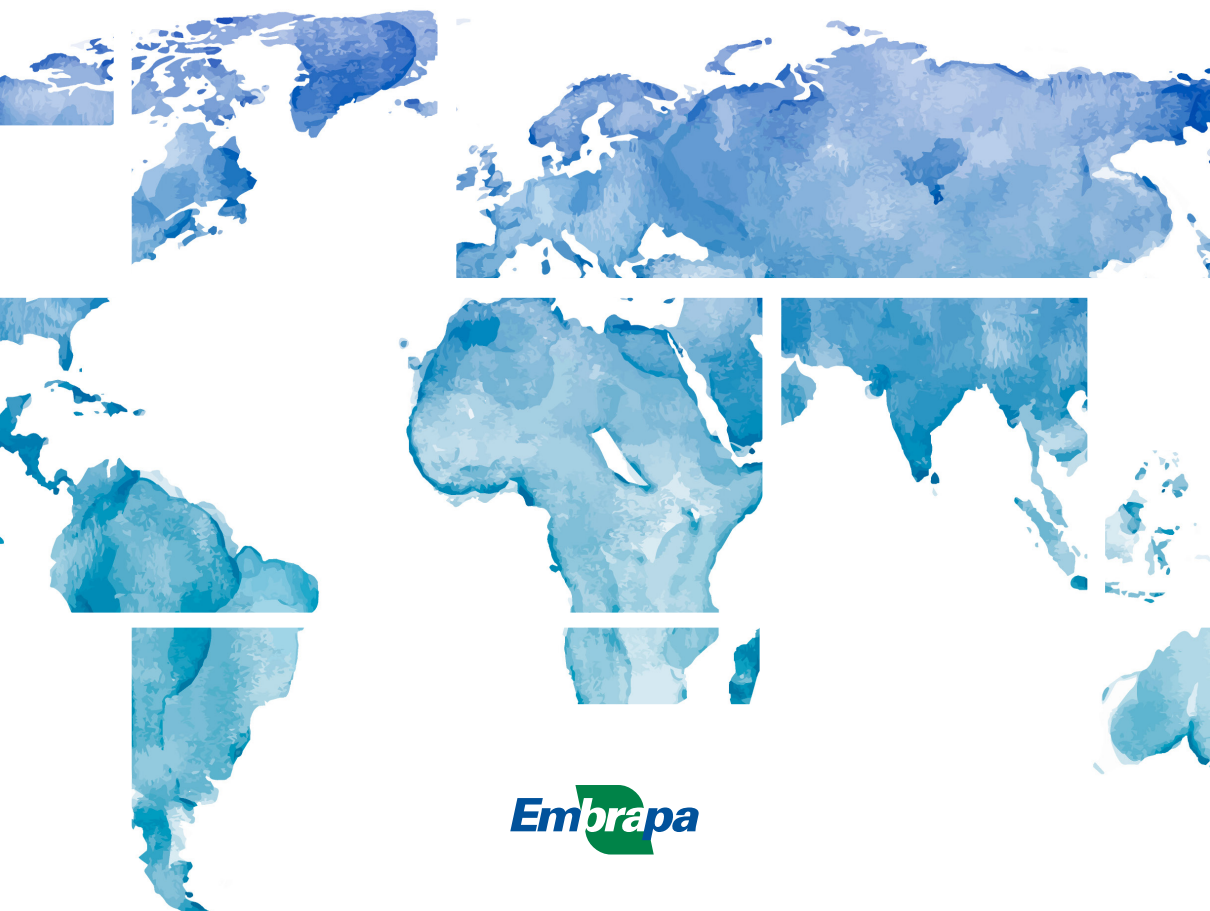




Revisão tecnológica de suplementos enzimáticos para ruminantes

Panorama geral da propriedade intelectual



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroenergia
Ministério da Agricultura e Pecuária**

DOCUMENTOS 52

Revisão tecnológica de suplementos enzimáticos para ruminantes

Panorama geral da propriedade intelectual

*Giovanna Esperidião dos Santos Pereira
Eliane Ferreira Noronha
Dasciana de Sousa Rodrigues
Betulia de Moraes Souto
Melissa Braga
Betania Ferraz Quirino*

Embrapa Agroenergia
Brasília, DF
2023

Embrapa Agroenergia
Parque Estação Biológica (PqEB), s/nº
Ed. Embrapa Agroenergia
Caixa Postal 40315
CEP 70770-901, Brasília, DF
Fone: +55 (61) 3448-1581
Fax: +55 (61) 3448-1589
www.embrapa.br/agroenergia
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroenergia

Presidente
Patrícia Verardi Abdelnur

Secretária-Executiva
Lorena Costa Garcia Calsing

Membros
*Alexandre Nunes Cardoso, Betulia de Moraes
Souto, João Ricardo Moreira de Almeida,
Leonardo Fonseca Valadares, Diogo Keiji
Nakai, Patrícia Abrão de Oliveira Molinari,
Priscila Seixas Sabaini*

Supervisão editorial
Antonio Claudio da Silva Barros

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Galon Arruda

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Maria Goreti Braga dos Santos

Ilustração da capa
Freepik

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroenergia

Revisão tecnológica de suplementos enzimáticos para ruminantes : panorama geral
da propriedade intelectual / Giovanna Esperidião dos Santos Pereira ... [et al.]. –
Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2023.

