitam da exploração de grandes áreas para serem cultivadas, a utilização de insetos criados em substratos (dejetos de animais e resíduos domésticos) para serem adicionados na produção de rações como fonte proteica surge como uma opção inovadora e que precisa de estudos mais aprofundados.

Como mencionado anteriormente, vários autores afirmam que um sistema de produção baseado em pastagens traz diversas vantagens para a sustentabilidade da pecuária de leite. No entanto, Bosire *et al.* (2016) abordam que a conservação ambiental pode ser melhorada a partir da intensificação da pecuária de leite afirmando que a partir do confinamento dos animais utiliza-se menos terra para pastagem. Os autores ressaltam que são necessárias práticas de cultivo adequadas para produção de ração que minimizem a degradação ambiental.

Nota-se que existe um trade-off entre preservação ambiental e eficiência dos sistemas de produção de leite. Por um lado, adotando-se a pecuária de leite intensiva, haveria a redução da necessidade de extensas áreas para pastagem, permitindo que essas áreas fossem utilizadas para preservação ambiental, desenvolvimento de infraestruturas e outros usos. Esse tipo de sistema também permite o aumento do volume de produção e, conseqüentemente, os lucros dos produtores. Porém, o sistema intensivo exige maior consumo de rações e produção de forragens para alimentação, o que também implicaria na utilização de extensas áreas para cultivares necessárias à produção de rações, como milho, soja e trigo, por exemplo, prejudicando a criação de áreas de preservação ambiental.

Quando se trata de pequenos produtores, a discussão torna-se ainda mais complexa. Muito tem-se

relatado que a alimentação deficiente é o principal problema na produção de leite em pequenas propriedades e um grande volume de pesquisas sobre eficiência alimentar tem sido realizado. No entanto, pequenos produtores dificilmente possuem recursos suficientes para investir em alimentações melhores para seus animais, em melhoramento genético e saúde animal, que são fatores determinantes para melhorar a eficiência da atividade.

Para Udo *et al.* (2016), os estudos globais a respeito do debate sobre a intensificação da pecuária e mitigação das mudanças climáticas têm subestimado as restrições a nível familiar no que diz respeito às mudanças nos sistemas de produção, pois os pequenos produtores buscam inovações que correspondam a seus recursos e objetivos. Assim, para que os pequenos produtores possam contribuir para a redução das mudanças climáticas, é necessário o desenvolvimento de opções de mitigação que tenham efeito positivo para os meios de subsistência desses produtores e que correspondam aos recursos disponíveis a eles.

Com base nos estudos analisados, verifica-se que a alimentação animal é um ponto crítico quando se trata de eficiência de produção e impactos ambientais para a pecuária de leite e que as escolhas dos produtores em relação aos tipos de alimentação utilizada podem ter grande influência sobre o meio ambiente.

Nesse sentido, considerando-se a complexidade da temática, salienta-se a necessidade de discussões mais aprofundadas no sentido de elaboração e execução de políticas públicas agrícolas para pequenos produtores de leite. Essas políticas precisam facilitar o acesso ao crédito para pequenos produtores, promover a preservação ambiental e fornecer assistência técnica sobre a utilização

---

eficiente dos recursos de produção, tais como a utilização adequada do solo, eficiência alimentar, gerenciamento da propriedade para controle dos custos e receitas de produção.

#### 4. Considerações finais

Este trabalho demonstrou que já existem diversas pesquisas desenvolvidas que abordam a eficiência técnica, econômica e ambiental a respeito da pecuária de leite. Muitas das estratégias apresentadas relatam resultados promissores com a adoção de diferentes tipos de alimentação animal que utilizam subprodutos de safras, utilização de agentes biológicos em detrimento de insumos químicos para aumento da produção de forrageiras e até a possibilidade de inserção de insetos como fonte proteica nas rações.

O pastoreio também é uma alternativa que tem sido evidenciada como benéfica do ponto de vista ambiental por contribuir com o bem-estar animal, aumento da biodiversidade, controle da erosão, aumento de agentes polinizadores e regulação do ciclo da água e nutrientes.

