UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

ALICE TEIXEIRA GONÇALVES

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA PARA EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM RUMINANTES NO MELHORAMENTO GENÉTICO

ALEGRE
ESPÍRITO SANTO
2025

ALICE TEIXEIRA GONÇALVES

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA PARA EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM RUMINANTES NO MELHORAMENTO GENÉTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Mayara Morena Dél Cambre Amaral Weller

ALEGRE
ESPÍRITO SANTO
2025

ALICE TEIXEIRA GONÇALVES

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA PARA EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM RUMINANTES NO MELHORAMENTO GENÉTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 22 de julho de 2025.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
MAYARA MORENA DEL CAMBRE AMARAL WELLE
Data: 22/07/2025 16:44:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Mayara Morena Dél Cambre Amaral Weller
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Documento assinado digitalmente
JULIANA DI GIORGIO GIANNOTTI
Data: 22/07/2025 16:47:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Juliana Di Giorgi Giannotti
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
VINICIUS SILVA JUNQUEIRA
Data: 22/07/2025 16:54:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Vinícius Silva Junqueira

RESUMO

Avanços na pesquisa científica têm viabilizado o aprimoramento da seleção genética para eficiência alimentar em ruminantes. Por meio da cienciometria, é possível quantificar, organizar e interpretar a produção científica relacionada a esse tema, oferecendo subsídios para o planejamento estratégico de pesquisas futuras. Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise cienciométrica da produção científica sobre a seleção para eficiência alimentar em ruminantes. Foi realizada uma busca nas bases Scopus e Web of Science, com tratamento e visualização dos dados por meio do pacote Bibliometrix 4.1.3 no software R. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram analisadas 466 publicações. Os resultados revelaram crescimento expressivo da produção científica nas últimas décadas, com destaque para os Estados Unidos, Austrália, Canadá e Brasil entre os países mais produtivos, embora o Brasil demonstre um impacto comparativamente menor. As instituições de destaque incluem a University of Alberta, Aarhus University e University of Guelph, enquanto os periódicos Journal of Animal Science, Journal of Dairy Science e Animal se mostram os mais influentes, com maior número de citações. As pesquisas se concentram predominantemente nas avaliações de bovinos de corte, com consumo alimentar residual sendo a métrica mais adotada. As palavras-chave mais frequentes, como "heritability" e "genetic parameters", indicam uma forte ênfase em abordagens genético-quantitativas. Também foi identificada alta concentração da produção científica em poucos autores e redes de colaboração dominadas por centros do hemisfério norte. Uma lacuna notável é a escassez de estudos envolvendo pequenos ruminantes. Por fim, observou-se o crescimento de temas emergentes como a emissão de metano entérico, que tende a se consolidar como prioridade nas pesquisas para mitigar os impactos ambientais da pecuária. Conclui-se que a análise cienciométrica é uma ferramenta eficiente para compreender o desenvolvimento da área, identificar seus principais atores e direcionar futuras investigações sobre eficiência biológica em ruminantes.

Palavras-chave: cienciometria, bovinocultura de corte, sustentabilidade, genética animal, metano entérico.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS v
LISTA DE FIGURAS vi
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivos 3
1.1.1 Objetivo geral 3
1.1.2 Objetivos específicos 3
2 REVISÃO DE LITERATURA 4
2.1 Avaliação da eficiência alimentar em ruminantes 4
2.2 Definição e medidas de eficiência alimentar (EA) em ruminantes 4
2.3 Seleção genética para eficiência alimentar 7
2.4 Mapeamento do conhecimento científico: uma abordagem a partir da cienciometria 8
3 MATERIAIS E MÉTODOS 11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 14
4.1 Tendências temporais na publicação e autoria 14
4.2 Produção de periódicos científicos 18
4.3 Estrutura do campo científico e parcerias 20
4.4 Padrões de citações de documentos 24
4.5 Produção científica por países e colaboração 27
4.6 Tópicos emergentes e lacunas de pesquisa 29
5 CONCLUSÕES 31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 32
APÊNDICE A – Principais periódicos pela Lei de Bradford 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações para a estimação de medidas relacionadas à eficiência alimentar em ruminantes 5
Tabela 2. Produtividade dos autores que mais publicaram sobre o tema ao longo do período de 1959 a 2025 17
Tabela 3. Ranqueamento dos dez periódicos de maior destaque entre os autores citados sobre o tema ao longo do período de 1959 a 2025 20
Tabela 4. Ranking das 10 instituições que produzem conhecimentos sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes 23
Tabela 5. Ranking das publicações mais citadas globalmente relativas à eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes 25
Tabela 6. Distribuição dos artigos publicados por país e suas colaborações mútuas 28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fluxo referente ao número total de publicações identificadas e o número de publicações filtradas no processo de triagem. 12
Figura 2. Número anual de publicações sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes, no período compreendido entre os anos de 1959 a 2025. 14
Figura 3. Produtividade dos autores obtida a partir da Lei de Lotka. 16
Figura 4. Comportamento da linha do tempo em função da produção dos autores compreendido entre o período de 1998 a 2025. 18
Figura 5. Gráfico de três campos da organização da comunidade científica com os 10 principais autores, palavras-chave e periódicos utilizados nos artigos. 19
Figura 6. Nuvem de palavras gerada utilizando as 25 palavras mais frequentemente utilizadas nas palavras-chaves dos 466 estudos incluídos no estudo. 21
Figura 7. Distribuição rede de coocorrência construída a partir das palavras-chave mencionadas nos trabalhos publicados pelos autores estudados. 21
Figura 8. Rede de colaboração entre autores que publicaram sobre seleção para eficiência alimentar em ruminantes. 22
Figura 9. Rede de parceria observada entre instituições para o período 1959 a 2025. 24
Figura 10. Produção científica dos países com base na quantidade de publicações sobre seleção para eficiência alimentar em ruminantes. 27
Figura 11. Produção científica dos países mais produtivos com base na afiliação dos autores correspondentes. 29
Figura 12. Termos citados frequentemente pelos artigos consultados. 30

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo per capita, impulsionado pelo crescimento econômico e pela urbanização, particularmente nos países em desenvolvimento, tem resultado em uma demanda global crescente por alimentos, especialmente proteínas de origem animal (Enahoro *et al*., 2021). Essas tendências socioeconômicas devem perdurar e impor novas pressões sobre a infraestrutura do setor pecuário, que precisa expandir sua capacidade produtiva sem comprometer a sustentabilidade ambiental (Rapiya *et al*., 2025).

A intensificação dos sistemas de produção de ruminantes, embora fundamental para atender a essa crescente demanda nutricional, pode levar à degradação do solo, ao aumento das emissões de gases de efeito estufa e à superutilização dos recursos hídricos (Derner *et al*., 2017). Diante desse cenário, torna-se essencial implementar estratégias que promovam a eficiência produtiva e reduzam os impactos ambientais, garantindo a segurança alimentar global e a sustentabilidade dos sistemas pecuários, especialmente no caso dos ruminantes, que representam uma parte significativa da produção pecuária mundial (Davis; White, 2020).

Dentre os principais fatores que influenciam a rentabilidade da produção animal, destaca-se a alimentação, responsável por uma expressiva parcela dos custos totais, podendo representar de 60% a 85% dos gastos anuais com insumos, dependendo da espécie e do sistema produtivo (Pinotti *et al*., 2025). Dessa forma, melhorar a eficiência alimentar dos animais (capacidade dos animais em converter alimento em produtos, como leite e carne), tornou-se um dos principais objetivos do melhoramento genético nas espécies pecuárias modernas (Brito *et al*., 2020).

Aprimorar a eficiência alimentar não só promove maior produtividade e rentabilidade econômica, mas também contribui para reduzir os impactos ambientais da pecuária, por meio da diminuição das emissões de gases de efeito estufa, como o metano, e do uso mais eficiente de recursos naturais. (Rauw *et al*., 2025; Madilindi *et al*., 2022).

Nos últimos anos, avanços na pesquisa científica têm possibilitado progressos importantes na seleção genética para eficiência alimentar (Brunes *et al*., 2021; Das *et al*., 2022). Ferramentas como avaliação genômica, identificação de biomarcadores e a utilização de características indicadoras, como o consumo alimentar residual, têm sido amplamente investigadas e aplicadas em programas de melhoramento (Chafai *et al*., 2023).

Neste contexto, a cienciometria surge como importante aliada na junção de dados de pesquisas científicas e de seu estado do conhecimento, sendo uma ferramenta de determinação de quantidade de publicações científicas para uma área específica (Silva *et al*., 2020). Por meio da integração de indicadores quantitativos com análises qualitativas, a metodologia oferece uma visão abrangente do desenvolvimento científico, sendo uma forma eficaz para descobrir pontos críticos das pesquisas e um auxiliar poderoso para os pesquisadores entenderem o caminho evolutivo da investigação (Xie *et al*., 2020).

Considerando que o conhecimento científico sobre a seleção para eficiência alimentar em ruminantes está em constante evolução, torna-se necessário compreender a dinâmica da produção científica nesse campo específico. Assim, lacunas poderão ser identificadas, bem como tendências emergentes terão a chance de serem delineadas, e da mesma forma, serão reconhecidas oportunidades estratégicas para o desenvolvimento de pesquisas futuras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma análise cienciométrica da produção científica relacionada à seleção para eficiência alimentar em ruminantes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar o volume e a evolução temporal das publicações científicas sobre seleção para eficiência alimentar em ruminantes ao longo dos anos;
- Mapear e identificar os principais autores, instituições e países que mais publicam sobre o tema, destacando os mais produtivos e influentes;
- Identificar os periódicos científicos mais relevantes da área;
- Investigar as palavras-chave mais frequentes e suas coocorrências, a fim de identificar os temas centrais e emergentes na área;
- Visualizar redes de colaboração e cocitação entre autores e instituições;
- Apontar lacunas e tendências da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avaliação da eficiência alimentar em ruminantes

A alimentação representa um fator importante no contexto da pecuária moderna, afetando tanto a eficiência produtiva quanto a saúde animal. Na última década, o aumento dos custos da alimentação, impulsionado por fatores como aumento da demanda, escassez de matéria-prima e crises globais, têm gerado desafios significativos na criação de ruminantes (Xiao; Meng, 2024). As despesas com alimentação constituem a maior parte dos custos de produção, e o encarecimento de ingredientes essenciais para alimentação, como o milho, vêm pressionando ainda mais os pecuaristas (Jones; Smith, 2022).

Dessa forma, a lucratividade do sistema de produção de ruminantes está diretamente relacionada ao uso eficiente dos alimentos, e uma das alternativas para a redução dos custos é a constituição de um rebanho composto por animais eficientes no uso dos alimentos (Khakbazan *et al*., 2025).

Para que esses animais sejam introduzidos no rebanho é necessário, primeiro, identificá-los por meio da mensuração das medidas de eficiência alimentar. Posteriormente, a aplicação da seleção genética, associada a estratégias alimentares consistentes com os objetivos de produção, favorece a identificação de animais mais eficientes e a melhoria dos índices de eficiência alimentar, otimizando o uso da ração e contribuindo para a redução de custos e maior sustentabilidade dos sistemas produtivos (Ojo *et al*., 2024). A variação nas medidas de eficiência alimentar, como o consumo de matéria seca e o consumo alimentar residual, é determinada tanto por fatores genéticos quanto por fatores não genéticos, incluindo raça, sexo, idade, grupo de nascimento, tipo de alimento e condições ambientais (Miyumo *et al*., 2016; Silva-Neto, *et al*., 2023; Yang *et al*., 2023).

Portanto, considerando os desafios relacionados ao custo da alimentação e também à sustentabilidade dos sistemas de produção, torna-se cada vez mais relevante mensurar e aprimorar a eficiência alimentar em ruminantes (Ojo *et al*., 2024).

2.2 Definição e medidas de eficiência alimentar (EA) em ruminantes

A eficiência alimentar pode ser definida como a capacidade dos animais em converter, da forma mais econômica possível, os alimentos ingeridos em produtos comercializáveis de interesse zootécnico, como quilos de leite ou carne (Hall *et al*., 1995). Dessa forma, a EA está diretamente ligada à rentabilidade e à sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes.

Existe certa variação na eficiência de utilização dos alimentos pelos animais, em razão às diferenças relacionadas ao sexo, raça, estado fisiológico e idade (Lima, 2016). Animais menos eficientes frequentemente apresentam maiores taxas catabólicas, uma vez que precisam gastar mais energia para manter as funções corporais, disponibilizando menos nutrientes para a produção (Datt *et al*., 2016). Diversas medidas foram propostas ao longo dos anos visando estimar a eficiência alimentar em ruminantes, sendo algumas das principais apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações para a estimação de medidas relacionadas à eficiência alimentar em ruminantes

Medida	**Fórmula**
(CA) Conversão alimentar	$CA = \frac{CMS}{GMD}$
(EAB) Eficiência alimentar bruta	$EAB = \frac{GMD}{CMS}$
(CAR) Consumo alimentar residual	$CAR = CMS_{observado} - CMS_{estimado}[f(GMD; PC^{0,75})]$
(GPR) Ganho de peso residual	$GPR = GMD_{observado} - GMD_{estimado}[f(CMS; PC^{0,75})]$
(CGR) Consumo e ganho residuais	$CGR = [CAR \times (-1)] + GR$

CMS: Consumo de matéria seca. GMD: Ganho médio diário. $PC^{0,75}$: Peso metabólico. GR: Ganho residual.

