



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

AIRTON TAVARES DE FARIAS SOBRINHO

CAROÇO DE ALGODÃO COMO ALTERNATIVA DE SUBPRODUTO NA
ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

AREIA

2025

AIRTON TAVARES DE FARIAS SOBRINHO

**CAROÇO DE ALGODÃO COMO ALTERNATIVA DE SUBPRODUTO NA
ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Agronomia pela Universidade
Federal da Paraíba (UFPB).

Orientador: Prof. Dr. Djail Santos

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S677c Sobrinho, Airton Tavares de Farias.

Caroço de algodão como alternativa de subproduto na
alimentação de ruminantes: Revisão Bibliográfica /
Airton Tavares de Farias Sobrinho. - Areia:UFPB/CCA,
2025.

24 f. : il.

Orientação: Djail Santos.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Caroço de Algodão. 3.
Cotonicultura. 4. Ruminantes. I. Santos, Djail. II.
Título.

UFPB/CCA-AREIA



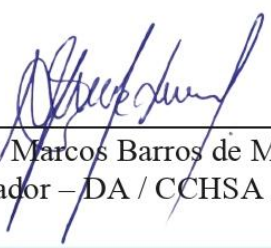
CDU 631/635(02)

AIRTON TAVARES DE FARIAS SOBRINHO

**CAROÇO DE ALGODÃO COMO ALTERNATIVA DE SUBPRODUTO NA
ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Agronomia pela Universidade
Federal da Paraíba.

Aprovado em: 10 / 10 / 2025.

	Documento assinado digitalmente DJAIL SANTOS Data: 21/10/2025 19:30:01-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
<hr/>	
Prof. Dr. Djail Santos Orientador – DSENGR / CCA / UFPB	
	Documento assinado digitalmente SEVERINO GONZAGA NETO Data: 22/10/2025 15:28:35-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
<hr/>	
Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto Examinador – DZ / CCA / UFPB	
	
<hr/>	
Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros Examinador – DA / CCHSA / UFPB	

RESUMO

Globalmente a cotonicultura é uma das mais importantes no cenário agrícola mundial, e o Brasil ocupa a terceira posição de maior produtor de algodão do mundo. Isso evidencia o caroço de algodão como um subproduto amplamente no mercado nacional e um dos co-produtos mais importantes do algodoeiro. O caroço de algodão destaca-se como alternativa versátil nas dietas de bovinos, por reunir em uma única fonte nutricional elevados teores de proteína e energia, além de oferecer fibra efetiva de alta qualidade. Incorporado às dietas de bovinos de corte, o caroço de algodão também é incluído na alimentação de vacas em lactação. A presença do gossipol na sua composição gera discussão sobre a utilização deste co-produto. Diante deste panorama, este estudo propõe-se a analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, a viabilidade do caroço de algodão como alternativa nutricional na alimentação de ruminantes, considerando seus benefícios nutricionais, viabilidade econômica e ações ecologicamente corretas. Ao reunir e sintetizar as evidências disponíveis, buscou-se contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre a utilização deste, fomentando o desenvolvimento de práticas alimentares mais sustentáveis e eficientes na pecuária. Assim, espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar futuras pesquisas e orientar produtores e nutricionistas na formulação de dietas equilibradas e economicamente viáveis para ruminantes.

Palavras-chave: caroço de algodão; cotonicultura; ruminantes.

ABSTRACT

Globally, cotton farming is one of the most important segments of the agricultural sector, and Brazil occupies the third position among the largest cotton producers in the world. This highlights cottonseed as a widely available by-product in the domestic market and one of the most relevant co-products of the cotton plant. It stands out as a versatile alternative in bovine diets, as it combines high levels of protein and energy in a single nutritional source, while also providing high-quality effective fiber. In addition to its incorporation into beef ruminants diets, cottonseed is also included in the feeding of lactating dairy cows. However, the presence of gossypol in its composition has raised discussion regarding safe inclusion levels of this co-product. Given this scenario, this study aims to analyze, through a literature review, the feasibility of cottonseed as a nutritional alternative in bovine feeding, considering its nutritional benefits, economic viability, and environmentally sustainable aspects. By gathering and synthesizing the available evidence, this work seeks to contribute to a deeper understanding of its use, fostering the development of more sustainable and efficient feeding practices in livestock production. Thus, it is expected that the findings obtained may support future research and assist producers and nutritionists in formulating balanced and economically viable diets for ruminants.

