

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

A alimentação representa um dos principais custos na pecuária de corte, incentivando a busca por alternativas nutricionais mais acessíveis e sustentáveis. Nesse contexto, o uso de subprodutos agroindustriais surge como uma estratégia promissora para reduzir gastos, diversificar fontes de nutrientes e promover o reaproveitamento de resíduos. Esta revisão de literatura teve como objetivo analisar o potencial nutricional e zootécnico de quatro coprodutos amplamente disponíveis no Brasil: casca de soja, caroço de algodão, bagaço de cana-de-açúcar e polpa cítrica. A casca de soja destaca-se como fonte de fibra digestível e energia, especialmente na forma peletizada. O caroço de algodão é um ingrediente híbrido, rico em energia, proteína e fibra efetiva, mas com restrições relacionadas ao teor de lipídios e à presença de gossypol. O bagaço de cana, embora tenha baixa digestibilidade, apresenta potencial após tratamento físico com vapor, podendo ser utilizado em níveis significativos em dietas balanceadas. Já a polpa cítrica, rica em pectina e com alto valor energético, mostrou-se eficiente na substituição parcial ou total do milho em dietas de confinamento. Apesar dos benefícios, o uso desses subprodutos requer manejo adequado, análise nutricional e atenção a limites de inclusão, a fim de evitar efeitos adversos. Conclui-se que os subprodutos agroindustriais, quando utilizados de forma técnica e criteriosa, representam alternativas viáveis para tornar os sistemas de produção de bovinos de corte mais eficientes e sustentáveis.

Palavras-chave: nutrição animal; coprodutos; sustentabilidade; ruminantes; desempenho zootécnico

Uso de subprodutos agroindustriais na alimentação de bovinos de corte – uma revisão

Nutrição animal; coprodutos; sustentabilidade; ruminantes; desempenho zootécnico.

Yasmin Santos Vidal^{1*}

Tâmara Gabriely Novaes Rodrigues¹

Jullia Angelin Latalisa²

Iara Rodrigues da Silva Teixeira¹

Gutemberg Gama Neiva Santos¹

¹ Graduanda (o) em Medicina Veterinária, Universidade do Estado da Bahia – UNEB. *E-mail: yasminvidal55@gmail.com.

² Graduanda em Medicina Veterinária pela UNEB / (Universidade do Estado da Bahia/ campus IX).

USE OF AGRO-INDUSTRIAL BY-PRODUCTS IN BEEF CATTLE FEEDING – A REVIEW

ABSTRACT

Feed costs represent one of the main expenses in beef cattle production, encouraging the search for more accessible and sustainable nutritional alternatives. In this context, the use of agro-industrial by-products emerges as a promising strategy to reduce costs, diversify nutrient sources, and promote waste reutilization. This literature review aimed to analyze the nutritional and productive potential of four widely available by-products in Brazil: soybean hulls, cottonseed, sugarcane bagasse, and citrus pulp. Soybean hulls stand out as a source of digestible fiber and energy, especially in pelleted form. Cottonseed is a hybrid ingredient, rich in energy, protein, and effective fiber, although limited by its lipid content and the presence of gossypol. Sugarcane bagasse, despite its low digestibility, shows potential after physical treatment with steam, allowing for significant inclusion levels in balanced diets. Citrus pulp, high in pectin and with a high energy value, proved efficient in partially or completely replacing corn in feedlot diets. Despite their benefits, the use of these by-products requires proper handling, nutritional analysis, and attention to inclusion limits to avoid adverse effects. It is concluded that agro-industrial by-products, when used in a technical and cautious manner, represent viable alternatives to improve the efficiency and sustainability of beef cattle production systems.

Keyword: animal nutrition; by-products; sustainability; ruminants; productive performance.

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte enfrenta, nas últimas décadas, o desafio de aliar produtividade, sustentabilidade e viabilidade econômica. Nesse contexto, a alimentação dos bovinos representa um dos principais componentes do custo de produção, incentivando a busca por alternativas que reduzam despesas sem comprometer o desempenho animal. Uma das estratégias que tem ganhado destaque é o uso de subprodutos agroindustriais na formulação de dietas para bovinos de corte.