Fonte: Adaptado de De Souza (2021).

Historicamente, a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar bruta (EAB) têm sido as principais medidas de eficiência utilizada em bovinos de corte (Archer *et al*., 1999). Embora ambas as medidas sejam simples e aplicáveis na prática, não distinguem o consumo destinado à mantença do consumo convertido em produção. Ademais, também apresentam

correlação genética com outras características de importância econômica que podem levar ao aumento do peso adulto e das exigências de alimentação do animal, além da menor possibilidade de obtenção de ganho genético quando comparadas a outras características relacionadas à eficiência alimentar (Magnabosco *et al*., 2020).

O consumo alimentar residual (CAR) é uma métrica proposta por Koch e colaboradores em 1963 e corresponde à diferença residual entre a ingestão alimentar observada e esperada, onde a ingestão alimentar esperada é baseada nas necessidades alimentares avaliadas de acordo com o peso corporal metabólico (Zhang *et al*., 2021). Animais com baixo CAR são considerados mais eficientes, visto que consomem menos do que o previsto para seu desenvolvimento e produção, enquanto aqueles com elevado CAR são menos eficientes, apresentando maiores necessidades nutricionais (Basarab *et al*., 2013). O principal diferencial dessa medida é sua independência em relação ao crescimento e aos padrões de maturidade do animal, o que evita a seleção de animais excessivamente grandes ao atingirem a maturidade (Crowley *et al*., 2010).

O ganho de peso residual (GPR) adota o mesmo princípio do CAR, mas tem como base o ganho de peso, sendo independente do consumo e do peso vivo (PV) (Crowley *et al*., 2010). Ele é obtido a partir do resíduo da regressão do ganho médio diário (GMD) em função do consumo de matéria seca (CMS) e do peso metabólico ($PV^{0,75}$), e tem como finalidade identificar animais que apresentam maior ganho de peso do que o previsto para seu nível de consumo e peso corporal (Crowley *et al*., 2010). Dessa forma, animais mais eficientes são aqueles com elevado GPR, ou seja, que demonstram melhor desempenho com consumo igual ou inferior aos seus contemporâneos (Berry; Crowley, 2013).

Com base nas limitações observadas ao se utilizar CAR e GPR de forma isolada, Berry e Crowley (2012) desenvolveram o consumo e ganho residual (CGR). Segundo os pesquisadores, esse índice leva em consideração as vantagens de ambos os anteriores, e busca selecionar animais que apresentem crescimento corporal mais acelerado a partir do menor consumo de alimento, sem que isso implique em alterações significativas no peso corporal final. Essa métrica tem ganhado destaque por permitir a seleção de animais com desempenho produtivo superior e menor custo alimentar ao longo do ciclo de produção.

2.3 Seleção genética para eficiência alimentar

A eficiência alimentar (EA) é uma característica biológica complexa, sendo determinada por múltiplos genes e influenciada por fatores genéticos, fisiológicos e ambientais. A EA pode ser aprimorada por meio da seleção genética, a qual influencia diversas vias metabólicas e processos biológicos relacionados à digestão, absorção e aproveitamento dos nutrientes.

Devido à sua característica complexa, a herdabilidade da eficiência alimentar em ruminantes varia significativamente entre diferentes estudos e espécies. Em bovinos leiteiros, os valores estimados para o consumo alimentar residual (CAR) são considerados moderados, variando de 0,26 (Ramos *et al*., 2024) até 0,49 (Ruban; Danshyn, 2024). Em ovinos, o CAR também apresenta herdabilidade moderada, com valores estimados em 0,42 (Johnson *et al*., 2022). Esses valores indicam espaço para ganho genético por meio da seleção, especialmente quando são empregadas abordagens da genética molecular (Madilindi *et al*., 2022).

Nesse cenário, o avanço das ciências ômicas tem desempenhado um papel importante na compreensão dos mecanismos biológicos (Nunes *et al*., 2024). As subáreas das ciências ômicas incluem a genômica, que analisa o genoma de uma determinada espécie; a transcriptômica, voltada para o estudo dos transcritos; a proteômica, que investiga as propriedades estruturais, funcionais e dinâmicas das proteínas; e a metabolômica, focada na análise dos metabólitos (Matos *et al*., 2023).

A genômica, em especial, tem se destacado como uma das principais abordagens para o avanço da seleção genética voltada à eficiência alimentar, uma vez que permite explorar marcadores distribuídos em todo o genoma, estimando o efeito aditivo associado a cada *loci* (Pszczola *et al*., 2018; Krattenmacher *et al*., 2019). Essa estratégia tem se mostrado eficaz para características como o consumo alimentar residual, principalmente quando fundamentada em populações de referência com mais de 10.000 animais genotipados e fenotipados, o que aumenta a acurácia do valor genético genômico (Calus *et al*., 2013).

Em bovinos de corte da raça Angus, Chen *et al*. (2013) relataram uma acurácia média de predição genômica para consumo alimentar residual em torno de 0,58, enquanto a raça Charolês apresentou um máximo de 0,64 ao utilizar populações de treinamento intrarracial. Esses valores são considerados suficientes para uma seleção eficaz em programas de melhoramento, segundo Reverter *et al*. (2022). Já em ovinos, a combinação de genótipos

hospedeiros com perfis de metagenoma ruminal melhorou a precisão da previsão para CAR, com estimativas excedendo 70% da variância fenotípica explicada (Hess *et al*., 2023).

Técnicas emergentes como espectroscopia no infravermelho médio (MIR) e a inteligência artificial também têm ampliado as possibilidades de avaliação da EA e fornecido novos caminhos para seleção de indivíduos mais eficientes para essa característica (Monteiro *et al*., 2024; Zhang *et al*., 2020). Em um estudo com vacas leiteiras, McParland *et al.* (2014) utilizaram a MIR para prever o consumo alimentar residual, o balanço energético e o consumo energético em vacas leiteiras, e obtiveram correlações moderadas entre os valores previstos e os valores reais, variando de 0,55 a 0,68.

A integração de ferramentas moleculares nas ciências ômicas é utilizada para aumentar a precisão da seleção nos programas de melhoramento animal (Soetanto; Fatchiyah, 2023). A seleção genômica (SG), por exemplo, utiliza marcadores de polimorfismo de nucleotídeo único (SNP) de alta densidade distribuídos ao longo de todo o genoma visando aumentar a acurácia das avaliações genéticas (Nadri; Bagheri, 2022; Zhang *et al*., 2011). Essa abordagem demonstrou ser mais eficiente do que os métodos tradicionais de seleção, especialmente quando aplicada à grandes populações com dados genômicos abundantes. O uso de SNP's em larga escala, associado a tecnologias de sequenciamento de nova geração, ampliou ainda mais a adoção da SG, tornando-a uma estratégia viável para programas de melhoramento (Garewal *et al*., 2022).

Contudo, a seleção genética para EA deve ser conduzida com cautela, considerando possíveis correlações negativas com outras características produtivas e reprodutivas (Brito *et al*., 2020). Almeida *et al*. (2024) encontraram correlações de -0,16 entre o CAR e a probabilidade de prenhez precoce, sugerindo que a seleção para eficiência alimentar pode reduzir o sucesso reprodutivo. Pryce *et al*. (2014) também observaram correlações negativas baixa entre o CAR e a fertilidade, destacando a necessidade de consideração cuidadosa ao incluir a EA nos critérios de melhoramento genético.

2.4 Mapeamento do conhecimento científico: uma abordagem a partir da cienciometria

A cienciometria é um método quantitativo de estudo da ciência (Grácio, 2020), tendo sido mencionada pela primeira vez em 1971 por Nalimov e Mul'chenko, que demonstraram ser possível utilizar referências bibliográficas como base para identificar conexões entre artigos, países, autores, instituições e periódicos científicos.

De acordo com Li *et al*. (2022), a análise cienciométrica permite compreender a dinâmica e o desenvolvimento científico por meio da quantificação de elementos como volume de publicações, redes de coautoria, impacto de citações e recorrência de palavras-chave. Segundo Mazov, Gureev e Glinskikh (2020), o crescente uso dessa abordagem decorre da sua capacidade de fornecer informações confiáveis para tomada de decisão em políticas científicas, planejamento institucional e desenvolvimento tecnológico.

Apesar de apresentarem interseções conceituais, a cienciometria se distingue de outros Estudos Métricos das Informações (EMI), como a bibliometria e a infometria. Enquanto a cienciometria mensura os métodos e canais de produção, comunicação e colaboração científica, considerando as práticas de pesquisa e as interações entre cientistas, a bibliometria analisa quantitativamente a produção e disseminação da informação científica registrada, tendo como principal objeto de estudo as produções bibliográficas (Pritchard, 1969). Já a infometria tem um caráter mais abrangente, pois quantifica métodos e indicadores relacionados à produção, uso e compartilhamento da informação em canais formais e informais, não se restringindo à informação registrada ou ao meio científico (Curty; Delbianco, 2020).

Nesse contexto, a combinação e interpretação dos indicadores quantitativos envolvidos na análise cienciométrica se distingue das abordagens adotadas nos demais EMI. Segundo Vinkler (2010), os indicadores cienciométricos são utilizados para mensurar a atividade científica de forma sistematizada, consistindo em medidas categóricas ou escalares que caracterizam quantitativamente aspectos da ciência, podendo ser aplicadas em diferentes níveis de análise: micro (pesquisador ou artigo), meso (instituição, grupo de pesquisa) e macro (países, áreas do conhecimento).

Desde o início do século XX, esses indicadores vêm sendo amplamente utilizados em razão da relação direta entre o desenvolvimento científico e o avanço social, econômico e político dos países (Grácio, 2020). Devido à natureza dinâmica da ciência, os indicadores auxiliam na descrição e análise de campos emergentes, domínios em crescimento e relações estruturais entre autores, instituições e países (Macias-Chapula, 1998). Dentre os indicadores mais conhecidos e de importância no cenário nacional e/ou internacional estão o número de artigos publicados, número de citações, número de publicações por autor, co-autoria, índice H e mapas dos campos científicos e dos países (Macias-Chapula, 1998; Parra *et al*., 2019).

Para que a análise e a interpretação dos dados cienciométricos sejam viáveis é fundamental o uso de softwares especializados capazes de mensurar dados experimentais e gerar representações visuais significativas, como mapas conceituais e redes de relacionamento (Moral-Muñoz *et al*., 2020). A visualização de domínio baseada na análise de citações permite representar as relações entre fontes em um espaço bidimensional, com nós que podem representar artigos, autores, instituições ou palavras-chave, e arestas que indicam os tipos de relações entre esses elementos como mencionado por Arruda *et al.* (2022) e Aria e Cuccurullo (2017). Assim, essas representações gráficas não apenas facilitam a compreensão das tendências e interações na produção científica, como também apoiam decisões estratégicas e auxiliam no planejamento de revisões sistemáticas, evitando vieses na seleção de fontes (Cumpston *et al*, 2019).

Dentre os softwares de visualização mais utilizados, destacam-se o *VOSviewer* e o *Bibliometrix*. Este último foi lançado em 2017 por Massimo Aria e Corrado Cuccurullo e opera no *software* R, se caracterizando como uma ferramenta robusta que permite importar, organizar e analisar grandes conjuntos de dados bibliográficos, além de gerar matrizes para análises como redes de coautoria, coocorrência de palavras-chave e análise de correspondência múltipla (Aria; Cuccurullo, 2017). Ele também dispõe de uma interface gráfica chamada *Biblioshiny*, que facilita o uso por meio de menus e visualizações interativas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de um estudo cienciométrico com abordagem quantitativa e descritiva, voltado à identificação de padrões e tendências na produção científica sobre seleção para eficiência alimentar em ruminantes.

A coleta dos artigos científicos foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* (WoS), escolhidas por sua ampla cobertura de periódicos científicos e por oferecerem ferramentas de exportação compatíveis com *softwares* de análise bibliométrica. O levantamento abrangeu desde a primeira publicação registrada sobre o tema até a mais recente disponível no momento da busca (maio de 2025). Esse recorte temporal amplo foi adotado para mapear a evolução das pesquisas na área e identificar mudanças nos focos investigativos ao longo dos anos.

Os termos de buscas adotados foram ("feed efficiency" OR "residual feed intake" OR "feed conversion" OR "residual intake and gain" OR “residual weight gain”) AND ("selective breeding" OR “genetic selection” OR "genetic improvement" OR “crossbreeding” OR "livestock breeding" OR “genomic selection” OR heritab*) AND (ruminant* OR livestock OR "beef cattle" OR "dairy cattle" OR sheep OR goat* OR buffalo*) NOT (poultry OR chicken* OR swine OR pig* OR fish*) com base nos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos publicados. A pesquisa considerou os títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos publicados nas bases selecionadas.