Para que essas alternativas tenham efeito prático em relação aos seus objetivos, é necessário que sejam incorporadas de fato nas atividades realizadas pelos produtores. Porém, para que isso aconteça, ainda existem muitos desafios que precisam de maiores investigações e aprofundamento das discussões como, por exemplo, a criação e execução de políticas públicas agrícolas que sejam favoráveis, principalmente, aos pequenos proprietários, o incentivo para a criação de associações e cooperativas de produtores de leite que forneçam assistência técnica, cursos de gerenciamento da propriedade e práticas ambientalmente corretas.

#### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Anhanguera – UNIDERP, pela concessão de bolsa de estudos de doutorado. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa (1C).

#### Referências

- Bonanno, A.; Di Grigoli, A.; Todaro, M.; Alabiso, M.; Vitale, F.; Di Trana, A.; Giorgio, D.; Settanni, L.; Gaglio, R.; Laddomada, B.; Di Miceli, G. Improvement of oxidative status, milk and cheese production, and food sustainability indexes by addition of durum wheat bran to dairy cows' diet. *Animals*, 9(9), 698, 2019. doi: 10.3390/ani9090698
- Bortoluzzi, M.; De Souza, C. C.; Furlan, M. Bibliometric analysis of renewable energy types using key performance indicators and multicriteria decision models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110958, 2021. doi: 10.1016/j.rser.2021.110958
- Bosire, C. K.; Krol, M. S.; Mekonnen, M. M.; Ogotu, J. O.; de Leeuw, J.; Lannerstad, M.; Hoekstra, A. Y. Meat and milk production scenarios and the associated land footprint in Kenya. *Agricultural Systems*, 145, 64-75, 2016. doi: 10.1016/j.agsy.2016.03.003
- Breider, I. S.; Wall, E.; Garnsworthy, P. C. Heritability of methane production and genetic correlations with milk yield and body weight in Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 7277-7281, 2019. doi: 10.3168/jds.2018-15909
- Delaby, L.; Finn, J. A.; Grange, G.; Horan, B. Pasture-based dairy systems in temperate lowlands: challenges and opportunities for the future. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 278, 2020. doi: 10.3389/fsufs.2020.543587
- Eisner, I.; Witt, K.; Vandaele, L.; De Boever, J.; Copani, G. The use of a silage inoculant for sustainable milk production. In: *ADSA Virtual Annual Meeting*. 22 de jun. a 24

---

de jun., 2020.

Faccioni, G.; Sturaro, E.; Ramanzin, M.; Bernués, A. Socio-economic valuation of abandonment and intensification of Alpine agroecosystems and associated ecosystem services. *Land Use Policy*, 81, 453-462, 2019. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.10.044

Fessenden, S. W.; Ross, D. A.; Block, E.; Van Amburgh, M. E. Comparison of milk production, intake, and total-tract nutrient digestion in lactating dairy cattle fed diets containing either wheat middlings and urea, commercial fermentation by-product, or rumen-protected soybean meal. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5090-5101, 2020. doi: 10.3168/jds.2019-17744

Gislon, G.; Ferrero, F.; Bava, L.; Borreani, G.; Dal Pra, A.; Pacchioli, M. T.; Sandrucci, A.; Zucali, M.; Tabacco, E. Forage systems and sustainability of milk production: feed efficiency, environmental impacts and soil carbon stocks. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121012-121024, 2020. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121012

Hennessy, D.; Delaby, L.; Van Den Pol-Van Dasselaar, A.; Shalloo, L. Increasing grazing in dairy cow milk production systems in Europe. *Sustainability*, 12(6), 2443-2457, 2020. doi: 10.3390/su12062443

Jayasundara, S.; Worden, D.; Weersink, A.; Wright, T.; VanderZaag, A.; Gordon, R.; Wagner-Riddle, C. Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems. *Journal of cleaner production*, 229, 1018-1028, 2019. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.013