Os subprodutos agroindustriais são resíduos ou coprodutos originados do processamento de alimentos na indústria agrícola, como a moagem de grãos, extração de óleos, fabricação de bebidas, produção de açúcar, entre outros. Embora tradicionalmente considerados como resíduos, esses materiais frequentemente possuem significativo valor nutricional, podendo contribuir com energia, proteína, fibra e minerais na dieta dos ruminantes (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Além de representar uma alternativa mais acessível em comparação a ingredientes convencionais como milho e farelo de soja, o uso desses subprodutos também se alinha aos princípios da sustentabilidade e da economia circular. Ao promover o reaproveitamento de resíduos que, de outra forma, poderiam causar impactos ambientais, essa prática favorece a eficiência dos sistemas produtivos e reforça o compromisso da pecuária com a redução de desperdícios (COSTA *et al.*, 2021).

Entretanto, para que essa estratégia seja segura e eficaz, é fundamental que os subprodutos sejam devidamente caracterizados quanto ao seu valor nutricional, riscos sanitários e limitações de uso. Assim, compreender o potencial e os cuidados necessários no uso de subprodutos agroindustriais torna-se essencial para técnicos, produtores e formuladores de dietas voltados à bovinocultura de corte.

Este artigo teve como objetivo identificar as informações mais atualizadas sobre uso de subprodutos agroindustriais na alimentação de bovinos de corte, considerando quatro subprodutos:

casca de soja, caroço de algodão, bagaço de cana e polpa cítrica.

USO DE CASCA DE SOJA

A casca de soja é um subproduto originado no processo de moagem do grão para extração de óleo. Após a ruptura e concentração do endosperma, a casca sofre tostagem para inativação da urease e passa por peneiramento e filtragem, gerando um material seco, com teor de umidade inferior a 13 %, e submetido à moagem ou peletização (West Virginia University, 2024). Representa aproximadamente 5 % do peso do grão (FERRER CRUZ *et al.*, 2019), sendo obtida em grandes volumes pelas agroindústrias.

Nesse sentido, a secagem e tostagem são etapas críticas em que eliminam enzimas e microrganismos, garantindo higiene e estabilidade do produto (West Virginia University, 2024). De acordo com Belasco *et al.* (2022), esse processo térmico não afeta significativamente o valor nutricional, mas reduz perdas por deterioração.

Após o processamento, a casca de soja pode ser comercializada predominantemente em duas formas: farelada ou peletizada. A peletização, além de conferir maior densidade ao produto, promove homogeneidade entre os lotes e facilita a mistura com outros ingredientes, sem alterar significativamente os teores de fibra ou proteína. A forma farelada é composta por partículas leves e de baixa densidade, o que aumenta o risco de segregação e perdas por poeira durante o manuseio (West Virginia University, 2024). Por outro lado, a forma peletizada, obtida por meio da compactação do material moído, resulta em um produto mais denso, estável e de manejo facilitado (West Virginia University, 2024).

Importante destacar que o processo de peletização não acarreta perdas nos principais nutrientes, como proteína bruta, fibra e energia, que permanecem preservados. Tal característica favorece a aceitação do produto pelos animais e contribui para a redução do desperdício (FERRER CRUZ *et al.*, 2019). Ademais, o formato peletizado oferece vantagens logísticas, como menor volume necessário para transporte e maior padronização dos lotes.

Entretanto, a produção de pellets demanda infraestrutura específica ou, alternativamente, a aquisição de produto já industrializado, o que pode elevar o custo final. Assim, a escolha entre as formas de apresentação deve considerar fatores como o perfil produtivo da propriedade, os custos logísticos envolvidos e a disponibilidade local do produto (FEEDIPEDIA, 2025).