Os dados extraídos foram integrados e as duplicatas removidas por meio do pacote *Bibliometrix* 4.1.3 (Aria; Cuccurullo, 2017) implementado no software R v.3.4.1 (R Core Team 2023). Seguindo a declaração PRISMA, foi realizada a filtragem e elegibilidade dos artigos que apresentaram termos e conceitos relevantes para o tema em análise. Foram excluídas revisões e metanálises. O conjunto de dados final compreendeu 466 publicações (Figura 1).

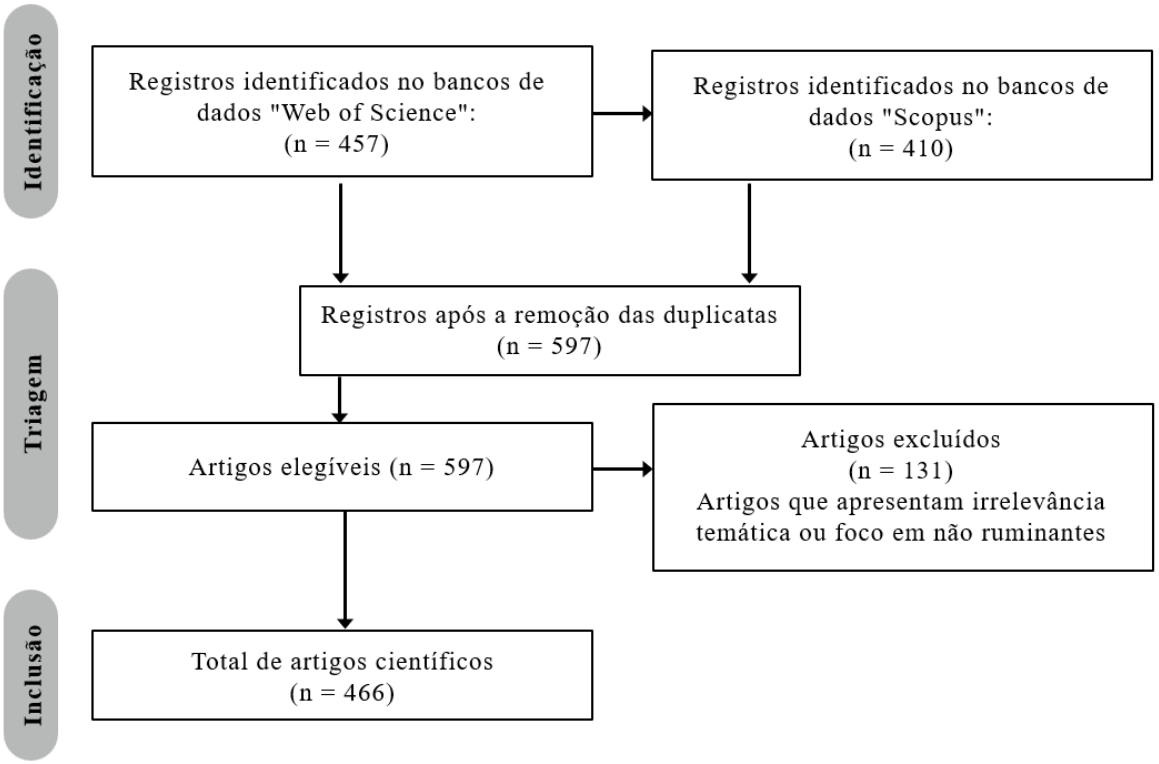


Figura 1. Diagrama de fluxo referente ao número total de publicações identificadas e o número de publicações filtradas no processo de triagem.
Fonte: Adaptado de PRISMA (2020).

Em seguida foram realizadas análises descritivas e quantitativas por meio do pacote Bibliometrix 4.1.3 para identificar o número total de publicações e sua taxa de crescimento anual, o número de revistas científicas que publicam sobre o tema, a média de coautores por artigo, a proporção de autoria única e a frequência de colaboração internacional. Para avaliar a produtividade de cada autor foi utilizado o índice h (Hirsch, 2007), o número de publicações e o número de citações de cada artigo. A avaliação da produtividade científica foi estimada pela Lei de Lotka (Lotka, 1926). As métricas descritivas do conjunto de dados foram realizadas considerando os 10 autores mais produtivos. A concentração da produção científica nos periódicos foi analisada com base na Lei de Bradford (Bradford, 1934).

Um gráfico de três campos no formato Sankey foi gerado utilizando o pacote Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017) para representar a relação entre os dez principais autores, dez palavras-chave e dez periódicos. Para analisar a estrutura do campo científico foram geradas redes de coocorrência de palavras-chave e de colaboração entre autores. A rede de coautoria entre autores foi elaborada com base nos cinquenta autores com maior centralidade de intermediação e pelo menos uma colaboração registrada, utilizando o algoritmo de

agrupamento *Walktrap* e a normalização por associação. Para a visualização das colaborações institucionais foi construída uma rede entre as instituições que apresentaram ao menos uma colaboração registrada entre si, possibilitando identificar os principais centros de pesquisa. Além disso, foi realizada uma análise temporal dos termos mais frequentes nas publicações sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes para identificar temas emergentes e possíveis lacunas na produção científica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tendências temporais na publicação e autoria

Até o ano de 2025, foram registradas 466 publicações em 116 revistas científicas no campo de seleção para eficiência alimentar em ruminantes. O primeiro documento foi publicado em 1959, e desde então, a taxa de crescimento anual foi de 4,08%.

É possível observar uma tendência de aumento no número de publicações (Figura 2), com um crescimento acentuado nos últimos 15 anos, que representa cerca de 80% de toda a publicação científica sobre o tema. Alguns fatores podem ter contribuído para isso; primeiramente, o avanço e melhoria de tecnologias de sequenciamento para ruminantes e o amadurecimento gradual das ciências ômicas e da bioinformática nas últimas décadas (Gao *et al*., 2024), bem como a crescente demanda por uma produção animal mais sustentável, especialmente no que se refere à redução das emissões de metano entérico (CH4), conforme o pretendido pela Comissão Europeia para 2030 (Manzanilla-Pech *et al*., 2022).

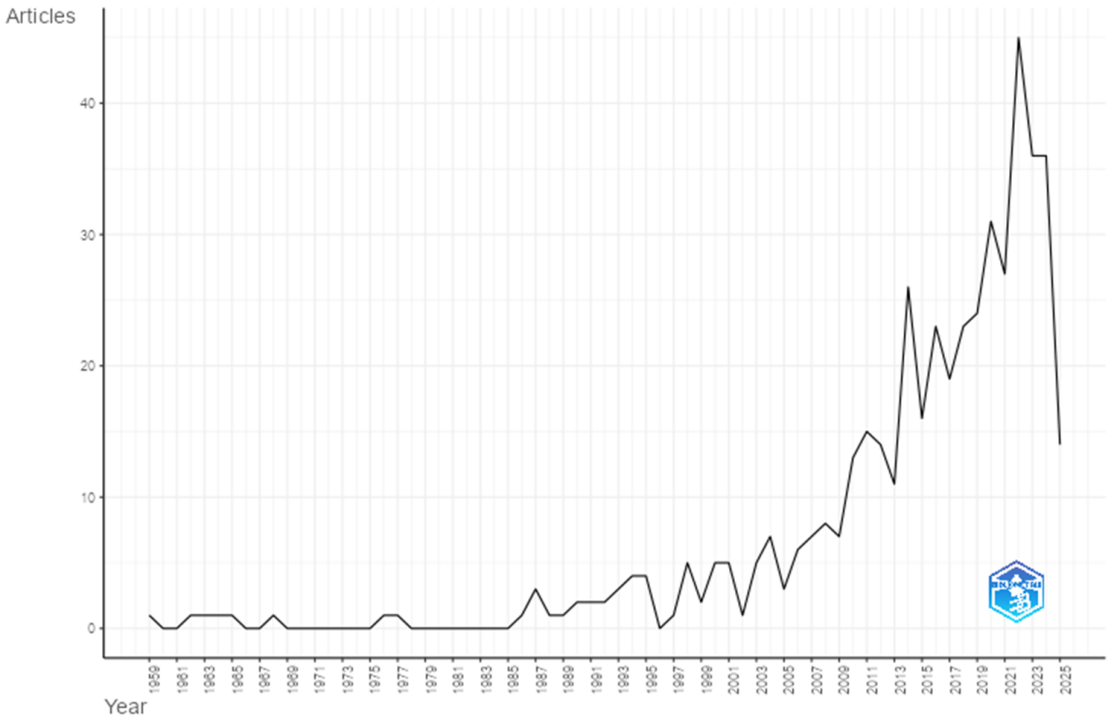


Figura 2. Número anual de publicações sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes, no período compreendido entre os anos de 1959 a 2025.

Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

As tecnologias de sequenciamento e genotipagem fornecem dados fundamentais para pesquisas sobre edição e regulação gênica, sendo essencial para os avanços na seleção genética de ruminantes. Desde o mapeamento do genoma humano pelo Projeto Genoma Humano (Greely, 2001), houve um aumento nas pesquisas genômicas aplicadas à produção animal (Gao *et al*., 2024), conforme observado na Figura 2. Em 2009, o Consórcio de Sequenciamento e Análise do Genoma Bovino combinou técnicas de clonagem de cromossomos artificiais bacterianos com o sequenciamento shotgun para montar o primeiro genoma de referência de bovinos (Amarasinghe *et al*., 2020). Em seguida, houve a montagem do genoma do zebu em 2012 (Canávez *et al*., 2012), da cabra em 2013 (Dong *et al*., 2012) e da ovelha em 2014 (Jiang *et al*., 2014). Esses avanços, somados ao desenvolvimento das tecnologias ômicas, contribuem para o aumento considerável de pesquisas nesta área de estudo.

Os ruminantes contribuem para a emissão de gases poluentes para a atmosfera, à exemplo do metano (Ge et al., 2021). Esse composto é um subproduto da fermentação microbiana de carboidratos no retículo-rúmen de animais ruminantes (Gray; Pilgrim; Weller, 1951). Além de representar até 8–9% das perdas energéticas dos ruminantes, ele contribui significativamente para o aquecimento global (Olijhoek *et al*., 2020). Por ter sido classificado como um poluente atmosférico de curta duração, a sua redução é uma possibilidade para reduzir os gases de efeito estufa (Shoemaker *et al*., 2013). Segundo Manzanilla-Pech *et al*. (2022), a seleção para eficiência alimentar contribui para a redução das emissões de metano, o que pode justificar o aumento no número de publicações voltadas à seleção de ruminantes mais eficientes na conversão alimentar, visto que essa abordagem integra a produtividade animal e a sustentabilidade ambiental.

Foram identificados 1.912 autores diferentes no campo de seleção para eficiência alimentar em ruminantes. Desses, 1.398 autores (73,12%) produziram apenas um artigo do conjunto total, o que reflete em uma alta concentração de publicações entre um número menor de pesquisadores, conforme sugere a Lei de Lotka (Figura 3), onde a maior parte do conhecimento científico sobre eficiência alimentar em ruminantes é produzido por poucos autores.

Além disso, 282 autores (14,75%) contribuíram com dois artigos, e 95 autores (4,97%) publicaram três artigos. Destaca-se também que somente um autor foi responsável por 19 artigos. Esses resultados reforçam que grande parte dos autores que publicam sobre eficiência

alimentar em ruminantes são pesquisadores esporádicos e não têm tradição em publicar artigos sobre o tema.