PDF (20 p.) : il. color. - (Documentos / ISSN 2177-4439 ; 32).

PDF (20 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Agroenergia, ISSN 2177-4439 ; 52).

1. Ruminantes. 2. Suplementação alimentar. I. Pereira, Giovanna Esperidião dos
Santos. II. Série

CDD (21. ed.) 636.085

Autor

Giovanna Esperidião dos Santos Pereira

Biotecnologista, mestre em Ciências Genômicas e Biotecnologia, bolsista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Eliane Ferreira Noronha

Bióloga, doutora em Biologia Molecular, professora da Universidade de Brasília, Laboratório de Enzimologia, Brasília, DF

Dasciana de Sousa Rodrigues

Química industrial, doutora em Engenharia Química, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Betulia de Moraes Souto

Bióloga, mestre em Biologia Molecular, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Melissa Braga

Química, doutora em Tecnologias Química e Biológica, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Betania Ferraz Quirino

Bióloga, Ph.D. em Biologia Celular e Molecular, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Apresentação

A produção animal está diretamente ligada à segurança alimentar, mas, ao mesmo tempo, relaciona-se com questões ambientais importantes, como emissão de gases do efeito estufa (no caso de ruminantes) e desmatamento de biomas para produção de ração e pastagens. Por isso, as pesquisas científicas têm muito a contribuir para solucionar ou minimizar esses problemas. A eficiência na digestão de biomassa vegetal ingerida pelo animal está diretamente relacionada com maior qualidade e produtividade, além da diminuição de gases do efeito estufa.

Os ruminantes não conseguem produzir todas as enzimas necessárias para digerir a biomassa lignocelulósica, rica em polissacarídeos, mas seu rúmen oferece um ambiente robusto para o desenvolvimento de um consórcio complexo microbiano que faz esse trabalho metabólico. A Embrapa tem contribuído com pesquisas voltadas para desenvolvimento de suplementos para alimentação animal, visando à maior digestibilidade da biomassa vegetal e, consequentemente, à diminuição de emissão de metano que ocorre dentro do rúmen. Essas alternativas dialogam com a construção de uma economia circular e sustentável.

Este trabalho explora os bancos de patentes, especificamente as registradas nas categorias de bioinsumos e coquetéis enzimáticos para suplementação alimentar de ruminantes. O panorama geral da propriedade intelectual na área é extremamente promissor, principalmente em países como o Brasil, que possui sua economia muito ligada à produção de insumos agropecuários. Há um cenário receptivo e pouco explorado que possibilita o desenvolvimento de novas patentes.

Trata-se de um incentivo para investimentos nessa área. Além disso, o desenvolvimento dessas tecnologias contribui para a implantação da Agenda 2030 no Brasil. Essa é uma iniciativa coordenada pela Organização das Nações Unidas (ONU) que envolve mais de 190 países, acordada em 2015, e que possui 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O tema apresentado neste trabalho está fortemente alinhado com as metas do ODS 2 – “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” e do ODS 12 – “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”.

Alexandre Alonso Alves
Chefe-Geral da Embrapa Agroenergia

Sumário

Biomassa como fonte renovável de matéria-prima	9
Pesquisa e patenteamento: as principais estratégias	11
Panorama do patenteamento de suplementos enzimáticos para ruminantes.....	11
Aspectos geográficos	13
Evolução dos depósitos de patentes	14
Microrganismos associados	15
Organizações detentoras de patentes	16
Panorama brasileiro no depósito de patentes	16
Áreas tecnológicas de concentração das patentes.....	18
Aplicação de coquetéis enzimáticos na indústria animal e seus benefícios	19
Considerações finais	21
Referências	22

Biomassa como fonte renovável de matéria-prima

A biomassa vegetal exerce um papel crucial no desenvolvimento de tecnologias alternativas voltadas para um crescimento industrial, econômico e social mais sustentável. É a partir da sua desconstrução que se obtêm recursos necessários para a criação de fontes de energias renováveis e/ou produtos que vão ao encontro das preocupações advindas da revolução industrial, por exemplo, drásticas mudanças climáticas, limitação de fonte de energia fóssil e recursos naturais finitos.

No cenário em que vivemos, a biomassa é uma das chaves para o desenvolvimento baseado em uma economia limpa, circular e sustentável (Himmel et al., 2007; Alves, 2015). Ela está presente na parede celular das plantas, é a mais abundante matéria-prima na superfície terrestre e também a principal fonte natural de carbono, podendo ser obtida de árvores, gramíneas, de resíduos florestais ou agroindustriais (Dahmen et al., 2019). A biomassa vegetal é composta por polissacarídeos, como a celulose, a hemicelulose e a pectina, além de ser constituída por macromoléculas de lignina, compostos fenólicos e proteínas estruturais, que não pertencem à classe dos polissacarídeos (Foston; Ragauskas, 2012; Glass et al., 2013).