De acordo com dados da extensão da West Virginia University (2024), a casca de soja, em base seca, apresenta aproximadamente 11 % de proteína bruta, 67 % de fibra em detergente neutro (FDN) e 50 % de fibra em detergente ácido (FDA), com teores de lignina inferiores a 3 %. Essa composição confere ao subproduto elevada digestibilidade ruminal, frequentemente superior a 75 % (FEEDIPEDIA, 2025).

A casca de soja favorece a produção de ácidos graxos voláteis, especialmente acetato e propionato, que são fundamentais para a manutenção do pH ruminal e a síntese de gordura corporal (REZENDE *et al.*, 2018). Seu valor energético, com teor de nutrientes digestíveis totais (TDN) variando entre 67 % e 78 %, é comparável ao do milho em dietas com bom valor nutricional, destacando-se como uma alternativa fibrosa viável para substituição parcial desse grão (West Virginia University, 2024; REZENDE *et al.*, 2018).

Apesar de seu valor energético relevante, o conteúdo proteico relativamente baixo demanda suplementação com fontes nitrogenadas, como farelo de soja ou ureia, para suprir as exigências microbianas e metabólicas dos ruminantes (West Virginia University, 2024). Dessa forma, seu uso deve ser inserido em dietas nutricionalmente balanceadas que corrijam essa limitação.

Em sistemas de confinamento, a casca de soja pode substituir até 30 % da matéria seca proveniente do milho, sem comprometer o desempenho animal ou a taxa de conversão alimentar (REZENDE *et al.*, 2018). Essa substituição promove aumento da ingestão de fibra e melhora a eficiência de digestão do FDN, mantendo a estabilidade do pH ruminal (REZENDE *et al.*, 2018).

No contexto de backgrounding de bezerros, a inclusão da casca de soja em dietas de pastejo ou no creep feeding tem se mostrado eficaz, promovendo ganhos de peso superiores a 1 kg/dia, o que a caracteriza como uma estratégia promissora para sistemas de terminação precoce (West Virginia University, 2024). Em dietas à base de forragem, o subproduto estimula maior consumo de volumoso e prolonga o tempo de ruminação, beneficiando a saúde ruminal (REZENDE *et al.*, 2018; FEEDIPEDIA, 2025).

Contudo, quando fornecida isoladamente, sem a inclusão de volumosos longos ou aditivos como ionóforos (por exemplo, monensina), a casca de soja pode ocasionar timpanismo espumoso, devido à rápida fermentação da pectina presente (West Virginia University, 2024). Por isso, a co-oferta com forragens estruturadas é indispensável para garantir segurança no uso.

Do ponto de vista físico-químico, a casca de soja apresenta baixa umidade e pH neutro, o que favorece sua estabilidade. No entanto, o armazenamento adequado é crucial, devendo ser feito em locais secos, ventilados e protegidos da chuva (FEEDIPEDIA, 2025). A estocagem deve ocorrer preferencialmente em silos ou sacarias elevadas do solo, com inspeções regulares para detectar sinais de mofo, calor excessivo ou umidade indesejada (West Virginia University, 2024).

A forma peletizada apresenta vantagens adicionais no armazenamento, reduzindo a absorção de umidade e facilitando o processo de vedação, o que diminui os riscos de deterioração e infestações por insetos e roedores (REZENDE *et al.*, 2018). Em casos de estocagem prolongada, recomenda-se o uso de coberturas, sistemas de aeração ou aditivos autorizados para preservar a qualidade do produto (FEEDIPEDIA, 2025).

Caso haja sinais de deterioração, como presença de fungos visíveis, odor rançoso ou umidade excessiva, o lote deve ser descartado, e o local de armazenamento higienizado antes de nova utilização (West Virginia University, 2024; FEEDIPEDIA, 2025). Teores de umidade superiores a 14–15 % favorecem o desenvolvimento de fungos como *Aspergillus*

Fusarium e Penicillium, que podem produzir micotoxinas como aflatoxinas, fumonisinas e deoxivalenol, implicando riscos à saúde, à imunidade e ao desempenho dos bovinos (Mycotoxins in animal feed, 2022; FEEDIPEDIA, 2025).