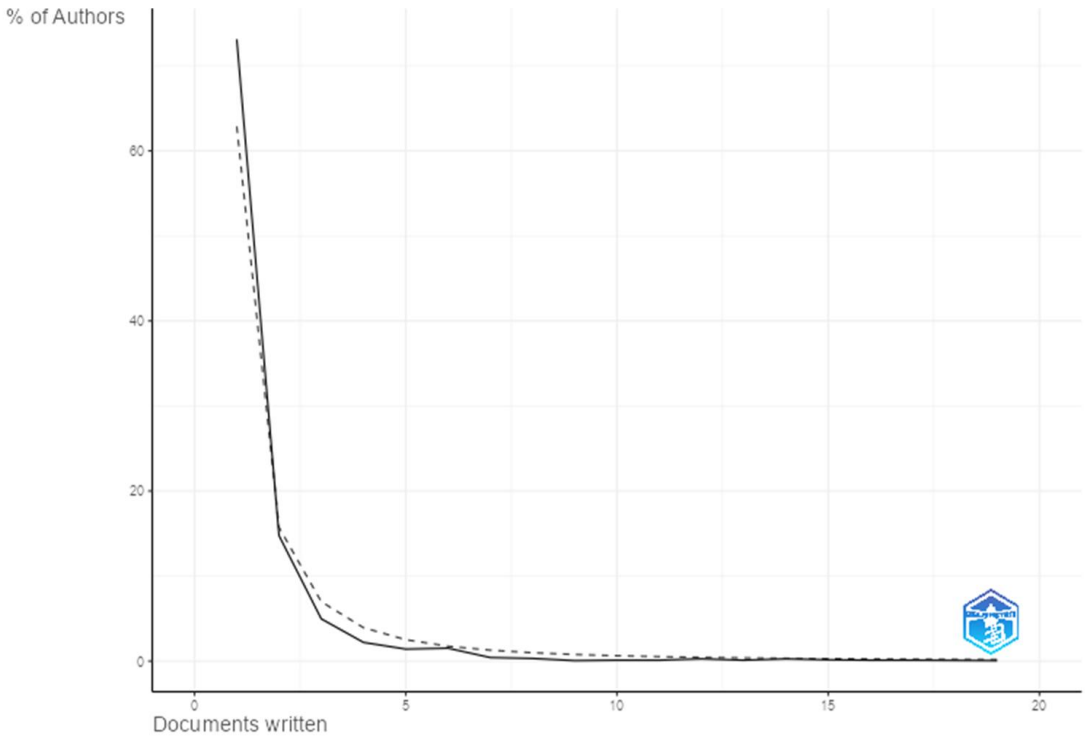


Figura 3. Produtividade dos autores obtida a partir da Lei de Lotka.
Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

Do total de 466 artigos, 20 eram documentos de autoria única. Por outro lado, a média de coautores para os demais documentos foi de 6,79, o que indica um alto nível de colaboração entre os pesquisadores. Além disso, 31,55% dos documentos envolveram coautorias internacionais.

Entre os 10 principais autores (Tabela 2), o autor mais produtivo foi PRYCE J, com 19 publicações. Seguem-se BASARAB J e LI C, ambos com 17 artigos publicados. O autor com o maior índice h foi BASARAB J (15), o que indica sua alta produtividade e impacto significativo na área, considerando seu número de publicações e suas citações recebidas.

Apesar de HERD R ter sido o autor mais citado, ele possui índice h relativamente baixo. Isso ocorre pois o índice h considera não apenas o impacto, mas também a consistência da produção científica. Um autor possui índice h quando h de seus artigos receberam pelo menos h citações cada (Hirsch, 2007). Dessa forma, um pesquisador que possui poucas publicações

altamente citadas, mas cujos demais artigos apresentem baixo número de citações, terá um índice h reduzido, ainda que seu total de citações seja elevado.

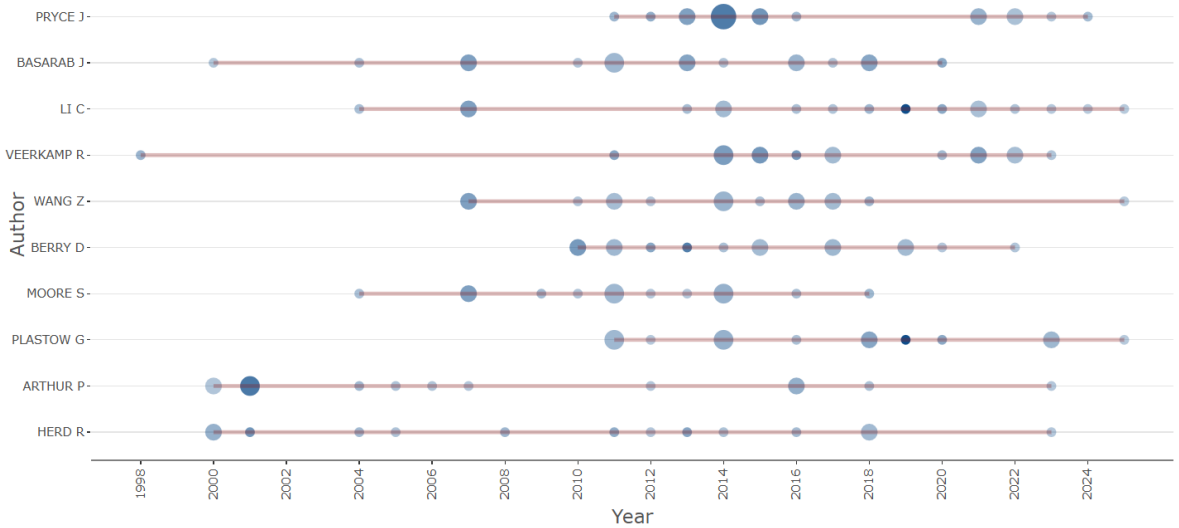
Tabela 2. Produtividade dos autores que mais publicaram sobre o tema ao longo do período de 1959 a 2025

Ranking	Autor	DC*	TC	Índice h
1	PRYCE J	19	955	14
2	BASARAB J	17	844	15
3	LI C	17	860	12
4	VEERKAMP R	16	990	12
5	WANG Z	16	595	14
6	BERRY D	15	945	11
7	MOORE S	15	671	13
8	PLASTOW G	15	642	12
9	ARTHUR P	14	958	11
10	HERD R	14	1237	11

*DC: Documentos. TC: Total de citações.

Fonte: Base de dados *Scopus* e WoS.

A linha do tempo dos principais autores (Figura 4) revela padrões dinâmicos de produtividade e engajamento na pesquisa sobre a eficiência alimentar em ruminantes. Observa-se uma clara transição e expansão do campo ao longo das décadas. Inicialmente, pesquisador VEERKAMP R se destaca como pioneiro, lançando as bases para a área. Nos anos 2000, ARTHUR P e HERD R emergiram com publicações de notável relevância e impacto, consolidando a importância do tema. A partir de 2010, o cenário se transformou com o ingresso de uma nova geração de pesquisadores proeminentes, incluindo BERRY D, PRYCE J, LI C e PLASTOW G. Este período marcou uma aceleração notável na produção científica, culminando em uma concentração significativa de publicações entre 2011 e 2018. A presença de nós de grande tamanho na Figura 4 durante este intervalo não apenas evidencia o aumento do volume de artigos, mas também sugere o fortalecimento de redes de colaboração e a consolidação de grupos de pesquisa altamente produtivos. Essa concentração pode ser atribuída a diversos fatores: (1) a maturidade metodológica da área, com técnicas como a medição do consumo alimentar residual se tornando mais padronizadas; (2) o provável aumento de investimentos e prioridade de pesquisa em eficiência alimentar, impulsionado por sua relevância econômica e ambiental; e (3) o amadurecimento de projetos de grande escala ou a conclusão de ciclos de pós-graduação, que naturalmente geraram um volume elevado de publicações.



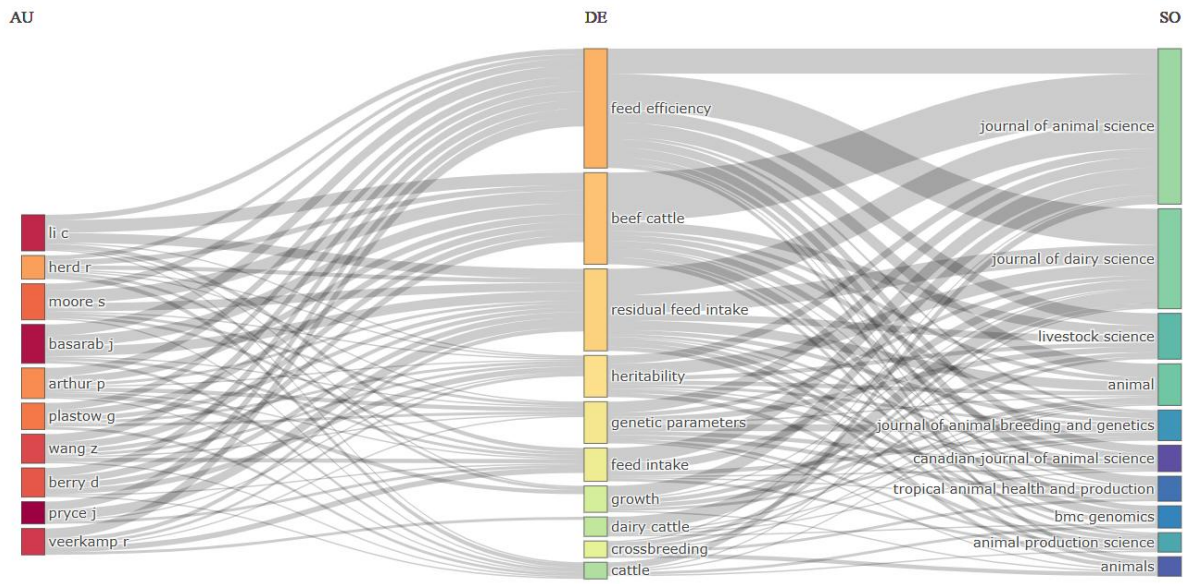
Obs.: O tamanho dos nós representa o número de artigos publicados por autor em cada ano, enquanto a intensidade da cor indica o número médio de citações por ano.

Figura 4. Comportamento da linha do tempo em função da produção dos autores compreendido entre o período de 1998 a 2025.
Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

Embora a eficiência alimentar continue sendo um tema importante, as perguntas de pesquisa "básicas" podem ter sido amplamente exploradas e respondidas no período de 2011-2018. Isso leva a um período de menor retorno de novas descobertas, exigindo abordagens mais inovadoras e demoradas para gerar publicações de alto impacto. É importante ressaltar que a diminuição na produtividade de um grupo de autores proeminentes em uma área específica não significa necessariamente um declínio na importância do tema, mas sim uma evolução natural do campo, com novas gerações de pesquisadores, novas abordagens e novas prioridades de pesquisa surgindo.

4.2 Produção de periódicos científicos

O gráfico de três campos (Figura 5) revelou que a produção científica se concentra na pesquisa sobre eficiência alimentar em gado de corte. Uma palavra-chave frequentemente abordada por todos os autores foi “consumo alimentar residual”, também com destaque para sua aplicação em gado de corte de apenas um autor (VEERKAMP R) ter se dedicado à pesquisa em gado de leite. A análise também retrata as dez principais revistas publicam sobre a eficiência alimentar.



*AU: Autores. DE: Palavras-chave. SO: Periódicos.

Figura 5. Gráfico de três campos da organização da comunidade científica com os 10 principais autores, palavras-chave e periódicos utilizados nos artigos.

Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

O *Journal of Animal Science* e *Journal of Dairy Science* são os periódicos com destaque proeminente na temática. O primeiro com pesquisas publicadas sobre todos os tópicos observados, enquanto o segundo se restringe à pesquisa sobre gado de leite. Demais periódicos como *BMC Genomics*, *Tropical Animal Health and Production* e *Journal of Animal Breeding and Genetics* sugerem diferentes enfoques e metodologias aplicadas na pesquisa sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes.

O *Journal of Animal Science* é o periódico com maior produção, com 76 artigos publicados, seguido pelo *Journal of Dairy Science* e *Animal*, com 63 e 25 artigos, respectivamente (Tabela 3). De acordo com os resultados da Lei de Bradford (Apêndice A), observou-se que os periódicos mais relevantes estão localizados na Zona 1, enquanto os demais se distribuem nas Zonas 2 e 3, o que demonstra a concentração das publicações em um número restrito de fontes.

Além disso, dentre os dez periódicos com maior produção, o *Journal of Animal Science* é o de maior impacto, recebendo uma média de 58,7 citações por publicação, além de ter um índice h igual a 33, reforçando sua consistência e reconhecimento na comunidade científica (Tabela 3).

Tabela 3. Ranqueamento dos dez periódicos de maior destaque entre os autores citados sobre o tema ao longo do período de 1959 a 2025

Ranking	Periódicos	DC*	TC	C/DC	Índice h
1	*Journal of Animal Science*	76	4461	58,7	33
2	*Journal of Dairy Science*	63	2568	40,8	29
3	*Animal*	25	1011	40,4	11
4	*Livestock Science*	18	272	15,1	9
5	*Animal Production Science*	15	130	8,7	6
6	*Journal of Animal Breeding and Genetics*	15	149	9,9	6
7	*BMC Genomics*	14	616	44	11
8	*Tropical Animal Health and Production*	14	69	4,9	5
9	*Animals*	11	100	9,1	6
10	*Canadian Journal of Animal Science*	11	314	28,5	9

*DC: Documentos. TC: Total de citações recebidas. C/DC: Citações por documento

Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

4.3 Estrutura do campo científico e parcerias

As palavras-chave mais recorrentes utilizadas pelos autores na linha de pesquisa analisada estão representadas na Figura 6. Considerando que o objetivo deste estudo foi realizar uma análise cienciométrica sobre eficiência alimentar em bovinos, é coerente que o termo “feed efficiency” (257 ocorrências) ocupe a primeira posição entre os mais frequentes. Os termos “genetic parameters” (218) e “heritability” (122) reforçam a predominância de abordagens voltadas à estimativa de herdabilidade e correlações genéticas para a seleção de animais mais eficientes. O destaque à “beef cattle” (196) e “residual feed intake” (141) indica o direcionamento majoritário da produção científica para bovinos de corte e para o uso do consumo alimentar residual como principal critério de seleção.