Apesar da sua abundância, a utilização desse recurso pode ter limitações, em grande parte por causa da recalcitrância das moléculas que compõem a parede celular. A recalcitrância da biomassa varia de acordo com a sua composição, como o teor maior de lignina ou o grau alto de cristalinidade da celulose e polimerização, que dificultam o acesso às moléculas (Méndez-Liter, 2020). Pode-se, ainda, definir a recalcitrância como uma resposta inata contra a desconstrução da estrutura vegetal, mecanismo moldado ao longo do curso da evolução que protege as plantas de herbivoria e ataques de patógenos (Foston; Ragauskas, 2012).

Na natureza, microrganismos e herbívoros também evoluíram e desenvolveram meios para acessar essa vasta fonte de energia. A mais notável forma de desmonte da parede celular é por meio da hidrólise enzimática, ou seja, da quebra da parede celular por enzimas. Fungos e bactérias são amplamente conhecidos por secretarem enzimas lignocelulolíticas que agem de

forma sinérgica na natureza, despolimerizando os principais componentes da parede celular vegetal. Os microrganismos têm sido fontes para a obtenção de coquetéis enzimáticos e outros bioinsumos que atuam na desconstrução da biomassa lignocelulósica. Essa tecnologia pode ser aplicada dentro do contexto das biorrefinarias, que podem ser descritas de maneira ampla como "instalação que integra processos e equipamentos para realizar a conversão de matéria orgânica em energia, produtos químicos e/ou produtos de alto valor agregado" (Berntsson et al., 2013; Lima, 2021; NREL..., 2017). Logo, elas buscam substituir tecnologias defasadas baseadas na energia de origem fóssil por energia verde (Cherubini, 2010; Kumar et al., 2020; Banu et al., 2021).

Uma das formas para identificar as tecnologias resultantes da pesquisa e do desenvolvimento realizados na indústria e na academia, com potencial de se tornarem produtos e processos industriais, é por meio da análise do portfólio de patentes depositadas ou concedidas. Além de descreverem detalhes da tecnologia, os documentos de patentes revelam os atores que estão investindo recursos nesse segmento, os territórios de interesse, os prazos de vigência da proteção, as tecnologias em domínio público, entre outras informações estratégicas, imprescindíveis para os profissionais direta ou indiretamente envolvidos com ciência e tecnologia.

O Brasil se destaca internacionalmente pelo tamanho do seu rebanho comercial. Na área de nutrição animal, existe a prática de se utilizar insumos biológicos, como coquetéis enzimáticos, capazes de modificar positivamente os processos digestivos dos animais, de forma a promover a produtividade e a saúde animal. Assim, o foco deste trabalho foi explorar bancos de patentes, especificamente o portfólio de patentes que se enquadra nas categorias de bioinsumos e coquetéis enzimáticos para ruminantes, com interesse maior na bovinocultura (criação de gado), além da revisão bibliográfica de trabalhos que relatam a suplementação enzimática na alimentação de ruminantes e seus benefícios.

Pesquisa e patenteamento: as principais estratégias

A patenteabilidade de produtos no Brasil depende do atendimento aos requisitos dispostos na Lei de Propriedade Industrial (LPI) nº 9.279/96 (Brasil, 1996), a saber, a novidade, a atividade inventiva e a aplicação industrial. No caso de coquetéis enzimáticos provenientes de microrganismos geneticamente modificados, entre os componentes que são passíveis de proteção patentária, estão o microrganismo usado como chassi para a produção do extrato enzimático, o processo de produção do coquetel enzimático, as enzimas acessórias adicionadas e a formulação (ou composição) do coquetel enzimático. Vale lembrar que, segundo o art. 18, inciso III, da LPI, no Brasil, não é permitido patentear microrganismos tais quais extraídos da natureza.

Assim, tão logo a tecnologia seja desenvolvida e a instituição tenha como estratégia o patenteamento, é necessária a realização de análise de anterioridade e patenteabilidade, que envolve busca em bases de patentes nacionais e internacionais e avaliação dos documentos recuperados. Constatado o atendimento aos requisitos estabelecidos em lei, segue-se o processo de depósito da patente no órgão competente, via os mecanismos disponíveis para a proteção. Sendo identificado algum documento conflitante, o interessado deverá rever sua estratégia para buscar o retorno econômico do investimento feito na pesquisa.

Ainda que a estratégia do desenvolvedor não envolva o patenteamento, a análise de patentes vigentes no território onde se pretende explorar a tecnologia desenvolvida é relevante para avaliar a liberdade de uso, ou seja, avaliar possíveis infrações a direito dos outros, no caso da existência de patentes conflitantes com a tecnologia desenvolvida.

Panorama do patenteamento de suplementos enzimáticos para ruminantes

Neste trabalho, a busca de patentes relacionadas a suplementos enzimáticos para ruminantes foi feita na base de dados *Derwent Innovation Index* (DII)

(Clarivate). Essa base foi escolhida por ser de abrangência internacional, agrupar os documentos por família de patentes e ser de fácil manuseio.