Kairenius, P.; Mantysaari, P.; Rinne, M. The effect of gradual dietary pine bark meal supplementation on milk production of dairy cows fed a grass silage-based diet. *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114358-114395, 2020. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114358

Kaufman, J. D.; Bailey, H. R.; Kennedy, A. M.; Loffler, F. E.; Rius, A. G. Cooling and dietary crude protein affected milk production on heat-stressed dairy cows. *Livestock Science*, 240, 104111-104144, 2020. doi: 10.1016/j.livsci.2020.104111

Lora, I.; Zidi, A.; Magrin, P.; Prevedello, G.; Cozzi, G. An insight into the dairy chain of a Protected Designation of

Origin cheese: the case study of Asiago cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9116-9123, 2020. doi: 10.3168/jds.2019-17484

Mahida, D.; Sendhil, R.; Sirohi, S.; Chandel, B. S.; Ponnusamy, K.; Sankhala, G. Potential impact of dairy cooperatives on sustainable milk production: Evidence from Gujarat, India. *Indian journal of Economics and Development*, 14(1), 402-409, 2018. doi: 10.5958/2322-0430.2018.00088.4

Maina, F.; Mburu, J.; Gitau, G.; VanLeeuwen, J. Factors influencing economic efficiency of milk production among small-scale dairy farms in Mukurweini, Nyeri County, Kenya. *Tropical animal health and production*, 52(2), 533-539, 2020. doi: 10.1007/s11250-019-02039-1

Mazzetto, A. M.; Bishop, G.; Styles, D.; Arndt, C.; Brook, R.; Chadwick, D. Comparing the environmental efficiency of milk and beef production through life cycle assessment of interconnected cattle systems. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124108-124121, 2020. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124108

Mekonnen, M. M.; Neale, C. M. U.; Ray, C.; Erickson, G. E.; Hoekstra, A. Y. Water productivity in meat and milk production in the US from 1960 to 2016. *Environment international*, 132, 105084-105096, 2019. doi: 10.1016/j.envint.2019.105084

Molavian, M.; Ghorbani, G. R.; Rafiee, H.; Beauchemin, K. A. Substitution of wheat straw with sugarcane bagasse in low-forage diets fed to mid-lactation dairy cows: Milk production, digestibility, and chewing behavior. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8034-8047, 2020. doi: 10.3168/jds.2020-18499

Mu, W.; Van Middelaar, C. E.; Bloemhof, J. M.; Engel, B.; de Boer, I. J. M. Benchmarking the environmental performance of specialized milk production systems: selection of a set of indicators. *Ecological Indicators*, 72, 91-98, 2017. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.08.009

Okano, M. T. Interorganisational networks and social innovation: a study in milk production chain. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 11(4), 317-335, 2017. doi: 10.1504/ijisd.2017.086868

Paiva, I. G.; Auad, A. M.; Veríssimo, B. A.; Silveira, L. C. P. Differences in the insect fauna associated to a mono-