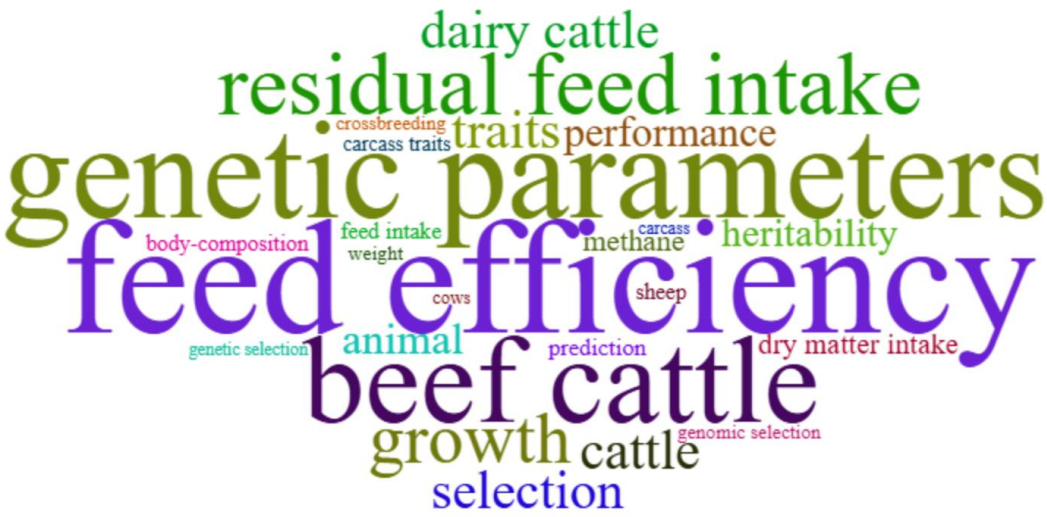


Figura 6. Nuvem de palavras gerada utilizando as 25 palavras mais frequentemente utilizadas nas palavras-chaves dos 466 estudos incluídos no estudo.
Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

A rede de coocorrência construída com base nas palavras-chave dos autores (Figura 7) revelou uma estrutura composta por diferentes comunidades temáticas, organizadas de acordo com o algoritmo *walktrap*, que visa agrupar palavras-chave densamente interconectadas. O método de normalização por associação enfatiza palavras-chave que aparecem juntas com mais frequência do que o esperado pelo acaso.

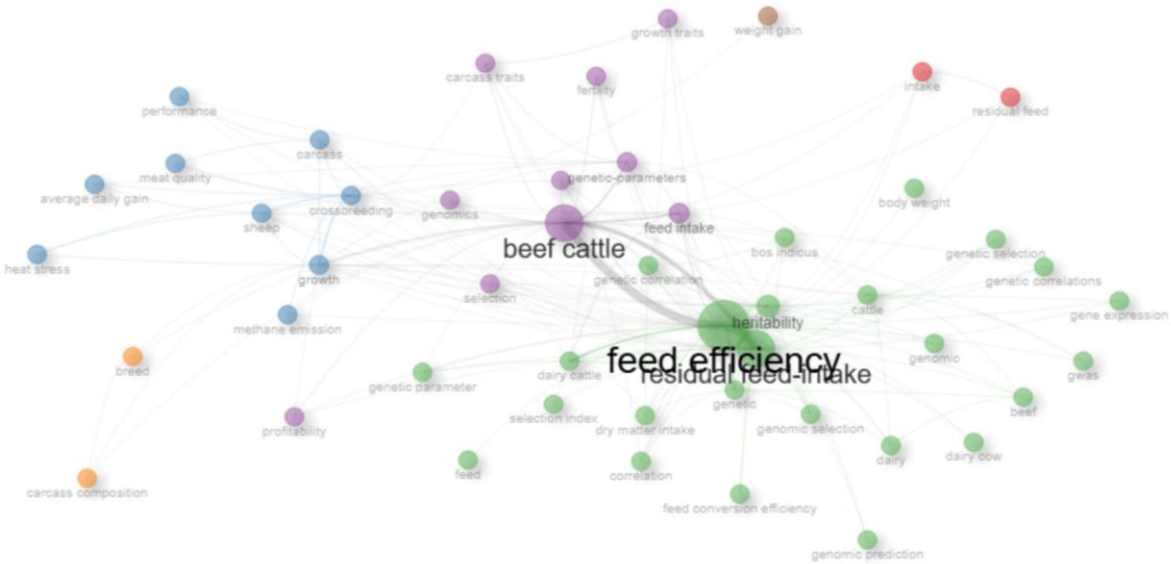


Figura 7. Distribuição rede de coocorrência construída a partir das palavras-chave mencionadas nos trabalhos publicados pelos autores estudados.
Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

O termo “feed efficiency” (eficiência alimentar) apresentou a maior centralidade, estando fortemente conectado a “residual feed intake” (consumo alimentar residual) e “heritability” (herdabilidade), formando um *cluster* verde voltado à eficiência alimentar e à genética de ruminantes. Esse grupo também inclui termos como “genomic”, “genetic selection” e “gwas”, demonstrando a aplicação de ferramentas genômicas no estudo destas temáticas. O *cluster* roxo também apresenta relevância na análise, centrado em “beef cattle” e associado a temas como “genetic parameters”, “feed intake”, “fertility” e “carcass traits”, refletindo em parâmetros reprodutivos e econômicos na bovinocultura de corte. O *cluster* representado em azul abrange termos como “performance”, “meat quality” e “average daily gain”, com ênfase em características produtivas e qualidade da carne, também incluindo ovinos.

A rede de colaboração entre autores, representada na Figura 8, apresenta uma estrutura composta por agrupamentos distintos, nos quais os nós correspondem a autores e as conexões indicam coautorias em pelo menos uma publicação. É possível observar que a rede é relativamente fragmentada, com alguns grupos densamente conectados e consolidados, enquanto outros autores apresentam atuação mais isolada. Esses grupos são reflexo de afinidades temáticas, vínculos institucionais ou localização geográfica comum entre os autores.

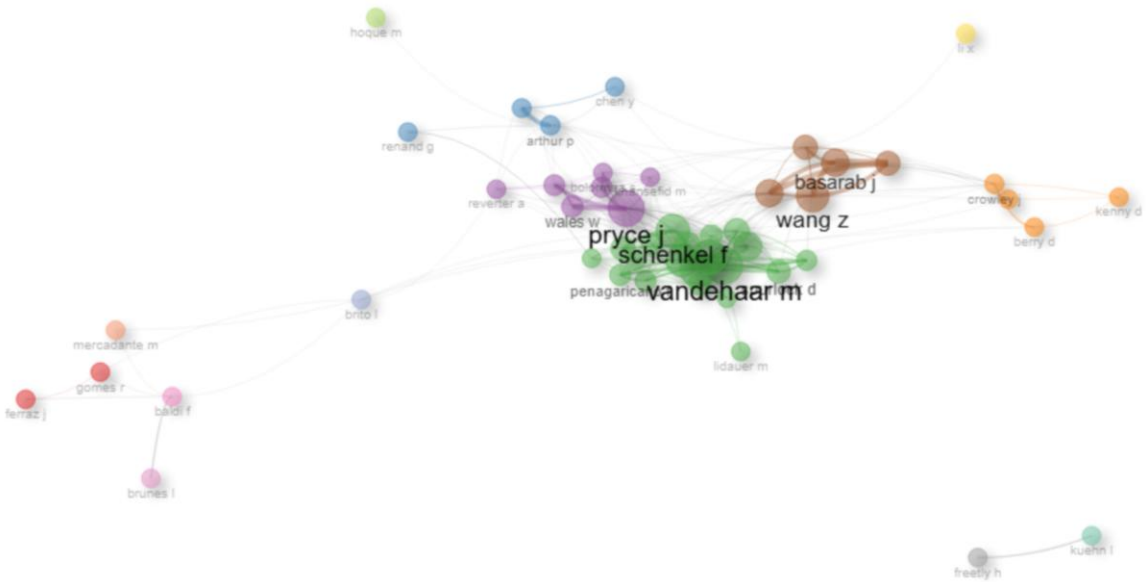


Figura 8. Rede de colaboração entre autores que publicaram sobre seleção para eficiência alimentar em ruminantes.
Fonte: Base de dados *Scopus* e WoS.

Destacam-se os autores VANDEHAAR M, PRYCE J e SCHENKEL F, representados por nós maiores devido à sua elevada centralidade. Esses pesquisadores concentram um grande

número de conexões, indicando atuação relevante na articulação de colaborações dentro e entre comunidades científicas. O agrupamento central em verde é o mais denso, com forte interconectividade, enquanto outras comunidades, como as formadas pelos autores BASARAB J, WANG Z e BERRY D, mostram colaborações consistentes, porém mais restritas a seus respectivos grupos. Autores brasileiros como FERRAZ J, MERCADANTE M e BALDI F aparecem em um agrupamento próprio com menos conexões externas, o que pode indicar atuação em subtemas específicos menos explorados internacionalmente. Também se observam ligações entre autores de diferentes cores, o que indica interações entre comunidades distintas e difusão do conhecimento entre diferentes frentes de investigação.

A análise das afiliações mais relevantes (Tabela 4) evidencia a predominância de instituições localizadas em países do hemisfério norte. A *University of Alberta* lidera em número de publicações, com 67 artigos, seguida pela *Aarhus University* e pela *University of Guelph*, ambas com 44 publicações. Também se destacam centros de pesquisa da Irlanda e Estados Unidos da América (EUA). Essa distribuição institucional pode ser associada à existência de políticas consolidadas de fomento à pesquisa nesses países (Makkar; Ankers, 2014).

Tabela 4. Ranking das 10 instituições que produzem conhecimentos sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes

Ranking	**Instituição**	**DC***	**País**
1	*University of Alberta*	67	Canadá
2	*Aarhus University*	44	Dinamarca
3	*University of Guelph*	44	Canadá
4	*Animal and Grassland Research and Innovation Centre*	38	Irlanda
5	*University of New England*	38	EUA
6	Universidade de São Paulo	34	Brasil
7	*Iowa State University*	28	EUA
8	*Institute of Animal Science*	24	Bulgária
9	*La Trobe University*	24	Austrália
10	*Michigan State University*	24	EUA

*DC: Documentos.

Fonte: Base de dados Wos e Scopus.

A rede de parcerias entre instituições (Figura 9) demonstra que a *University of Alberta* (Canadá) possui o maior nó da rede, indicando seu papel como centro colaborativo relevante, com conexões fortes com outras instituições. Também compondo o *cluster* verde estão as instituições: *Iowa State University*, *Wageningen University* e *Michigan State University*. Outros agrupamentos relevantes incluem o *cluster* vermelho, formado por instituições australianas (*University of New England* e *Elizabeth MacArthur Agricultural Institute*); o *cluster* laranja, com instituições do centro dos Estados Unidos (*Kansas State University* e *University of Missouri*); o *cluster* roxo, composto por universidades brasileiras (Universidade Estadual Paulista, Universidade de São Paulo e Universidade Federal de Minas Gerais); e o *cluster* azul, que reúne instituições francesas (*Université Paris-Saclay*, *Université Clermont Auvergne* e *Université Toulouse*). A instituição japonesa *Tohoku University* aparece de forma mais isolada na rede, com poucas conexões representadas.

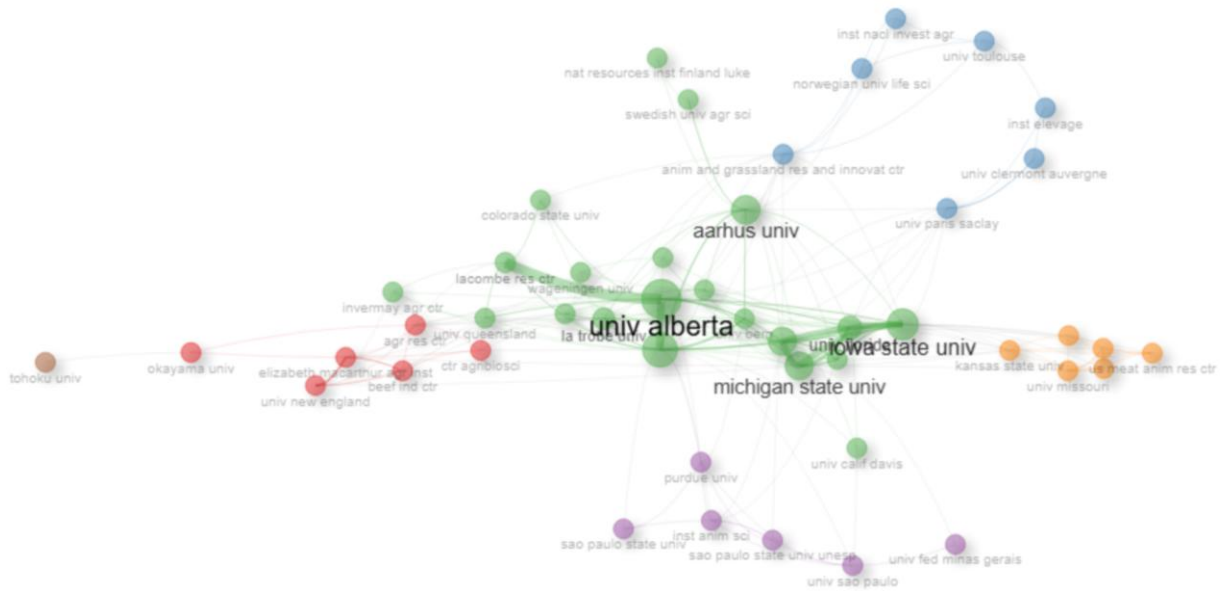


Figura 9. Rede de parceria observada entre instituições para o período 1959 a 2025.
Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

4.4 Padrões de citações de documentos

Os 10 artigos mais relevantes, considerando o número de citações, são apresentados na Tabela 5. Esses artigos foram publicados entre 1963 e 2019, com o número total de citações variando de 174 (ROBINSON D) a 915 (KOCH R). Embora ocupando o quinto lugar na lista, LI F apresentou o maior número de citações por ano.