Essas toxinas afetam negativamente a ingestão alimentar, os ganhos de peso e podem provocar lesões hepáticas, renais e reprodutivas (Mycotoxins in animal feed, 2022). Dessa forma, a análise laboratorial, por métodos como HPLC, e o uso de adsorventes, como argilas e bentonitas, são estratégias fundamentais para mitigação dos riscos (Mycotoxins in animal feed, 2022).

Além disso, a poeira gerada pela casca de soja pode causar irritações nas vias respiratórias tanto de animais quanto de trabalhadores, sendo necessário adotar práticas adequadas de higiene, ventilação e controle de partículas em suspensão (West Virginia University, 2024).

Do ponto de vista nutricional, o principal limitante da casca de soja é seu teor proteico relativamente baixo (~ 11 %) em comparação ao milho (8–9 %) e ao farelo de soja (cerca de 44 %), o que reforça a necessidade de suplementação proteica para atender às exigências dos animais (West Virginia University, 2024; FEEDIPEDIA, 2025). Seu valor energético também é inferior ao do milho, e substituições superiores a 30 % da dieta podem comprometer a eficiência de terminação e a conversão alimentar, especialmente em formulações desequilibradas (REZENDE *et al.*, 2018; West Virginia University, 2024).

Além disso, a variabilidade entre lotes em relação à composição química e granulometria exige análise bromatológica prévia. O fornecimento isolado pode induzir timpanismo, sendo recomendada a co-oferta de volumosos fibrosos ou o uso de aditivos como ionóforos para prevenir distúrbios ruminais (West Virginia University, 2024; REZENDE *et al.*, 2018).

USO DO CAROÇO DE ALGODÃO

O caroço de algodão é um coproduto agroindustrial oriundo do beneficiamento da cultura do algodão, sendo composto predominantemente por três frações:

a casca (tegumento), que representa cerca de 60 % do peso total e é responsável pelo conteúdo de fibra; a amêndoa (cotilédones), rica em óleo e proteína; e o linter, constituído por fibras curtas que, mesmo após o processo parcial de deslinteramento, permanecem aderidas ao caroço, contribuindo para o teor de fibra bruta do produto (CARDOSO, 2013; JÚNIOR *et al.*, 2008).

Esse subproduto pode ser comercializado em diferentes formas: inteiro (com linter), deslinterado ou triturado/moído. Cada apresentação confere características nutricionais e operacionais distintas. O caroço inteiro proporciona maior oferta de fibra longa e efetiva; o deslinterado apresenta maior densidade, otimizando o transporte e o armazenamento; enquanto o triturado melhora a homogeneização nas dietas totalizadas e reduz a seleção de partículas pelos animais (MELLO *et al.*, 2018; ROSSONI, 2020).

Nutricionalmente, o caroço de algodão destaca-se pelo elevado teor energético, com valores de energia metabolizável entre 2,9 e 3,3 Mcal/kg, atribuídos principalmente ao teor de óleo residual na amêndoa, que varia de 15 % a 20 % (JÚNIOR *et al.*, 2008; MELLO *et al.*, 2018). O conteúdo de proteína bruta situa-se entre 17 % e 24 %, dependendo da variedade do caroço e da região produtora (ROSSONI, 2020). A fibra bruta varia de 20 % a 28 %, exercendo papel fundamental na estimulação da mastigação, na produção salivar e na regulação do pH ruminal (LEONE, 2025; CATI, s.d.). O valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) pode atingir até 90 %, o que demonstra seu potencial energético elevado (CARDOSO, 2013). Além disso, o produto contém minerais como cálcio, fósforo e potássio, bem como vitaminas, especialmente a vitamina E, e compostos bioativos com potenciais benefícios à saúde animal (ROSSONI, 2020).

O caroço de algodão é amplamente utilizado na alimentação de bovinos de corte, atuando como um ingrediente híbrido por fornecer, simultaneamente energia, proteína e fibra efetiva. Sua inclusão na dieta permite a substituição parcial do milho e do farelo de soja, contribuindo para a redução de custos e a diversificação das fontes de nutrientes (CATI, s.d.; ROSSONI, 2020).