- cultural pasture and a silvopasture in Southeastern Brazil. *Scientific Reports*, 10(1), 1-16, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-68973-5
- Ranjitkar, S.; Bu, D. P.; Van Wijk, M.; Ma, Y.; Ma, L.; Zhao, L. S.; Shi, J. M.; Liu, C. S.; Xu, J. C. Will heat stress take its toll on milk production in China? *Climatic Change*, 161(4), 637-652, 2020. doi: 10.1007/s10584-020-02688-4
- Salter, A. M. Improving the sustainability of global meat and milk production. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(1), 22-27, 2017. doi: 10.1017/S0029665116000276
- Santos, B. S. D.; Steiner, M. T. A.; Fenerich, A. T.; Lima, R. H. P. Data mining and machine learning techniques applied to public health problems: A bibliometric analysis from 2009 to 2018. *Computers & Industrial Engineering*, 138, 106120-106152, 2019. doi: 10.1016/j.cie.2019.106120
- Silva, R. P.; Pedroso, L. G.; Lages, A. M. G. A study of the competitiveness of milk supply chain in the State of Alagoas: an analysis of household production. *Custos e Agronegocio Online*, 13(3), 377-401, 2017. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183101568>
- Stampa, E.; Zander, K.; Hamm, U. Insights into German consumers' perceptions of virtual fencing in grassland-based beef and dairy systems: recommendations for communication. *Animals*, 10(12), 22-67, 2020. doi: 10.3390/ani10122267
- Sun, H. Z.; Zhou, M.; Wang, O.; Chen, Y. H.; Liu, J. X.; Guan, L. L. Multi-omics reveals functional genomic and metabolic mechanisms of milk production and quality in dairy cows. *Bioinformatics*, 36(8), 2530-2537, 2020. doi: 10.1093/bioinformatics/btz951
- Udo, H.; Weiler, V.; Modupeore, O.; Viets, T.; Oosting, S. Intensification to reduce the carbon footprint of smallholder milk production: fact or fiction? *Outlook on Agriculture*, 45(1), 33-38, 2016. doi: 10.5367/oa.2016.0229
- Uzun, P.; Masucci, F.; Serrapica, F.; Varricchio, M. L.; Pacelli, C.; Claps, S.; Di Francia, A. Use of mycorrhizal inoculum under low fertilizer application: effects on forage yield, milk production, and energetic and economic efficiency. *The Journal of Agricultural Science*, 156(1), 127-135, 2018. doi: 10.1017/S0021859618000072
- Valdez-Arjona, L. P.; Ortega-Cerrilla, M. E.; Fraire-Cordero, S.; Arreola-Enriquez, J.; Crosby-Galvan, M. M.; Cruz-Tamayo, A. A.; Ramirez-Mella, M. Physicochemical and preference evaluation of silages from cucurbita argyros-perma huber residues and its effect on the production and composition of milk from dual-purpose cows in Campeche, Mexico: pilot study. *Sustainability*, 12(18), 7757-7772, 2020. doi: 10.3390/su12187757
- Van Den Pol-Van Dasselaar, A.; Hennessy, J.; Isselstein, J. Grazing of dairy cows in Europe-an in-depth analysis based on the perception of grassland experts. *Sustainability*, 12(3), 1098-1115, 2020. doi: 10.3390/su12031098
- Vásquez, H. V.; Valqui, L.; Castillo, M. S.; Alegre, J.; Gómez, C. A.; Bobadilla, L. G.; Maicelo, J. L. Caracterización de sistemas silvopastoriles en la cuenca ganadera de molinopampa, Zona Noroccidental del Perú. *Temas Agrarios*, 25(1), 23-34, 2020. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1158>
- Vigon, B. W.; Tolle, D. A.; Cornaby, B. W.; Latham, H. C.; Harrison, C. L.; Boguski, T. L.; Hunt, R. G.; Sellers, J. D. *Life-cycle assessment: inventory guidelines and principles*. CRC Press: 2020.
- Yilmaz, H.; Gelaw, F.; Speelman, S. Analysis of technical efficiency in milk production: a cross-sectional study on Turkish dairy farming. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49, 2020. doi: 10.37496/rbz4920180308
- Wilkinson, J. M.; Garnsworthy, P. C. Dietary options to reduce the environmental impact of milk production. *The Journal of Agricultural Science*, 155(2), 334-347, 2017. doi: 10.1017/S0021859616000757
- Wynn, P. C.; Godfrey, S. S.; Aslam, N.; Warriach, H. M.; Tufail, S.; Jahan, M.; Naqvi, Z. B.; Latif, S.; Wang, B.; McGill, D. M. Perspectives on the production of milk on small-holder dairy farms and its utilisation in developing countries. *Animal Production Science*, 59(12), 2123-2130, 2019. doi: 10.1071/AN19209
- Zucali, M.; Bacenetti, J.; Tamburini, A.; Nonini, L.; Sandrucci, A.; Bava, L. Environmental impact assessment of different cropping systems of home-grown feed for milk production. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3734-3746, 2018. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.048