Tabela 5. Ranking das publicações mais citadas globalmente relativas à eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes

Ranking	Primeiro autor	Título	Revista	Ano	TC*	MCA
1	KOCH R	*Efficiency of feed use in beef cattle*	*Journal of Animal Sciences*	1963	915	14.52
2	ARTHUR P	*Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle*	*Journal of Animal Sciences*	2001	392	15.68
3	BERRY D	*Cell Biology Symposium: genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle*	*Journal of Animal Sciences*	2013	302	23.23
4	KENNEDY B	*Genetic and statistical properties of residual feed intake*	*Journal of Animal Sciences*	1993	272	8.24
5	LI F	*Host genetics influence the rumen microbiota and heritable rumen microbial features associate with feed efficiency in cattle*	*Microbiome*	2019	268	38.29
6	ROEHE R	*Bovine host genetic variation influences rumen microbial methane production with best selection criterion for low methane emitting and efficiently feed converting hosts based on metagenomic gene abundance*	*Plos Genetics*	2016	241	24.1
7	ARTHUR P	*Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls*	*Livestock Production Science*	2001	199	7.96
8	VEERKAMP R	*Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: a review*	*Journal of Dairy Sciences*	1998	191	6.82
9	HERD R	*Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle*	*Livestock Production Science*	2000	186	7.15
10	ROBINSON D	*Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle*	*Livestock Production Science*	2004	174	7.91

*TC: Total de citações. MCA: Média de citações anuais

Fonte: Base de dados *Scopus* e WoS.

O artigo mais citado foi escrito por Koch *et al*. (1963) e representa um marco inicial na avaliação da eficiência alimentar em ruminantes. Nele, os autores propõem, pela primeira vez, o conceito de consumo alimentar residual como uma medida alternativa e mais precisa de eficiência alimentar em bovinos de corte. O estudo comparou diferentes formas de mensuração e destacou o ganho ajustado para consumo como o indicador mais adequado. Os autores concluíram que a seleção com base na eficiência alimentar pode aumentar o ganho de peso diário sem afetar o consumo de ração.

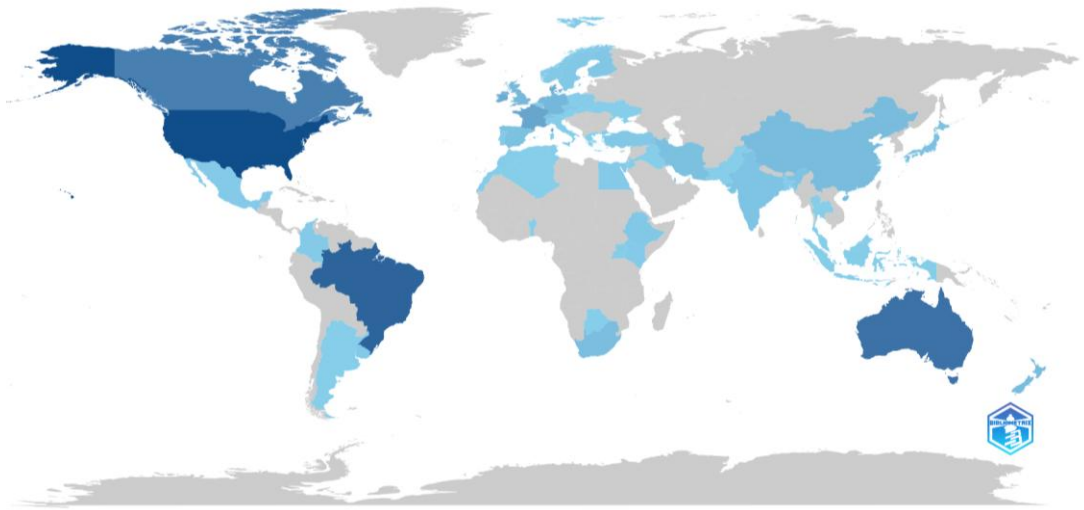
O segundo artigo mais citado, escrito por Arthur *et al*. (2001), aborda a viabilidade do CAR como critério de seleção genética para eficiência alimentar em bovinos de corte. Os autores estimaram parâmetros genéticos para diversas características pós-desmame, incluindo consumo, ganho de peso e deposição de gordura. O estudo demonstrou que o CAR apresenta herdabilidade moderada e menor correlação com características de crescimento do que a conversão alimentar tradicional. Os autores destacam que a seleção com base no CAR pode melhorar a eficiência alimentar sem causar alterações indesejadas em características produtivas.

O terceiro artigo mais citado foi publicado por Berry e Crowley (2013) com o destaque para a importância da seleção da eficiência alimentar como estratégia para garantir a segurança alimentar diante da crescente demanda global. Os autores demonstram que existe variação genética significativa na eficiência alimentar, e que boa parte da variação genética no consumo de ração pode ser prevista por características de fácil mensuração, como peso corporal e taxa de crescimento, reduzindo a necessidade de registros diretos de consumo. Assim, os autores defendem que já há base científica suficiente para incorporar a eficiência alimentar nos programas de melhoramento.

A rápida difusão e o impacto do estudo de Li *et al*. (2019), demonstrados pelo elevado MCA, podem estar relacionados à crescente preocupação global em reduzir as emissões de metano por ruminantes. Os autores demonstraram que a composição da microbiota ruminal é parcialmente herdável e influenciada pela genética do hospedeiro, e que certos microrganismos ruminais estão associados à eficiência alimentar e à produção de metano. Os autores apontam que a manipulação genética do animal, associada ao direcionamento da microbiota, pode ser uma estratégia para melhorar ainda mais a eficiência alimentar e otimizar a fermentação ruminal, reduzindo assim as emissões de metano.

4.5 Produção científica por países e colaboração

Em relação à quantidade de publicações sobre a seleção para a eficiência alimentar em ruminantes, a Figura 10 ilustra, por meio de um mapa global, a distribuição das produções científicas por país.



Obs.: A intensidade do tom azul reflete o volume de publicações, sendo os tons mais escuros correspondentes aos países com maior volume de produção.

Figura 10. Produção científica dos países com base na quantidade de publicações sobre seleção para eficiência alimentar em ruminantes.

Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

A Tabela 6 apresenta os dados numéricos quanto a essas publicações por país. Dentre os países que mais publicaram sobre eficiência alimentar como critério de seleção em ruminantes, os EUA apresentaram a maior porcentagem de publicações (14,6%), seguido do Brasil (12,4%), Austrália (10,5%) e Canadá (9,7%).

Tabela 6. Distribuição dos artigos publicados por país e suas colaborações mútuas

Ranking	País	Artigos	Artigos (%)	TC*	TC/DC
1º	EUA	68	14,6	2148	31.60
2º	Brasil	58	12,4	684	11.80
3º	Austrália	49	10,5	2383	48.60
4º	Canadá	45	9,7	2088	46.40
5º	França	22	4,7	353	16.00
6º	Irlanda	22	4,7	1102	50.10
7º	Dinamarca	16	3,4	426	26.60
8º	Alemanha	16	3,4	213	13.30
9º	China	15	3,2	102	6.80
10º	Irã	11	2,4	141	12.80

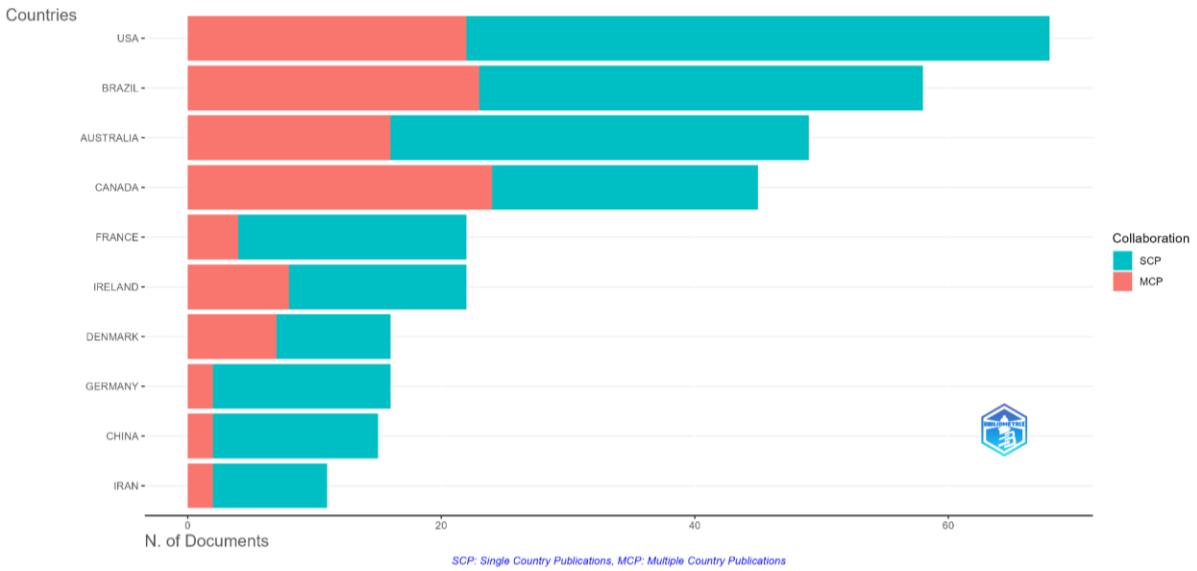
*TC: Total de citações recebidas. TC/DC: Média de citações por artigo.

Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

Dentre os países com maior número de publicações, o Brasil se destaca negativamente por apresentar um volume expressivo de produção e um número de citações desproporcionalmente baixo. Em contrapartida, Austrália, Estados Unidos e Canadá não apenas possuem elevado número de artigos, mas também lideram em impacto, com 2.383, 2.148 e 2.088 citações totais, respectivamente. Irlanda, embora com menor volume de publicações (22), apresentou a maior média de citações por artigo (50,1), indicando alta relevância dos estudos produzidos.

A menor visibilidade internacional da produção brasileira pode estar associada às taxas de publicação em periódicos de alto fator de impacto. Por exemplo, a taxa de publicação do *Journal of Animal Science* é, em média, de US$ 360 por página, ou seja, um artigo de 10 páginas custaria um total de US$ 3.600. Dada a escassez de recursos para publicação de artigos em países em desenvolvimento como o Brasil e considerando a taxa de câmbio atual, a publicação em periódicos de alto impacto se torna inviável para muitos pesquisadores brasileiros, o que os leva a optar por periódicos locais ou gratuitos (McManus; Neves; Maranhão, 2020). Consequentemente, a disseminação de seu conteúdo é limitada.

A partir da produção científica dos países mais produtivos com base na afiliação dos autores correspondentes (Figura 11), observa-se que 32,4% de todas as publicações dos EUA tiveram colaboração internacional, enquanto o Brasil apresentou 39,7% de colaboração. O Canadá se destaca com 53,3% de suas publicações sendo índice MCP, o que reflete em uma forte parceria internacional. Dinamarca (43,8%), Austrália (32,7%) e Irlanda (36,4%) também apresentam boa colaboração externa. Em contrapartida, países como França, Alemanha, China e Irã apresentam índices baixos de colaboração internacional (18,2%, 12,5%, 13,3% e 18,2%, respectivamente), sugerindo maior foco em pesquisas de cunho nacional.



SCP: Produção de um país. MCP: Produção de vários países.

Figura 11. Produção científica dos países mais produtivos com base na afiliação dos autores correspondentes.

Fonte: Base de dados Scopus e WoS.

4.6 Tópicos emergentes e lacunas de pesquisa

A análise temporal dos termos mais frequentes (Figura 12) identificou a evolução dos tópicos abordados nas publicações ao longo dos anos. Os termos como “feed efficiency”, “residual feed intake” e “beef cattle” tiveram maior frequência de uso a partir de 2015, evidenciada pelo tamanho dos nós. Termos como “genetic”, “growth”, “dairy cattle” e “genetic parameters” também apresentaram destaque em períodos mais recentes, indicando recorrência crescente. Por outro lado, “phenotypic relationships”, “steers” e “body condition score” obtiveram menor frequência geral nos últimos anos.