A busca foi feita na data de 7 de julho de 2023, abrangendo como escopo todo o período temporal disponibilizado pela base (1966 a 2023), empregando as Classificações Internacionais de Patente (CIP) específicas para o objeto de pesquisa deste documento. Especificamente, a estratégia utilizada associou as enzimas como fatores alimentares acessórios para produtos substanciais para animais (CIP A23K-020/189) a produtos alimentícios especialmente adaptados para ruminantes (CIP A23K-050/10). De modo a excluir fatores alimentícios destinados a outros animais, os documentos contendo as CIP A23K-050/15, A23K-050/20, A23K-050/30, A23K-050/40, A23K-050/42, A23K050/45, A23K-050/48, A23K-050/50, A23K-050/60, A23K-050/70, A23K-050/75, A23K-050/80, A23K-050/90 foram descartados.

Para recuperar os documentos de patentes de interesse, as CIP relevantes foram organizadas com operadores booleanos no campo de busca da base de dados da seguinte forma: (A23K-020/189 AND A23K-050/10) NOT (A23K-050/15 OR A23K050/20 OR A23K-050/30 OR A23K-050/40 OR A23K-050/42 OR A23K-050/45 OR A23K-050/48 OR A23K-050/50 OR A23K-050/60 OR A23K-050/70 OR A23K-050/75 OR A23K-050/80 OR A23K-050/90). A busca foi realizada filtrando ainda os tópicos de suplementação alimentar para ruminantes, excluindo outras espécies de animais.

Por meio dessa estratégia, foram identificadas 445 famílias de patentes, cujos títulos e resumos foram analisados individualmente. Essa triagem individual resultou na identificação em 97 famílias, cujos temas estavam relacionados de fato com a questão de microrganismos para a produção de alimentos para ruminantes.

Essas famílias foram analisadas utilizando o programa *VantagePoint*® que permitiu identificar os seguintes aspectos: a) geográficos (países onde a patente surgiu e foi depositada); b) evolução dos depósitos de patentes ao longo dos anos; c) microrganismos associados aos processos identificados; d) organizações depositantes ou titulares de patentes; e) pedidos depositados ou patentes concedidas no território brasileiro; e f) áreas tecnológicas de concentração de patentes.

Aspectos geográficos

No que se refere aos aspectos territoriais, existem cinco países e o Escritório Europeu de patentes como potências de prioridade na área. A China possui o maior número de patentes registradas encontradas, 59 no total. Brasil, Canadá, Estados Unidos da América e o Escritório Europeu de Patentes (EP) contam com duas patentes cada. A Dinamarca tem apenas uma patente (Figura 1). O aspecto muda um pouco quando se fala a respeito de países ou organizações que estão inseridos em alguma família de patentes. Nesse caso, há a adição de países como Austrália e Índia, com duas famílias registradas, e a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO), com quatro patentes. África do Sul, Argentina, Japão, México e Rússia também aparecem nesse cenário, contando com a inserção em uma família cada. As nações citadas no tópico sobre a prevalência no número de patentes registradas se mantêm com o mesmo número em relação à quantidade de famílias em que estão inseridas (Figura 2).



Figura 1. Principais nações detentoras de patentes, segundo a pesquisa realizada. Em azul, países e organizações que possuem duas patentes registradas. Em azul-claro, a Dinamarca, com apenas uma patente registrada. Por fim, a China, representada pela cor azul intensa, detendo 59 patentes até a data em questão.

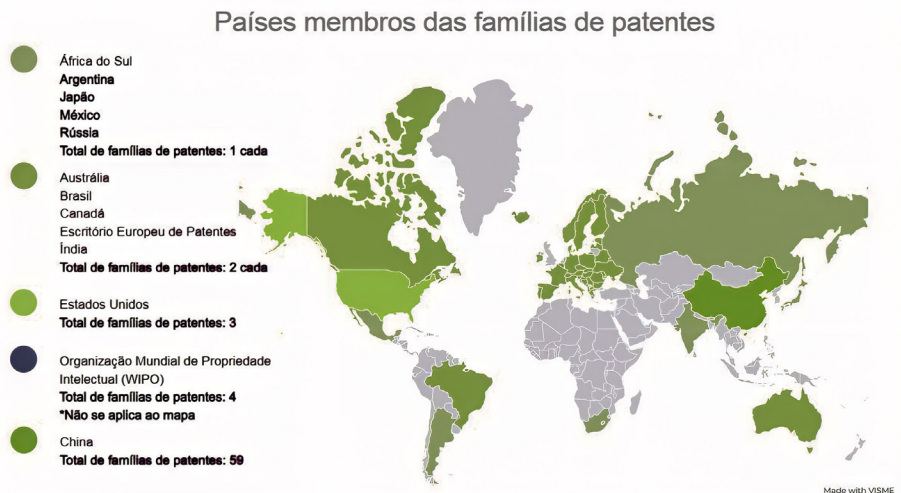


Figura 2. Países e organizações pertencentes a famílias de patentes, segundo a pesquisa realizada. Nota-se uma grande quantidade de famílias no continente asiático, principalmente na China.