Keywords: cottonseed; cotton cultivation; ruminants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA.....	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Carço de algodão: subproduto	10
3.2 Carço de algodão e ruminantes	12
3.3 Percepções sobre o gossipol.....	17
3.4 Panorama: carço de algodão no Brasil, custos e meio ambiente	19
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	222
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

As primeiras menções ao uso do algodão remontam a séculos antes de Cristo, mas esse produto só começou a ganhar relevância comercial após a Primeira Revolução Industrial (Embrapa, 2025). No Brasil, a preocupação do governo com o aprimoramento da cultura intensificou-se durante a Primeira Guerra Mundial. Em 1915, foi criado o Serviço do Algodão no Ministério da Agricultura. Após a guerra, em 1924, tiveram início os trabalhos de melhoramento genético do algodoeiro no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Além disso, por volta de 1920, registrou-se o início do aproveitamento industrial do caroço de algodão (Embrapa, 2025).

Fonte de proteína e energia nas rações de ruminantes, o caroço de algodão é um dos co-produtos/subprodutos mais importantes do algodoeiro. Apresentando capacidade de balancear energeticamente uma dieta, sem, no entanto, comprometer seu teor fibroso, além de contribuir expressivamente para a fração proteica da mistura final (Milkpoint, 2024; Villela, 2025). Em virtude da grande competitividade comercial da pecuária intensiva, a utilização do caroço de algodão na alimentação de ruminantes preserva e maximiza os recursos do meio ambiente, surgindo como uma alternativa para baixar os custos de produção e como possibilidade de aproveitamento de resíduos industriais da cultura do algodão (Barbosa, 2021).

O caroço de algodão tem sua relevância e representatividade para a agricultura nacional. Em 2024 o Brasil alcançou a marca de terceiro maior produtor de algodão do mundo e a quarta maior cultura temporária do país, com valor de produção estimado em R\$ 33 bilhões (Brasil, 2024). Prevê-se que em 2025, haja um aumento na área destinada ao cultivo, com uma estimativa aproximada de 2 milhões de hectares. Tal expansão culminará em um incremento significativo na produção agrícola. Além disso, estima-se uma boa produtividade média nas lavouras, podendo ser a terceira maior já registrada na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025).

Diante desse panorama, este estudo propõe-se a analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, a viabilidade do caroço de algodão como alternativa de subproduto na alimentação de ruminantes, considerando suas limitações, seus benefícios nutricionais e sua aplicabilidade econômica e ambiental.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa, com abordagem descritivo-analítica, elaborada com o objetivo de reunir, comparar e interpretar evidências científicas acerca do uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes, considerando seus aspectos nutricionais, econômicos e ambientais.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida entre janeiro e setembro de 2025, utilizando as seguintes bases e plataformas científicas: Periódicos CAPES, SciELO, Google *Scholar* (Google Acadêmico), *ScienceDirect*, *Scopus*, AGRIS/FAO, e o repositório institucional da Embrapa (AGROPEC). Complementarmente, foram consultados relatórios técnicos oficiais e bases governamentais, incluindo CONAB, MAPA, USDA, bem como documentos laboratoriais provenientes da CATI (2024), ESALQ/USP (2024) e 3rRibersolo (2024).

Foram incluídos estudos publicados entre 2008 e 2025, admitindo-se obras clássicas anteriores quando consideradas referência para a base conceitual. Os critérios de inclusão abrangeram publicações que tratassem especificamente da composição bromatológica do caroço de algodão, de seu valor nutricional para ruminantes, de seu papel como ingrediente energético e proteico e de sua viabilidade econômica e ambiental em sistemas de produção bovina. Foram aceitos artigos científicos, livros técnicos, boletins institucionais, relatórios de pesquisa, teses, dissertações e anais de eventos científicos.