Entre os benefícios observados com o uso do caroço de algodão, destacam-se o aumento no ganho médio diário (GMD), melhor conversão alimentar, estímulo à ruminação e ao fluxo salivar, além da prevenção de distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal (DEXTRUX, 2012; MELLO *et al.*, 2018). Sua alta palatabilidade favorece a ingestão voluntária, mesmo em dietas com alta densidade energética (CATI, s.d.).

Entretanto, seu uso deve ser cuidadosamente controlado devido à presença de gossypol, um composto tóxico natural que pode causar efeitos adversos, especialmente em animais jovens e em machos reprodutores, nos quais pode comprometer a fertilidade (MELLO *et al.*, 2018; JÚNIOR *et al.*, 2008). Outro fator limitante é o elevado teor lipídico, que, quando fornecido em excesso, pode prejudicar a digestão da fibra e alterar o equilíbrio da microbiota ruminal (ROSSONI, 2020).

As recomendações técnicas sugerem limitar sua inclusão a 10–12 % da matéria seca total da dieta para bovinos de corte. Para animais jovens ou reprodutores, a inclusão deve ser ainda mais restrita, ou até mesmo evitada, para prevenir efeitos tóxicos (MELLO *et al.*, 2018; LEONE, 2025).

Quanto à forma de fornecimento, o caroço inteiro mantém o efeito positivo da fibra longa, essencial à saúde ruminal, embora exija maior espaço para armazenamento. A versão deslindada apresenta maior densidade, otimizando transporte e estocagem. Já o caroço triturado favorece a mistura nas dietas totalizadas e reduz a seletividade pelos animais, embora perca parte do efeito físico da fibra longa (CARDOSO, 2013; ROSSONI, 2020).

O armazenamento adequado é essencial para preservar a qualidade do produto. Recomenda-se armazená-lo em locais secos, ventilados e protegidos da umidade e da chuva, evitando a proliferação de fungos e a produção de micotoxinas. A umidade deve ser mantida abaixo de 12 %, e a pilha de armazenamento não deve ser excessivamente compactada, para evitar fermentações indesejadas, aquecimento e perdas nutricionais (CARDOSO, 2013; JÚNIOR *et al.*, 2008; CATI, s.d.). Quando essas práticas são seguidas, o

caroço de algodão pode ser estocado por diversos meses com conservação satisfatória de suas propriedades nutricionais.

USO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR

O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo fibroso resultante da extração do caldo nas moendas e constitui o principal subproduto da agroindústria sucroalcooleira no Brasil (TEIXEIRA *et al.*, 2007). Estima-se que, para cada tonelada de cana processada, são gerados aproximadamente 300 kg de bagaço, com cerca de 50 % de matéria seca (TEIXEIRA *et al.*, 2007). Embora grande parte desse resíduo seja utilizada como fonte de energia térmica nas caldeiras das usinas, estima-se um excedente anual de aproximadamente 15 milhões de toneladas, o que representa tanto um desafio ambiental quanto uma oportunidade para seu aproveitamento na alimentação animal.

A aplicação do bagaço de cana na nutrição de ruminantes, no entanto, é limitada por sua composição lignocelulósica complexa. O material é constituído por cerca de 41,7 % de celulose, 34,0 % de hemicelulose e 12,6 % de lignina em detergente ácido (MANZANO *et al.*, 2000). Essa estrutura rígida e altamente resistente à degradação enzimática resulta em baixo valor nutritivo, refletido em baixos teores de proteína bruta ($\approx 2,3$ %) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de apenas 33 % (TEIXEIRA *et al.*, 2007).

A baixa digestibilidade está diretamente associada à dificuldade de acesso dos microrganismos ruminais às frações estruturais da parede celular, em função das ligações entre lignina e carboidratos estruturais, que impedem a ação enzimática efetiva (VITTI, 1984). Assim, o uso eficiente do bagaço na alimentação animal requer tratamentos que aumentem sua disponibilidade nutricional, especialmente através da ruptura dessas ligações.