Evolução dos depósitos de patentes

A Figura 3 mostra que o número de famílias de patentes na área vem crescendo ao longo dos anos, porém é necessário analisar com cautela os números mais recentes (2021 e 2023). Nesses anos em especial, a quantidade de patentes é menor, pois existe um prazo de 18 meses antes que elas possam ser publicadas nos bancos de dados aqui citados (período de sigilo). Além disso, deve-se considerar que a pesquisa foi feita no início do segundo semestre de 2023, além do tempo de sigilo. É possível observar que, a partir de 2015, houve um aumento no pedido de patentes. Sobre esse fato, a hipótese levantada é de que pesquisas e produtos na área começaram a ser desenvolvidos com mais intensidade.

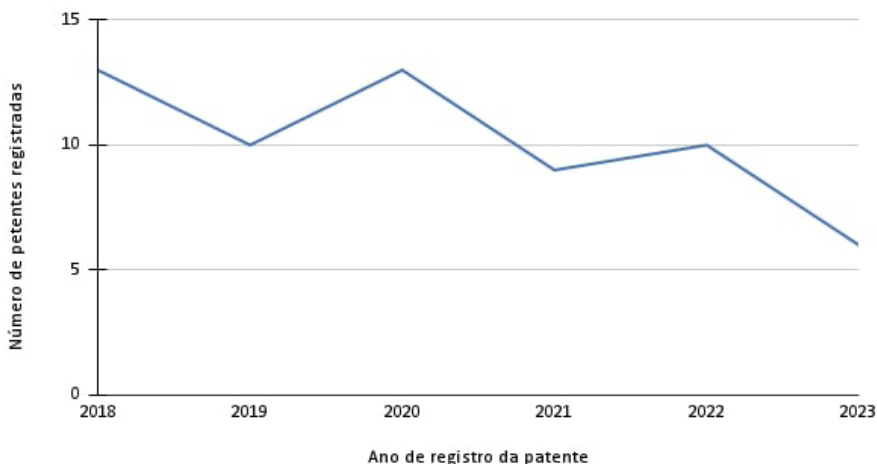


Figura 3. Número de patentes registradas desde o início de 2018 até os tempos atuais. É possível observar um aumento considerável entre 2018 e 2020, mas um decréscimo a partir dos anos seguintes.

Microrganismos associados

Os suplementos alimentares são compostos principalmente pelo isolado enzimático obtido de microrganismos, como bactérias, fungos filamentosos e leveduras. As leveduras e bactérias são normalmente aplicadas como probióticos e, além das enzimas, são adicionadas aos suplementos, juntamente com vitaminas, óleos e sais, em diferentes tipos de forragens ou rações. Em algumas famílias de patentes de origem chinesa, houve a aplicação da medicina natural herbal do país asiático. Os suplementos alimentares variam também na forma de aplicação, podendo ser ingeridos em forma líquida, seca (suplemento liofilizado adicionado ao tipo de dieta ingerida) ou até mesmo em forma de "tijolos" ou blocos feitos exclusivamente para lambertura dos animais.

Organizações detentoras de patentes

Entre as patentes analisadas, nota-se que a grande maioria delas está registrada por pessoas físicas ou instituições com apenas uma patente, que juntas totalizam 63. As que não estão sob esse domínio, estão concentradas na

Ásia, especificamente na China, como no Instituto de Agricultura Subtropical pertencente à Academia Chinesa de Ciências, da província de Hunan, em Changsha, e na empresa Companhia Industrial Weifang Yourong Co., Ltd., localizada na cidade homônima. Ambas as instituições possuem duas patentes e são parcerias estatais com iniciativas privadas.

Panorama brasileiro no depósito de patentes

Nesta pesquisa, apenas cinco documentos de patentes foram registrados em território nacional, porém nenhuma está vinculada a uma instituição brasileira (Tabela 1).

Tabela 1. Documentos de patentes depositados em território brasileiro e as respectivas organizações detentoras.

Título da tecnologia	Título original	Organização detentora da patente	Código e situação no Brasil
Melhoramento no ganho de peso, produção de leite e/ou taxa de conversão de alimento em animais da subfamília Bovinae, por intermédio da administração de carboidrase combinada com uma mistura de compostos de óleo essencial incluindo timol, eugenol e meta-cresol	<i>Improving weight gain, milk yield and/or feed conversion ratio of animals of subfamily Bovinae, by administering carbohydrase in combination with mixture of essential oil compounds including thymol, eugenol and metacresol to animal</i>	Koninklijke DSM N.V. – Dsm Intellectual Property Assets Management	BR10201500323 Concedida