Foram excluídas fontes que não apresentavam metodologia definida, dados não auditáveis, relatórios sem respaldo institucional, textos de opinião ou materiais que abordassem exclusivamente aspectos agrônômicos da algodoeira sem interface direta com a nutrição animal. Os dados coletados foram analisados de forma comparativa e qualitativa, observando-se variações composicionais, implicações nutricionais (composição, digestibilidade, aporte energético), limitações de uso, além de efeitos produtivos e econômicos. As informações foram posteriormente sistematizadas para fundamentar a discussão científica sobre o uso do caroço de algodão como ingrediente alimentar em dietas para ruminantes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Caroço de algodão: subproduto

A cultura do algodão destaca-se como uma das mais relevantes no cenário agrícola global, exercendo papel fundamental na economia de diversos países. O gênero *Gossypium* spp. compreende muitas espécies distribuídas mundialmente; contudo, apenas quatro delas possuem importância comercial na produção de fibra: *Gossypium hirsutum* L., *Gossypium barbadense* L., *Gossypium arboreum* L. e *Gossypium herbaceum* L. Entre essas, graças aos avanços do melhoramento genético, as espécies *Gossypium hirsutum* L. e *Gossypium barbadense* L. tornaram-se as mais amplamente cultivadas em escala global. Destas *Gossypium hirsutum* L. é responsável por mais de 90% da produção mundial de algodão, consolidando-se como a principal variedade utilizada comercialmente para a obtenção de fibras têxteis (USDA, 2018; Embrapa, 2025).

A supracitada cultura dá origem ao caroço de algodão, um co-produto gerado após a retirada da pluma, com rendimento médio em torno de 55% por hectare. Este subproduto tem se consolidado como um valioso componente na formulação de dietas para bovinos de leite e de corte, devido à sua composição nutricional rica e multifuncional. Por sua versatilidade e capacidade de contribuir simultaneamente com energia, fibra e proteína, o caroço de algodão é frequentemente classificado por nutricionistas como um ingrediente estratégico verdadeiro curinga nas dietas dos bovinos (Polizel; Soares, 2021; Barbosa, 2021).

O caroço de algodão é constituído por distintas frações estruturais: casca, línter e plumas. Durante o processamento do algodão, a maior parte das plumas é removida para uso na indústria têxtil. Contudo, após essa etapa, permanece uma fração residual composta por fibras remanescentes, o línter formado essencialmente por celulose de elevada degradabilidade, além da casca e da amêndoa. O processamento inicial, denominado descaroçamento, consiste na separação da fibra longa das sementes, resultando no chamado "caroço com línter", que se caracteriza pela presença de fibras curtas e finas ainda aderidas ao caroço. A casca, por sua vez, corresponde à camada externa do caroço, frequentemente recoberta por resíduos de línter, e representa uma das principais estruturas fibrosas remanescentes do processo (Porciúncula, 2012).

A composição bromatológica média (por kg de matéria natural) do caroço de algodão está descrita por meio da **Tabela 1**:

Tabela 1 – Composição bromatológica média do caroço de algodão por kg de matéria natural (MN)

Componente	Valor médio	Variação observada / Intervalo	Unidade
Matéria Seca (MS)	90 – 92	—	%
Proteína Bruta (PB)	21,7	13,7 – 34,2	%
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	44	33,9 – 60,7	%
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	34,0	—	%
Extrato Etéreo (EE)	17 – 23	—	%
Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)	96,0	—	%
Energia Líquida de Lactação (ELI)	2,22	—	Mcal/kg
Cálcio (Ca)	0,16	—	%
Fósforo (P)	0,75	—	%
Cinzas	4,80	—	%

Observação: valores expressos em *base de matéria natural (MN)*.

Fonte: Escalqlab (2024); Cati (2024); 3rribersolo (2024)

Estas qualidades, aliadas ao baixo custo e fatores ambientais, fazem deste co-produto um bom suplemento fibroso, protéico e energético (Esalqlab, 2024; Savastano, 2024; 3rRibersolo, 2024). Os valores nutricionais do caroço de algodão o destacam por sua composição singular, que reúne características típicas de alimentos concentrados, embora se trate de um subproduto fibroso. Seu elevado teor energético correspondente, em média, a 96% de nutrientes digestíveis totais (NDT) na base da matéria seca, ou cerca de 79,5% na matéria natural confere-lhe importância significativa como ingrediente energético em dietas de ruminantes (Valadares Filho *et al.*, 2016).