Dentre os métodos de tratamento, os processos químicos são amplamente empregados, embora apresentem limitações. A aplicação de hidróxido de sódio pode reduzir a digestibilidade da fibra; a amonização, apesar de eficaz, exige cuidados rigorosos com o manejo devido ao risco de intoxicação; e o uso de ureia tem apresentado resul-

ados inconsistentes quanto à sua eficácia na modificação das estruturas da parede celular (TEIXEIRA *et al.*, 2007, p. 1).

Entre os métodos físicos, o mais promissor é o tratamento por vapor sob pressão, também conhecido como auto-hidrólise do bagaço (BAH). Esse processo melhora substancialmente o acesso dos microrganismos ruminais às frações fibrosas, promovendo alterações estruturais que duplicam sua digestibilidade *in vitro* e ao mesmo tempo oferecem uma destinação sustentável ao resíduo (TEIXEIRA *et al.*, 2007).

Estudos conduzidos por Vitti (1984) demonstraram que o tratamento com vapor em diferentes pressões (7, 14 e 21 kg/cm²) e tempos de exposição (5 a 20 minutos, à pressão de 14 kg/cm²) promove mudanças significativas na composição química e na digestibilidade do bagaço. Dentre as condições avaliadas, o tratamento a 14 kg/cm² por até 10 minutos mostrou-se o mais eficiente, proporcionando melhor aproveitamento nutricional pelo animal. Contudo, tempos de exposição mais prolongados podem comprometer os benefícios obtidos, sendo necessária atenção ao tempo de processamento.

Pesquisas indicam que dietas contendo até 40 % de matéria seca derivada de bagaço tratado são capazes de manter ganhos médios diários próximos a 1 kg/animal, principalmente quando associadas a concentrados (BERCHIELLI *et al.*, 1989; TEIXEIRA, 2007). Esses resultados reforçam o potencial do bagaço tratado como fonte volumosa alternativa na formulação de dietas para ruminantes, especialmente em regiões com elevada produção sucroalcooleira.

A armazenagem adequada do bagaço de cana é essencial para preservar sua qualidade nutricional. É necessário reduzir a umidade e utilizar estruturas apropriadas, como silos cobertos ou estufas, a fim de evitar fermentações indesejadas, crescimento fúngico e perdas nutricionais. Conforme Teixeira *et al.* (2007), o tratamento térmico realizado ainda na usina facilita o armazenamento imediato do bagaço auto-hidrolisado (BAH), que apresenta aumento de densidade de 150 para 350 kg/m³, otimizando o transporte e reduzindo o espaço necessário para

estocagem (TEIXEIRA *et al.*, 2007).

USO DA POLPA CÍTRICA

A polpa cítrica é um subproduto agroindustrial proveniente do processamento de frutas cítricas para a produção de sucos, sendo composta majoritariamente por cascas, bagaço e sementes (FÁVARO, 2014). Está disponível em duas formas principais: úmida e seca/peletizada, sendo esta última a mais viável comercialmente devido à facilidade de armazenamento, transporte e conservação (FÁVARO, 2014). Do ponto de vista estrutural, apresenta elevada concentração de pectina — um carboidrato solúvel que promove fermentação acética no rúmen, favorecendo o equilíbrio do pH ruminal (FÁVARO, 2014; DIAN *et al.*, 2022).

Nutricionalmente, destaca-se por sua alta digestibilidade e valor energético semelhante ao do milho, apresentando entre 80 % e 90 % dos nutrientes digestíveis totais (NDT) encontrados no grão (MOSCARDINI, 2008). Seu teor de proteína bruta é considerado moderado, variando entre 6 % e 9 %, enquanto a fibra detergente neutra (FDN) está presente em concentração elevada, porém com taxa de degradação ruminal rápida, o que contribui positivamente para a digestibilidade total da dieta (MOSCARDINI, 2008).