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Título da tecnologia	Título original	Organização detentora da patente	Código e situação no Brasil
Composição enzimática útil como aditivo alimentar para ruminantes melhorando crescimento e produção de leite utilizando substrato fermentado	<i>Enzyme composition useful in additive for preparing premix and food composition for feeding ruminants improving growth performance, and increasing milk production in ruminant, comprises fermented substrate</i>	Etab Soufflet J.	BR112016014951 Arquivada (em domínio público)
Aumento na digestibilidade de amido e rendimento de glicose em ruminantes envolvendo a adição de hidrolase alfa-1,4 ou 1,6-glicosídeo como aditivo alimentar em que as hidrolases atuam em conjunto com as enzimas digestivas presentes no rúmen	<i>Increasing starch digestibility and glucose yield in ruminant involves adding alpha-1,4 or 1,6 glycoside hydrolase as feed additive to ruminant feed in which hydrolase works with digestive enzymes present in digestive chambers of ruminant</i>	DuPont de Nemours, Inc.	BR112019005639 Em análise

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Título da tecnologia	Título original	Organização detentora da patente	Código e situação no Brasil
Composição alimentícia para ruminantes, suplemento alimentar para ruminantes, aditivo alimentar para ruminantes contendo muramidases para melhora na produção de leite	<i>Ruminant feed composition, such as ruminant feed ruminant feed supplement, or ruminant feed additive, for improving Energy Corrected Milk production of a ruminant comprises muramidases</i>	Novozymes A/S	BR112020018166 Em análise
Novo polipeptídeo de glicanase recombinante com aplicação no processamento alimentício, aditivo alimentar animal, preparação de biocombustíveis e fermentação	<i>New isolated recombinant glucanase polypeptide, useful in e.g., pulp treatment, food processing, animal feeds, preparing dough, preparing fuel products, and in brewing</i>	Diversa Corporation Verenium Corporation Syngenta Group BP Corp North America Inc. BASF Enzymes LLC.	BR200412279 Arquivada (em domínio público)

Áreas tecnológicas de concentração das patentes

As patentes encontradas concentram-se em seis grandes áreas: Setor alimentício: ciências alimentícias e suas tecnologias; Biotecnologia; Ciências Biológicas; Química: orgânica e inorgânica; e Indústria farmacêutica (Figura 4). Algumas áreas não aparecem no gráfico, mas são importantes na construção desses coquetéis enzimáticos, como a Microbiologia aplicada, a Agricultura e a Pecuária. As áreas relacionadas ao Setor alimentício e à Biotecnologia se destacam pelo maior número de trabalhos encontrados (Figura 4).

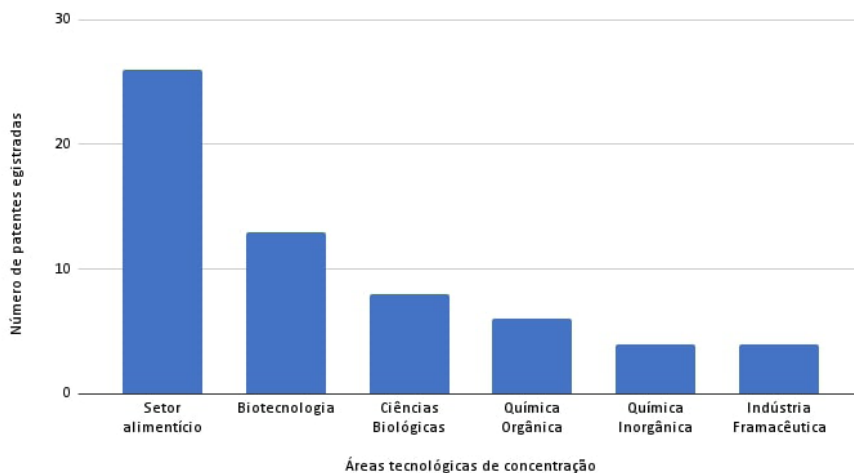


Figura 4. Principais áreas de concentração das patentes analisadas. Elas estão principalmente associadas a setores como o de alimentos, à biotecnologia e suas áreas correlatas e às ciências biológicas.

Aplicação de coquetéis enzimáticos na indústria animal e seus benefícios

Sabe-se que as enzimas desempenham um papel vital nos organismos vivos, participando na execução de funções biológicas cruciais que, em seu conjunto, contribuem para a manutenção da vida em todos os níveis tróficos. Além disso, são utilizadas na produção de alimentos e bebidas desde os primórdios do homem. A modernização da sociedade trouxe consigo o desenvolvimento científico e as enzimas se tornaram ferramentas importantíssimas para que esse avanço pudesse acontecer. Atualmente, elas são amplamente utilizadas industrialmente, e uma área promissora é a produção de enzimas ou compostos enzimáticos que facilitem a digestão do alimento ingerido por animais, em especial, ruminantes. Por causa do aumento da população mundial, a insegurança alimentar é um problema cada vez mais palpável e faz-se necessária a criação de alternativas para uma alimentação mais efetiva de animais e humanos. Assim, os complementos alimentares para animais surgem como uma das alternativas que dialogam com a construção de uma economia circular e sustentável (Jihene et al., 2022; Plouhinec et al., 2023). Há registro na literatura de que aditivos enzimáticos alimentares para rumi-

nantes começaram a ser usados na década de 1960 (Burroughs et al., 1960). O rúmen é um sistema para a digestão, sendo moldado ao longo do curso da evolução para usar biomassa fibrosa, composta por celulose, hemicelulose, lignina e pectina, além do amido. Entretanto, essas moléculas no alimento ingerido pelos animais são de difícil digestão, afetando diretamente a nutrição do animal e a produção de mercadorias derivadas, como carne e leite (Jihene et al., 2022; Savela et al., 2022; Plouhinec et al., 2023).