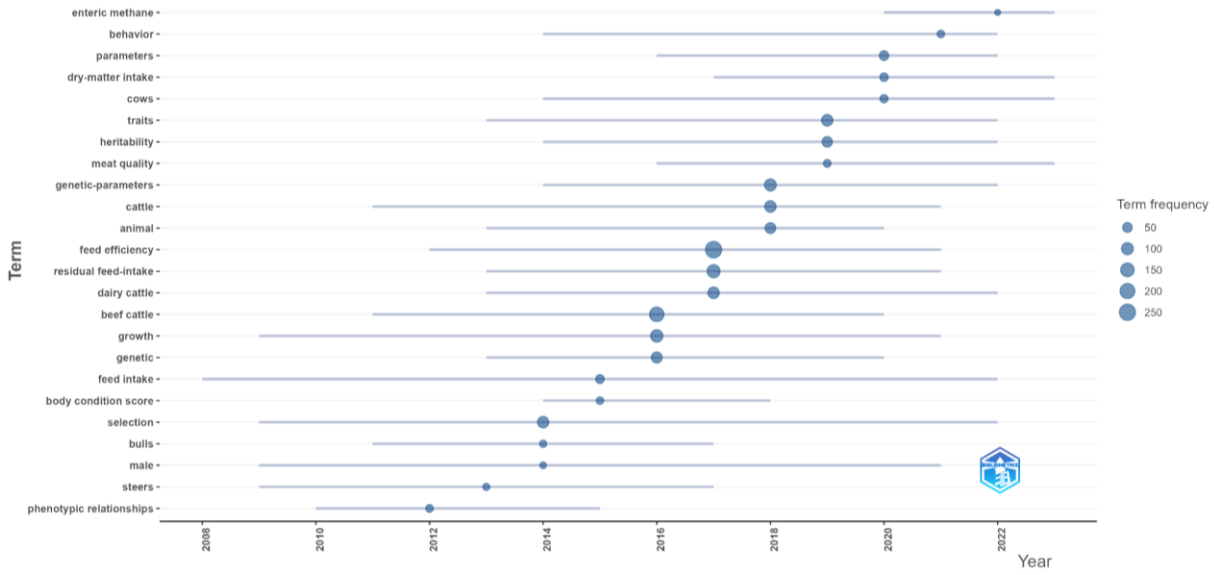


Figura 12. Termos citados frequentemente pelos artigos consultados.

Fonte: Base de dados *Scopus* e WoS.

Termos como “enteric methane”, “behavior”, “dry-matter intake” e “cows” surgem em anos mais recentes (entre 2020 e 2023), com volume ainda moderado, o que indica áreas menos consolidadas no conjunto de publicações analisadas. Considerando as metas climáticas propostas pela Comissão Europeia, que visa reduzir em 55% as emissões até 2030 (União Europeia, 2021), é provável que as pesquisas envolvendo eficiência alimentar e emissões entéricas continuem crescendo nos próximos anos.

Os *trend topics* apresentados na Figura 12 evidenciam um predomínio de estudos voltados à eficiência alimentar em bovinos de corte e de leite, com destaque para os termos “beef cattle” e “dairy cattle”. A baixa ocorrência de termos relacionados a outros ruminantes, como ovinos e caprinos, indica uma concentração temática nas espécies bovinas, sugerindo uma possível lacuna de pesquisa nos demais sistemas de produção de ruminantes.

5 CONCLUSÕES

Observou-se um crescimento no volume de publicações sobre eficiência alimentar em ruminantes nas últimas décadas, provavelmente impulsionado pelo avanço das ciências ômicas e pela crescente demanda por sistemas de produção animal mais sustentáveis. A análise evidenciou uma forte concentração da produção científica em um número restrito de autores e instituições. Entre os países mais produtivos, destacaram-se Estados Unidos, Austrália, Canadá e Brasil, sendo que os três primeiros também lideraram em impacto, com elevados índices de citação. No que se refere às instituições, a University of Alberta (Canadá) apresentou o maior número de publicações, seguida pela Aarhus University (Dinamarca) e pela University of Guelph (Canadá). No Brasil, a Universidade de São Paulo se destacou como principal representante nacional, embora a visibilidade internacional da produção científica do país ainda seja baixa.

Os periódicos *Journal of Animal Science*, *Journal of Dairy Science* e *Animal* foram identificados como os mais relevantes na área, tanto pelo volume de publicações quanto pelos maiores índices de citações por artigo. A bovinocultura de corte concentrou a maior parte dos estudos analisados, com o consumo alimentar residual sendo a métrica mais recorrente para avaliação da eficiência alimentar. Em contrapartida, observou-se baixa representatividade de pesquisas voltadas a pequenos ruminantes, como ovinos e caprinos. Destaca-se ainda a emergência de temas como a emissão de CH4, que vem ganhando relevância nas discussões científicas relacionadas à sustentabilidade e tende a se consolidar como foco em pesquisas futuras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. A.; SILVA, B. C. A.; OLIVEIRA BUSSIMAN, F.; CARVALHO, R. S. B.; MATTOS, E. C.; ELER, J. P.; SANTANA, M. H. A.; FERRAZ, J. B. S. Feed efficiency negatively associated with reproductive traits in Nellore cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 23, n. 1, 19177, 2024.

AMARASINGHE, S. L.; SU, S.; DONG, X.; ZAPPIA, L.; RITCHIE, M. E.; GOUIL, Q. Opportunities and challenges in long-read sequencing data analysis. **Genome Biology**, v. 21, n. 1, p. 30, 2020.

ARCHER, J. A.; RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. 2, p. 147, 1999.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

ARRUDA H.; SILVA E. R.; LESSA M.; PROENÇA D.; BARTHOLO R. VOSviewer and Bibliometrix. **Journal of the Medial Library Associaton**, v. 110, n. 3, p. 392-395, 2022.

ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; JOHNSTON, D. J.; HERD, R. M.; RICHARDSON, E. C.; PARNELL, P. F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 11, p. 2805, 2001.

BASARAB, J. A.; BEAUCHEMIN, K. A.; BARON, V. S.; OMINSKI, K. H.; GUAN, L. L.; MILLER, S. P.; CROWLEY, J. J. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. **Animal**, v. 7, p. 303–315, 2013.

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Cell biology symposium: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1594-1613, 2013.

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and gain; a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 109-115, 2012.

BRADFORD, S. C. Sources of Information on Scientific Subjects. **Engineering: An Illustrated Weekly Journal**, v. 137, p. 85-86, 1934.

BRITO, L. F.; OLIVEIRA, H. R.; HOULAHAN, K.; FONSECA, P. A. S.; LAM, S.; BUTTY, A. M.; SEYMOUR, D. J.; VARGAS, G.; CHUD, T. C. S.; SILVA, F. F.; BAES, C. F.; CÁNOVAS, A.; MIGLIOR, F.; SCHENKEL, F. S. Genetic mechanisms underlying feed utilization and implementation

of genomic selection for improved feed efficiency in dairy cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 100, n. 4, p. 587-604, 2020.

BRUNES, L. C.; BALDI, F.; LOPES, F. B.; NARCISO, M. G.; LOBO, R. B.; ESPIGOLAN, R.; COSTA, M. F. O.; MAGNABOSCO, C. U. Genomic prediction ability for feed efficiency traits using different models and pseudo-phenotypes under several validation strategies in Nelore cattle. **Animal**, v. 15, n. 2, p. 100085, 2021.

CALUS, M. P. L.; DE HAAS, Y.; PSZCZOLA, M.; VEERKAMP, R. F. Predicted accuracy of and response to genomic selection for new traits in dairy cattle. **Animal**, v. 7, n. 2, p. 183-191, 2013.

CANAVEZ, F. C.; LUCHE, D. D.; STOTHARD, P.; LEITE, K. R. M.; SOUSA-CANAVEZ, J. M.; PLASTOW, G.; MEIDANIS, J.; SOUZA, M. A.; FEIJAO, P.; MOORE, S. S.; CAMARA-LOPES, L. H. Genome sequence and assembly of bos indicus. **Journal of Heredity**, v. 103, n. 3, p. 342-348, 2012.

CHEN, L.; SCHENKEL, F.; VINSKY, M.; CREWS, D. H.; LI, C. Accuracy of predicting genomic breeding values for residual feed intake in Angus and Charolais beef cattle1. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 10, p. 4669-4678, 2013.

CROWLEY, J.J.; MCGEE, M.; KENNY, D.A.; GREWS JR, D.H.; EVANS, R.D.; BERRY, D.P. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in diferente breeds of Irish performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 885-894, 2010.

CUMPSTON, M.; LI, T.; PAGE, M. J.; CHANDLER, J.; WELCH, V. A.; HIGGINS, J. P.; THOMAS, J. Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 10, n. 10, p. 142, 2019.

CURTY, R. G.; DELBIANCO, N. R. As diferentes metrias dos estudos métricos da informação: **Encontros Bibli: Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 25, p. 01-21, 2020.

DAS, D. N.; PAUL, D.; MONDAL, S. Role of biotechnology on animal breeding and genetic improvement. In: **Emerging Issues in Climate Smart Livestock Production**, MONDAL, S.; SINGH, L. R. (Editors), Chapter 13, Academic Press: Elsevier, p. 317-337, 2022.

DATT, C.; SHARMA, V. K.; DUDI, K.; BABAN, B. N.; SHARMA, Ph. S.; NEGESSE, T.; KUNDU, S. S.; DUTTA, M. M.; GUPTA, R.; SINGH, D. Residual feed intake as a tool for selecting more efficient animals: A review. **Indian Journal of Animal Nutrition**, v. 34, n. 3, p. 238, 2017.

DAVIS, T. C.; WHITE, R. R. Breeding animals to feed people: The many roles of animal reproduction in ensuring global food security. **Theriogenology**, v. 150, p. 27-33, 2020.

DE SOUZA, A. P. O. **Abordagens alternativas para estimativa de características de eficiência alimentar em bovinos de corte confinados**. 2021. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

DERNER, J. D.; HUNT, L.; FILHO, K. E.; RITTEN, J.; CAPPER, J.; HAN, G. Livestock production systems. In: **Rangeland systems: Processes, management and challenges**. BRISKE, D. D. (Editor), Chapter 10, Cham: Springer Nature, p. 347-372, 2017.

DONG, Y.; XIE, M.; JIANG, Y.; XIAO, N.; *et al*. Sequencing and automated whole-genome optical mapping of the genome of a domestic goat (*Capra hircus*). **Nature Biotechnology**, v. 31, n. 2, p. 135-141, 2013.

GAO, Z.; LU, Y.; LI, M.; CHONG, Y.; HONG, J.; WU, J.; WU, D.; XI, D.; DENG, W. Application of pan-omics technologies in research on important economic traits for ruminants. International **Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 17, p. 9271, 2024.

GAREWAL, N.; JOON, R.; KAUR, R.; SINGH, K. Genomic Selection. In: **Genotyping by Sequencing for Crop Improvement**. SONAH, H.; GOYAL, V.; SHIVARAJ, S. M.; DESHMUKH, R. K. (Editors), Chapter 7, Wiley, p. 141-160, 2022.

GRÁCIO, M. C. C. Análises relacionais de citação para a identificação de domínios científicos: uma aplicação no campo dos Estudos Métricos da Informação no Brasil. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2020, 252 p.

GRAY, F. V.; PILGRIM, A. F.; WELLER, R. A. Fermentation in the rumen of the sheep. **Journal of Experimental Biology**, v. 28, n. 1, p. 74-82, 1951.

GREELY, H. T. Human genome diversity: What about the other human genome project? **Nature Reviews Genetics**, v. 2, n. 3, p. 222-227, 2001.

HALL, J. B.; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A.; SHORT, R. E.; MOSELEY, W. M.; BELLOWS, S. E. Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 11, p. 3409-3420, 1995.

HESS, M. K.; ZETOUNI, L.; HESS, A. S.; BUDEL, J.; *et al*. Combining host and rumen metagenome profiling for selection in sheep: prediction of methane, feed efficiency, production, and health traits. **Genetics Selection Evolution**, v. 55, n. 1, p. 53, 2023.

HIRSCH, J. E. Does the *h* index have predictive power? **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 49, p. 19193-19198, 2007.

JIANG, Y.; XIE, M.; CHEN, W.; TALBOT, R.; MADDOX, J. F. *et al*. The sheep genome illuminates biology of the rumen and lipid metabolism. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1168-1173, 2014.

JOHNSON, P. L.; HICKEY, S.; KNOWLER, K.; WING, J.; *et al*. Genetic parameters for residual feed intake, methane emissions, and body composition in New Zealand maternal sheep. **Frontiers in Genetics**, v. 13, 2022.

JONES, A.; SMITH, R. O impacto dos custos da alimentação na produção pecuária. **Animal Feed Science and Technology**, v. 265, p. 114-125, 2022.