Estudos demonstram que a polpa cítrica pode compor até 45 % da matéria seca da dieta de bovinos de corte sem comprometer o desempenho produtivo, mesmo em dietas com baixa inclusão de volumosos (DIAN *et al.*, 2022). Sua principal aplicação está na substituição parcial ou total do milho em dietas de confinamento, especialmente em períodos de entressafra dos grãos, permitindo redução de custos e manutenção do desempenho zootécnico (FÁVARO, 2014; VELLOSO *et al.*, 1974).

O trabalho de Moscardini (2008) avaliou a substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada, isoladamente ou combinada com farelo de glúten de milho. Os resultados demonstraram que não houve efeitos negativos sobre o ganho médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS) ou eficiência alimentar, independentemente do tratamento. Esses achados indicam que a polpa cítrica

apresenta valor energético equivalente ao milho tipo flint, frequentemente utilizado em dietas brasileiras, embora este tenha digestibilidade inferior ao milho dentado, padrão de referência das tabelas do NRC (1996) (MOSCARDINI, 2008).

Apesar dos benefícios, existem limitações quanto à sua utilização. A rápida fermentação da pectina, embora contribua para o tamponamento ruminal, pode levar à produção excessiva de gases e predispor à acidose ruminal quando incluída em níveis muito elevados, especialmente sem adequada adaptação da microbiota (ASSIS *et al.*, 2004). Além disso, devido ao seu baixo teor proteico, a polpa cítrica requer suplementação com fontes de proteína para atender às exigências nutricionais dos animais, sobretudo quando utilizada em altas proporções na dieta.

Em relação ao armazenamento, a polpa cítrica úmida apresenta cerca de 80 % de umidade, o que favorece a deterioração microbiológica e a ocorrência de fermentações indesejadas. Dessa forma, seu uso in natura demanda logística eficiente ou a adoção de técnicas de ensilagem para garantir sua conservação. Por outro lado, a forma peletizada apresenta teores de matéria seca próximos a 90 %, proporcionando maior estabilidade durante o armazenamento e longa vida útil, desde que acondicionada em ambientes secos, ventilados e protegidos contra umidade e pragas (MOSCARDINI, 2008).

Diante dessas características, a polpa cítrica configura-se como uma alternativa energética viável na formulação de dietas para bovinos de corte em confinamento. Sua alta digestibilidade, boa aceitação pelos animais, custo reduzido e contribuição à sustentabilidade — ao promover o reaproveitamento de resíduos agroindustriais — reforçam seu potencial como ingrediente estratégico na alimentação animal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de subprodutos agroindustriais na alimentação de bovinos de corte representa uma estratégia nutricional eficiente, econômica e ambientalmente sustentável. Produtos como casca de soja, caroço de algodão, bagaço de cana-de-açúcar

e polpa cítrica possuem valor nutricional significativo e potencial para substituir parcialmente ingredientes convencionais, como milho e farelo de soja, sem comprometer o desempenho animal. No entanto, para sua utilização segura e eficaz, é essencial considerar as particularidades de cada subproduto quanto à composição, forma de processamento, limitações nutricionais e exigências de armazenamento. Assim, a adoção desses coprodutos deve ser realizada com base em formulações balanceadas, análise bromatológica e manejo alimentar adequado, contribuindo para maior eficiência produtiva e sustentabilidade na pecuária de corte.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. G. de et al. Avaliação de subprodutos cítricos na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1950–1958, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/TSrgm8tZr8PMhkSCBD3ydrf/?lang=pt>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- CARDOSO, Esther Guimarães. UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DO ALGODOEIRO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Embrapa, 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/241161/1/14265.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- CENTRO DE ATENDIMENTO AO TRABALHADOR RURAL (CATI-SP). **Caroço de algodão na alimentação bovina**. Disponível em: <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/caroco-de-algodao-na-alimentacao-bovina>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- DEXTRU, Sérgio Savastano. Conheça as vantagens do caroço de algodão na alimentação de bovinos. **Revista Agropecuária**, 8 fev. 2012. Disponível em: <<https://www.revistaagropecuaria.com.br/2012/02/08/conheca-as-vantagens-do-caroco-de-algodao-na-alimentacao-de-bovinos/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- DIAN, P. H. M. et al. Inclusão de polpa cítrica peletizada em dietas sem volumosos no confinamento de novilhos. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 31–35, 2022. Disponível