Em Hatfield et al. (1999), os autores postulam que menos de 50% da pastagem ingerida pelo gado é, de fato, consumida e utilizada como fonte de energia pelos animais. Em Ribeiro et al. (2016), também é afirmado que raramente a microbiota ruminal consegue digerir os diversos componentes da parede celular completamente, e tal fato também é corroborado por estudos mais recentes como o de Savela et al. (2022). A especificidade enzimática presente no rúmen também pode variar de acordo com os diferentes arranjos que a parede celular pode assumir (Azzaz et al., 2021).

A partir da premissa apresentada, nasce a necessidade de suplementar essa alimentação com enzimas exógenas e combiná-las (caso necessário) como ferramenta de melhoria da digestão e nutrição desses animais, por meio de coquetéis enzimáticos. Os benefícios que os aditivos enzimáticos têm apresentado nos animais são melhora na produção e no rendimento do leite e diminuição de gordura (Savela et al., 2022); maior capacidade de digestão de fibras e disponibilidade de nutrientes; ganho de peso (Kholif et al., 2018; Jihene et al., 2022; Savela et al. 2022; Plouhinec et al., 2023); maior eficiência do processo fermentativo no rúmen (Mendowski et al., 2020); menor utilização de antibióticos e modulação da microbiota intestinal na diminuição de inflamações (Plouhinec et al., 2023); menor gasto de energia (Savela et al., 2022); e diminuição na produção de gás metano entérico (Vallejo-Hernández et al., 2018).

Bhasker et al. (2012), pesquisando ovelhas, registraram as seguintes melhorias: maior digestibilidade, conservação do fluido ruminal e despolimerização de compostos recalcitrantes, como lignina, que incentivou o crescimento microbiano pela maior disponibilidade de açúcares. Todos os aumentos foram notados sob suplementação de celulasas e xilanasas, porém o rebanho não apresentou ganho de peso. Búfalos mostraram uma melhora na ingestão de massa seca e, conseqüentemente, uma evolução na digestão e uma produ-

ção de leite vantajosa e com maior presença de ácidos graxos considerados saudáveis (Morsy et al., 2016; Azzaz et al., 2021).

Considerações finais

Em sua grande maioria, as patentes relacionadas à suplementação alimentar fazem uso de enzimas exógenas, que agem em diversos aspectos de interesse econômico, por exemplo, a melhora da digestibilidade da biomassa consumida, a produção maior de leite com baixo teor de gordura, a melhora na saúde do animal (relacionada à melhora da imunidade), a redução na emissão de gases do efeito estufa e a engorda sem maior consumo de alimento em animais de corte. Dentre as enzimas utilizadas, podem ser citadas celulases, xilanases, glicosidases, fitases, lipases, pectinases e amilases.

Assim, não existe um único microrganismo específico usado para a extração de enzimas de interesse, mas pode-se dizer que a maioria dos coquetéis desenvolvidos utiliza enzimas fibrolíticas secretadas por fungos filamentosos. A diversidade do reino Fungi é vasta, o que acarreta em uma gama de possibilidades e combinações de diversas enzimas de interesse.

Entre os ruminantes mais citados nos documentos de patentes, estão bovinos, principalmente vacas leiteiras, cabras, ovelhas e, em menor quantidade, búfalos, camelos e veados.

O panorama geral da propriedade intelectual na área é extremamente incipiente. Assim, essa é uma área muito promissora para desenvolvimento de novas pesquisas e depósitos de novas patentes, principalmente em países como o Brasil, que possui sua economia muito ligada à produção agropecuária. A continuidade de pesquisas na área é essencial para a garantia da segurança alimentar para novas gerações e para a manutenção da economia circular mundial.

Referências

ALVES, A. S. da C. **Desconstrução enzimática da biomassa celulósica residual**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) - Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, Lisboa.