Essa dualidade confere ao caroço de algodão a capacidade de promover o adequado balanceamento energético da ração, sem comprometer a oferta de fibra essencial à fisiologia ruminal. Ademais, sua contribuição à fração proteica da mistura é significativa, tornando-o um ingrediente estratégico na formulação de dietas nutricionalmente equilibradas (Polizel; Soares, 2021; Barbosa, 2021).

A grande quantidade de lipídios contidos no caroço de algodão integral vem conferir-lhe a característica de alto valor energético, levando a respostas positivas, pois podem gerar benefícios quando os animais estiverem em condições de estresse calórico, suprimindo as exigências energéticas dos animais em condições de consumo reduzido (Souza, 2022).

E por conter alto teor de Extrato Etéreo (EE), auxilia no baixo incremento calórico animal em regiões com altas temperaturas. No Brasil, existe um grande potencial para a utilização do caroço de algodão na alimentação animal devido à substituição do óleo de algodão pelo de soja para o consumo humano, bem como aos benefícios de sua utilização (baixo incremento calórico) por animais em regiões quentes (Souza, 2021; CONAB, 2025). Este subproduto apresenta alto teor de fibra, o que o torna interessante como uma fonte de fibra não-forrageira. Esta efetividade da fibra é alcançada pela presença do línter e da casca do caroço do algodão (Coutinho, 2025; Milkpoint, 2024).

A qualidade do caroço de algodão é influenciada por diversos parâmetros físicos e químicos, entre os quais se destacam: o teor de umidade, que deve manter-se inferior a 12%; a presença de matéria estranha, limitadas a no máximo 1%; e a concentração de ácidos graxos livres (AGL) no óleo, que não deve exceder 1,8%. A avaliação desses fatores, em conjunto com as propriedades nutricionais do subproduto, é imprescindível para a adequada determinação de seu valor nutricional (Corte, 2008).

3.2 Caroço de algodão e ruminantes

O caroço de algodão, subproduto oriundo da cotonicultura, destaca-se como alternativa versátil a alimentos concentrados nas dietas de ruminantes, por reunir em uma única fonte nutricional elevados teores de proteína, energia e fibra efetiva de alta qualidade. Poucos ingredientes apresentam tal combinação de nutrientes em proporções tão vantajosas. Sua inclusão na dieta promove o incremento energético sem comprometer negativamente a fermentação ruminal, graças à sua composição fibrosa robusta (REHAGRO, 2024).

A proteína contida no caroço de algodão apresenta elevada digestibilidade e prolongada permanência no rúmen, propriedades que favorecem a síntese eficiente de proteína microbiana. Tal benefício é potencializado quando o caroço é associado a fontes energéticas de lenta degradabilidade, como o milho moído e a casca de soja, proporcionando uma sincronização mais homogênea entre a liberação de amônia, oriunda da degradação proteica, e a liberação de cadeias carbônicas provenientes da quebra da fibra (Villela, 2024).

A qualidade proteica do caroço de algodão, aliada à sua permanência prolongada no rúmen, propicia condições favoráveis para a síntese de proteína microbiana, sobretudo quando combinada a fontes energéticas de lenta degradação, o que promove maior sincronização entre os substratos nitrogenados e energéticos para os microrganismos ruminais (Costa *et al.*, 2011).

Uma proporção significativa da proteína presente no caroço de algodão aproximadamente 77% é degradada no rúmen, característica essa de considerável relevância sob o ponto de vista nutricional, uma vez que favorece a disponibilização de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, essencial ao metabolismo dos ruminantes. Adicionalmente, estima-se que cerca de 80% da fração proteica não degradada no rúmen (PNDR) seja efetivamente digerida e absorvida no trato gastrointestinal posterior, contribuindo para o aporte proteico total do animal de forma eficiente (Marcondes *et al.*, 2009).

Em comparação ao farelo de soja (**Quadro 1**), o caroço de algodão é capaz de suprir relativamente às exigências proteicas de vacas leiteiras. Além disso, colabora substancialmente com a fração proteica da mistura total, sem comprometer o conteúdo fibroso, mantendo o balanço nutricional adequado da dieta (Bales *et al.*, 2024).