- em:<<https://www.arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/1439>>. Acesso em: 04 jul. 2025.
- FÁVARO, V. R. **Milho ou polpa cítrica associados à glicerina na alimentação de bovinos de corte confinados**. 2014. 107 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/113987>>. Acesso em: 04 jul. 2025.
- FEEDIPEDIA. Soybean hulls. CIRAD, INRAE, AFZ, FAO. 2025. Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/12623>>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- FERRER-CRUZ, F. J. et al. Soybean hulls as feed substitute of ground corn can increase the fiber digestibility and bacterial fibrolytic profile of grazing Nellore steers. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 3577–3594, 2019. doi:10.5433/1679-0359.2018v39n1p363.
- JÚNIOR, Roberto Guimarães; MARTINS, Carlos Frederico; PEREIRA, Luiz Gustavo Ribeiro; CARVALHO, Marcelo Ayres. **Subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos: caroço de algodão**. Embrapa, 2008. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/572019/1/doc234.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- LEONE, João. Benefícios do algodão na nutrição animal. **Nutrimosaic**, 2025. Disponível em: <<https://nutrimosaic.com.br/beneficios-do-algodao-na-nutricao-animal/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- MANZANO, R. P. et al. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1196–1204, 2000.
- MELLO, Raquel Rodrigues Costa; MOREIRA, Elizângela Mírian; SUSIN, Ivanete; PIRES, Alexandre Vaz. Efeitos do caroço de algodão sobre a reprodução de bovinos. **Pubvet**, 2018. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/uploads/1e94ada4e1d064c8a6bef98dc0745a15.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- MOSCARDINI, M. C. Substituição do milho moído fino por polpa cítrica e/ou farelo de glúten de milho em bovinos terminados em confinamento. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-11032009-102302/pt-br.php>>. Acesso em: 05 jul. 2025.
- MYCOTOXINS IN ANIMAL FEED. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, dez. 2022. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mycotoxins_in_animal_feed>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- REZENDE, P. L. P. et al. Digestibility and feeding behavior of cattle fed soybean hulls to replace corn in high concentrate diets. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 363–371, 2018. doi:10.5433/1679-0359.2018v39n1p363.
- ROSSONI, Cristiano. Coprodutos do algodão para alimentação do gado de corte: saiba quais são. **Rehagro**, 2020. Disponível em: <<https://rehagro.com.br/blog/coprodutos-da-industria-do-algodao-para-pecuaria-de-corte/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- TEIXEIRA, F. A. et al. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **REDVET: Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 8, n. 6, 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2025.
- VELLOSO, L. et al. Polpa cítrica peletizada para bovinos em confinamento. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 21–25, 1974. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rfmvzusp/article/view/55548>>. Acesso em: 06 jul. 2025.
- VITTI, D. M. S. S. Sub-produto da cana-de-açúcar na nutrição animal. **Energia Nuclear na Agricultura**, Piracicaba, v. 6, n. 2, p. 120-133, jul./dez. 1984. Parte do Projeto "Sub-produto da cana-de-açúcar na nutrição animal", financiado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Universidade de São Paulo (USP) e Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). Seção de Nutrição Animal - CENA/USP. Recebido em 28 jan. 1985. Aprovado em 1 abr. 1985. Disponível em:<<https://www.cena.usp.br/biblioteca/repositorio/v6n2a04.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2025.

WEST VIRGINIA UNIVERSITY. Soy Hulls as a Supplement for Feeding Cattle. **Extension Service**, feb. 2024. Disponível em: <<https://extension.wvu.edu/agriculture/livestock/beef-cattle/nutrition/soy-hulls-feeding-supplement>>. Acesso em: 5 jul. 2025.