- AZZAZ, H. H.; ABD ELTAWAB, A. M.; KHATTAB, M. S. A.; SZUMACHER-STRABEL, M.; CIESLAK, A.; MURAD, H. A.; KIEŁBOWICZ, M.; EL-SHERBINY, M. Effect of cellulase enzyme produced from *Penicillium chrysogenum* on the milk production, composition, amino acid, and fatty acid profiles of Egyptian buffaloes fed a high-forage diet. **Animals**, v. 11, n. 11, p. 3066, 2021.
- BANU, J. R.; PREETHI; KAVITHA, S; TYAGI, V. K.; GUNASEKARAN, M.; KARTHKEYAN, O. P.; KUMAR, G. Lignocellulosic biomass based biorefinery: a successful platform towards circular bioeconomy. **Fuel**, v. 302, article 121086, 2021.
- BERNTSSON, T.; SANDÉN, B.; OLSSON, L.; ÅSBLAD, A. What is a biorefinery? In: SANDÉN, B.; PETTERSSON, K.; **Systems perspectives on biorefineries**. Gothenburg: Chalmers University of Technology, 2013. p. 18-29.
- BHASKER, T. V.; NAGALAKSHMI, D.; RAO, D. S. Development of appropriate fibrolytic enzyme combination for maize stover and its effect on rumen fermentation in sheep. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 7, p. 945-951, 2013.
- BURROUGHES, W.; WALTER WOODS, S. A.; EWING, J. G., THEURER, B. Enzyme additions to fattening cattle rations. **Journal of Animal Science**, v. 19, n. 2, p. 458-464, 1960.
- BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 maio 1996.
- DAHMEN, N.; LEWANDOWSKI, I.; ZIBEK, S.; WEIDTMANN, A. Integrated lignocellulosic value chains in a growing bioeconomy: status quo and perspectives. **Gcb Bioenergy**, v. 11, n. 1, p. 107-117, 2019.
- FOSTON, M.; RAGAUSKAS, A. J. Biomass characterization: recent progress in understanding biomass recalcitrance. **Industrial Biotechnology**, v. 8, n. 4, p. 191-208, 2012.
- GLASS, N. L.; SCHMOLL, M.; CATE, J. H. D.; CORADETTI, S. Plant cell wall deconstruction by ascomycete fungi. **Annual Review of Microbiology**, v. 67, p. 477-498, 2013.
- HATFIELD, R. D.; RALPH, J.; GRABBER, J. H. Cell wall structural foundations: Molecular basis for improving forage digestibilities. **Crop Science**, v. 39, n. 1, p. 27-37, 1999.
- HIMMEL, M. E.; DING, S.-Y.; JOHNSON, D. K.; ADNEY, W. S.; NIMLOS, M. R.; BRADY, J. W.; FOUST, T. D. Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production. **Science**, v. 315, n. 5813, p. 804-807, 2007.
- JIHENE, J.; KHALIL, A.; SAMIA, B. S.; HELA, Y.; ATEF, M.; JAMEL, R.; MOHAMED, K. Effect of fibrolytic enzyme supplementation of urea-treated wheat straw on nutrient intake, digestion, growth performance, and blood parameters of growing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 217, Article 106840, 2022.
- KUMAR, A.; ARORA, P. K. Biotechnological applications of manganese peroxidases for sustainable management. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, Article 875157, 2022.
- LIMA, C. de A. **Biorrefinaria de resíduo cítrico visando a obtenção de corantes naturais microbianos para aplicação industrial**. 2021. 35 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara.
- MENDOWSKI, S.; CHAPOUTOT, P.; CHESNEAU, G.; FERLAY, A.; ENJALBERT, F.; CANTALAPIEDRA-HIJAR, G.; GERMAIN, A., NOZIÈRE, P. Effects of pretreatment with

reducing sugars or an enzymatic cocktail before extrusion of fava bean on nitrogen metabolism and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 1, p. 396-409, 2020.

MÉNDEZ-LÍTER, J. A. **Estudio funcional de las Beta Glucosidasas del hongo *Talaromyces amestolkiae*: aplicaciones biotecnológicas y diseño racional de catalisadores**. 2020. 306 f. Tese (Doutorado em Microbiologia e Parasitologia) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

MORSY, T. A.; KHOLIF, A. E.; KHOLIF, S. M.; KHOLIF, A. M.; SUN, X.; SALEM, A. Z. M. Effects of two enzyme feed additives on digestion and milk production in lactating Egyptian buffaloes. **Annals of Animal Science**, v. 16, n. 1, p. 209-222, 2016.

NREL Biomass Research. Disponível em: <https://search4.nrel.gov/taxis/search/?pr=metanrel&query=biorefinery>. Acesso em: 10 fev. 2023.

PLOUHINEC, L.; NEUGNOT, V.; LAFOND, M; BERRIN, J.-G.. Carbohydrate-active enzymes in animal feed. **Biotechnology Advances**, v. 65, article 108145, 2022.

SAVELA, M. F. B.; NOSCHANG, J. P.; BARBOSA, A. A.; FEIJÓ, J. de O.; RABASSA, V. R.; SCHMITT, E.; PINO, F. A. B. D.; CORRÊA, M. N.; BRAUNER, C. C. Supplementation of a dried, fungal fermentation product with fibrolytic enzymatic activity in the diet of dairy cows on feeding behavior, metabolic profile, milk yield, and milk composition. **Livestock Science**, v. 260, article 104945, 2022.

VALLEJO-HERNÁNDEZ, L. H.; ELGHANDOUR, M. M. Y.; GREINER, R.; ANELE, U. Y.; RIVAS CÁCERES, R. R.; BARROS-RODRÍGUES, M.; ABDELFATTAH, Z. M. Environmental impact of yeast and exogenous xylanase on mitigating carbon dioxide and enteric methane production in ruminants. **Journal of cleaner production**, v. 189, p. 40-46, 2018.

Embrapa

Agroenergia

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL

UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 18340