KHAKBAZAN, M.; OLSON, C. A.; BLOCK, H. C.; LI, C.; BASARAB, J. A. Effects of cow feed efficiency, longevity, heterosis, and lifetime productivity on profitability of heifer selection and cow–calf operations. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 105, p. 1-11, 2024.

KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K. E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, n. 2, p. 486-494, 1963.

KRATTENMACHER, N.; THALLER, G.; TETENS, J. Analysis of the genetic architecture of energy balance and its major determinants dry matter intake and energy-corrected milk yield in primiparous Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3241-3253, 2019.

LI, F.; LI, C.; CHEN, Y.; LIU, J.; ZHANG, C.; IRVING, B.; FITZSIMMONS, C.; PLASTOW, G.; GUAN, L. L. Host genetics influence the rumen microbiota and heritable rumen microbial features associate with feed efficiency in cattle. **Microbiome**, v. 7, n. 1, p. 92, 2019.

LI, J.; GOERLANDT, F.; RENIERS, G. An overview of scientometric mapping for the safety science community: Methods, tools, and framework. **Safety Science**, v. 134, p. 105093, 2021.

LIMA, N. L. L. **Eficiência produtiva em cordeiros classificados pelo consumo alimentar residual (CAR) e consumo e ganho residual (CGR)**. 2016. 132 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

LINDHOLM-PERRY, A. Leveraging the potential of molecular and genetic markers to improve feed efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 101, p. 94-95, 2023.

LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, v. 16, n. 12, p. 317-324, 1926.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998.

MADILINDI, M. A.; ZISHIRI, O. T.; DUBE, B.; BANGA, C. B. Technological advances in genetic improvement of feed efficiency in dairy cattle: A review. **Livestock Science**, v. 258, 2022.

MAGNABOSCO, C. U.; BALDI, F. S.; LOPES, F. B.; SOARES, B. B.; *et al*. **Seleção genética para eficiência alimentar em bovinos de corte**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. 60 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131773/1/Doc-361-magnabosco-web.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2025.

MAKKAR, H. P. S.; ANKERS, P. A need for generating sound quantitative data at national levels for feed-efficient animal production. **Animal Production Science**, v. 54, n. 10, p. 1569, 2014.

MANZANILLA-PECH, C. I. V.; STEPHANSEN, R. B.; DIFFORD, G. F.; LØVENDAHL, P.; LASSEN, J. Selecting for feed efficient cows will help to reduce methane gas emissions. **Frontiers in Genetics**, v. 13, 2022.

MATOS, D. F.; ALVES, M. C. S.; RUZENE, D. S.; BATISTA, M. V. A.; SILVA, D. P. Bioinformática aplicada às ciências ômicas: Uma breve revisão bibliográfica. In: **Tecnologia e Inovação na Agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa**, SOUZA, W. J. O.; SANCHES, A. G. (Org.). Guarujá: Editora Científica Digital, Capítulo 2, p. 23-43, 2023.

MAZOV, N. A.; GUREEV, V. N.; GLINSKIKH, V. N. The methodological basis of defining research trends and fronts. **Scientific and Technical Information Processing**, v. 47, n. 4, p. 221-231, 2020.

MCMANUS, C. M.; NEVES, A. A. B.; MARANHÃO, A. Q. Brazilian publication profiles: Where and how Brazilian authors publish. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, 2020.

MCPARLAND, S.; LEWIS, E.; KENNEDY, E.; MOORE, S. G.; *et al*. Mid-infrared spectrometry of milk as a predictor of energy intake and efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 9, p. 5863-5871, 2014.

MIYUMO, S.; KAHI, A. K.; WASIKE, C. B. Non-genetic sources of variation and temporal variability in growth and feed efficiency traits among phylogenetically distinct clusters of indigenous chicken in Kenya. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 8, p. 1569-1575, 25 2016.

MONTEIRO, H. F.; FIGUEIREDO, C. C.; MION, B.; SANTOS, J. E. P.; *et al*. An artificial intelligence approach of feature engineering and ensemble methods depicts the rumen microbiome contribution to feed efficiency in dairy cows. **Animal Microbiome**, v. 6, n. 1, p. 5, 2024.

MORAL-MUÑOZ, J. A.; HERRERA-VIEDMA, E.; SANTISTEBAN-ESPEJO, A.; COBO, M. J. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. **Profesional de la información**, v. 29, n. 1, e290103, 2020.

NADRI, H. A. P.; BAGHERI, M. Genomic selection and genetic tools to improve fertility traits. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 11, n. 12, p. 236-257, 2022.

NALIMOV, V. V.; MULCHENKO, Z. M. **Measurement of science**: Study of the development of science as an information process. 1971. 110 p.

NUNES, A. T.; FALEIROS, C. A.; POLETI, M. D.; NOVAIS, F. J.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, Y.; MANDAL, R.; WISHART, D. S.; FUKUMASU, H. Unraveling ruminant feed efficiency through metabolomics: A systematic review. **Metabolites**, v. 14, n. 12, p. 675, 2024.

OJO, A. O.; MULIM, H. A.; CAMPOS, G. S.; JUNQUEIRA, V. S.; LEMENAGER, R. P.; SCHOONMAKER, J. P.; OLIVEIRA, H. R. Exploring feed efficiency in beef cattle: From data collection to genetic and nutritional modeling. **Animals**, v. 14, n. 24, p. 3633, 2024.

OLIJHOEK, D. W.; DIFFORD, G. F.; LUND, P.; LØVENDAHL, P. Phenotypic modeling of residual feed intake using physical activity and methane production as energy sinks. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 8, p. 6967-6981, 2020.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I. *et al*. A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, n. 2, e2022107, 2022. Disponível em <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742022000201700&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 30 mai. 2025.

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 126-141, 2019.

PINOTTI, L.; CHELI, F.; GOVONI, C.; RULLI, M. C.; PREMARAJAN, P.; CATTANEO, D. M. I. R. The ‘One Nutrition’ approach: connecting crop production, animal nutrition and human nutrition. **Italian Journal of Animal Science**, v. 24, n. 1, p. 978-987, 2025.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of Documentation**, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

PRYCE, J. E.; WALES, W. J.; DE HAAS, Y.; VEERKAMP, R. F.; HAYES, B. J. Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. **Animal**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2014.

PSZCZOLA, M.; STRABEL, T.; MUCHA, S.; SELL-KUBIAK, E. Genome-wide association identifies methane production level relation to genetic control of digestive tract development in dairy cows. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 15164, 2018.

R Core Team (2024). **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em 30 mai. 2025

RAMOS, P. V. B.; OLIVEIRA MENEZES, G. R.; SILVA, D. A.; LOURENCO, D.; SANTIAGO, G. G.; TORRES JÚNIOR, R. A. A.; SILVA, F. F.; LOPES, P. S.; VERONEZE, R. Genomic analysis of feed efficiency traits in beef cattle using random regression models. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 141, n. 3, p. 291-303, 2024.

RAPIYA, M.; MNDELA, M.; TRUTER, W.; RAMOELO, A. Assessing the economic viability of sustainable pasture and rangeland management practices: A review. **Agriculture**, v. 15, n. 7, p. 690, 2025.

RAUW, W. M.; BAUMGARD, L. H.; DEKKERS, J. C. M. Review: Feed efficiency and metabolic flexibility in livestock. **Animal**, v. 19, n. 1, p. 101376, 2025.

REVERTER, A.; ALEXANDRE, P. A.; LI, Y.; HINE, B. C.; DUFF, C. J.; INGHAM, A. B.; PORTO-NETO, L. R. Genomic prediction accuracy: How low can we go? In: **Proceedings of 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP)**, 2022, The Netherlands. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2022. p. 1396-1399.

RUBAN, S. Y.; DANSHYN, V. O. Feed efficiency of dairy cattle as genetic trait. **The Animal Biology**, v. 26, n. 1, p. 3-10, 2024.

SHOEMAKER, J. K.; SCHRAG, D. P.; MOLINA, M. J.; RAMANATHAN, V. What Role for Short-Lived Climate Pollutants in Mitigation Policy? **Science**, v. 342, n. 6164, p. 1323-1324, 2013.

SILVA NETO, J. B.; MOTA, L. F. M.; AMORIM, S. T.; PERIPOLLI, E.; BRITO, L. F.; MAGNABOSCO, C. U.; BALDI, F. Genotype-by-environment interactions for feed efficiency traits in Nellore cattle based on bi-trait reaction norm models. **Genetics Selection Evolution**, v. 55, n. 1, p. 93, 2023.

SILVA, W. C.; ARAÚJO, L. N.; SILVA, É. B. R.; SOUSA, E. D. V.; GATO, A. P. C.; SILVA, J. A. R. Revisão sistemática e cienciometria da produção de ovos comerciais no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e1399108459, 2020.

SOETANTO, H.; FATCHIYAH, F. Omics Technology for Genetic Selection Towards Feed Efficiency Traits of Indigenous Cattle in Indonesia: A Review. **Jurnal Nutrisi Ternak Tropis**, v. 6, n. 2, p. 113-132, 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ("European Climate Law"). **Official Journal of the European Union**, L 243, PE/27/2021/REV/1, 30 Jun. 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>. Acesso em: 14 jun. 2025.

VINKLER, P. **The evaluation of research by scientometric indicators**. Oxford: Chandos Publishing, 2010.

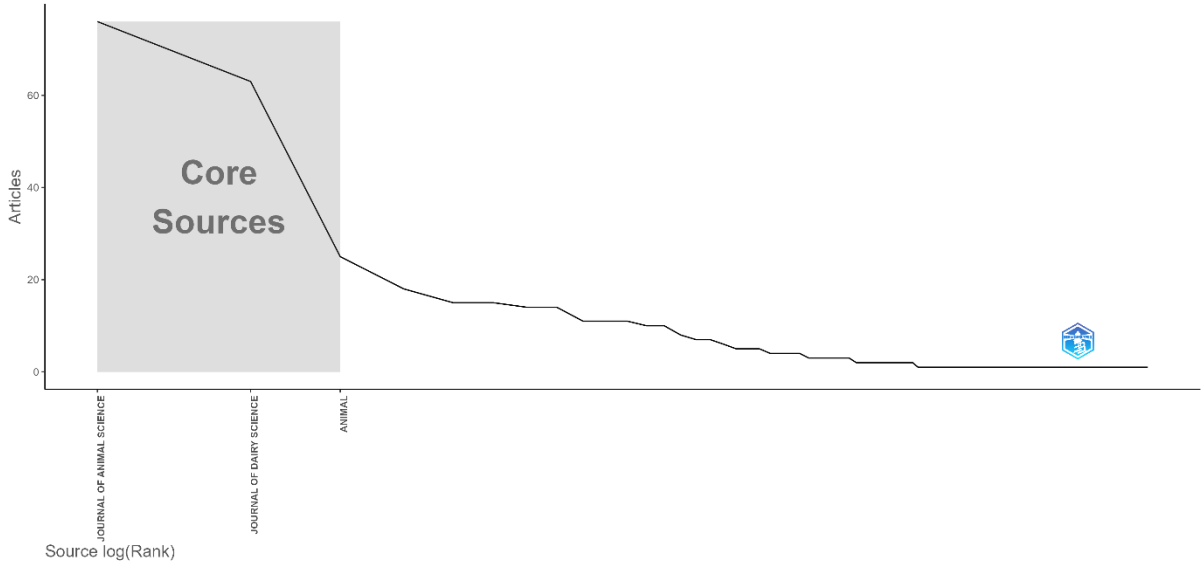
XIAO, D.; MENG, T. Nutritional value evaluation and processing technology of feed and nutrition regulation measures for ruminants. **Animals**, v. 14, n. 21, p. 3153, 2024.

XIE, H.; ZHANG, Y.; WU, Z.; LV, T. A bibliometric analysis on land degradation: Current status, development, and future directions. **Land**, v. 9, n. 1, p. 28, 2020.

YANG, C.; HUANG, Z.; PAN, C.; WANG, S. Characterization of feed efficiency-related key signatures molecular in different cattle breeds. **Plos one**, v. 18, n. 9, p. e0289939, 2023.

ZHANG, L.; GENGLER, N.; DEHARENG, F.; COLINET, F.; FROIDMONT, E.; SOYEURT, H. Can we observe expected behaviors at large and individual scales for feed efficiency-related traits predicted partly from milk mid-infrared spectra? **Animals**, v. 10, n. 5, p. 873, 2020.

ZHANG, Y. K.; ZHANG, X. X.; LI, F. D.; LI, C.; LI, G. Z.; ZHANG, D. Y.; SONG, Q. Z.; LI, X. L.; ZHAO, Y.; WANG, W. M. Characterization of the rumen microbiota and its relationship with residual feed intake in sheep. **Animal**, v. 15, n. 3, p. 100161, 2021.

ZHANG, Z.; ZHANG, Q.; DING, X. Advances in genomic selection in domestic animals. **Chinese Science Bulletin**, v. 56, n. 25, p. 2655-2663, 2011.

APÊNDICE A – Principais periódicos pela Lei de Bradford