Quadro 1 – Comparação entre Caroço de Algodão e Farelo de Soja na Dieta de Bovinos (Base na Matéria seca, outubro de 2025, Mato Grosso)

Parâmetro	Caroço de algodão (inteiro)	Farelo de soja (46–48% PB)
Matéria seca (MS, %)	92,0	88,6
Proteína bruta (PB, %)	23,0	48,7
Extrato etéreo (EE, %)	18,0	1,85
Fibra em detergente neutro (FDN, %)	47,0	15,85
Nutrientes digestíveis totais (NDT, %)	96,0	81,4
Preço médio (R\$/t – MT, out./2025)	939,50	1.478,71
Custo por kg de MS (R\$)	1,02	1,67
Custo por kg de PB (R\$)	4,09	3,04
Custo por kg de NDT (R\$)	0,98	1,82
Principais vantagens	Alta energia (óleo), fibra efetiva, melhora da gordura do leite, substitui parte do volumoso, boa palatabilidade, fonte de fósforo.	Alta proteína de boa degradabilidade ruminal, perfil de aminoácidos equilibrado, estabilidade nutricional, ideal para balancear PB e PD.
Limitações	Possui gossypol (limita inclusão), alto teor de gordura (restrição >3 kg/vaca/dia), variação de qualidade.	Baixa fibra e gordura, preço elevado, necessidade de volumoso complementar.
Classificação funcional	Alimento energético-fibroso (intermediário entre volumoso e concentrado).	Suplemento proteico-concentrado.

Fonte: Notícias Agrícolas (2025)

Reconhecido como fonte de fibra não forrageira, o caroço de algodão pode ser fornecido in natura, estimulando a mastigação e a produção de saliva, o que contribui para a manutenção do pH ruminal, refletindo em maior efetividade da fibra contida neste alimento (Rosa *et al.*, 2019). O conceito de fibra efetiva refere-se à capacidade do alimento em induzir a ruminação, fator essencial para a manutenção da homeostase ruminal. A mastigação estimula a salivação, cuja composição rica em bicarbonato de sódio atua como tampão, neutralizando os ácidos oriundos da fermentação ruminal (Polizel; Soares, 2021).

Equiparando-se em eficiência às forragens no estímulo à ruminação, o caroço de algodão contribui de forma expressiva para a saúde ruminal e preserva a produção de gordura no leite. Tal efetividade decorre da sua estrutura física, sobretudo pela presença de línter resíduo fibroso das plumas que, sendo composto majoritariamente por celulose de alta digestibilidade, confere ao caroço propriedades flutuantes no conteúdo ruminal, prolongando sua ação mecânica (Coutinho, 2025).

Um efeito adicional do uso de caroço de algodão em dietas de ruminantes refere-se à mitigação das emissões de metano. Tal característica decorre do processo de biohidrogenação dos ácidos graxos no rúmen, o qual modifica a dinâmica dos gases fermentativos (Rosa *et al.*, 2019). Estudos experimentais indicam que a inclusão de 25% de caroço de algodão na matéria seca de dietas para bovinos, bem como 15% em dietas de vacas leiteiras, pode reduzir as emissões de metano entre 12% e 14%, contribuindo com estratégias sustentáveis de produção animal (Porciúncula, 2012).

A pesquisa de Hegarty *et al.* (2021) revelou que a suplementação com caroço de algodão promoveu uma redução na emissão de metano da ordem de 3,5 g de CH₄ por kg de matéria seca ingerida, corroborando com trabalhos anteriores, que investigaram o impacto de óleos de sementes sobre a produção de metano em ruminantes, dentre eles o trabalho de Martin, Morgavi, Doreau (2010).

As sementes de oleaginosas, como o caroço de algodão, constituem a principal fonte lipídica nas dietas de bovinos, por oferecerem elevada densidade energética e substituírem com vantagem os carboidratos de rápida fermentação, o que favorece a digestibilidade da fibra e a fermentação ruminal (Rosa *et al.*, 2019).

A elevada concentração de ácidos graxos presentes no caroço de algodão é um fator estratégico na nutrição de bovinos, pois possibilita aumentar a densidade energética das dietas sem comprometer os teores de fibra e proteína, ao mesmo tempo em que eleva o aporte de lipídios insaturados. Essa variação também depende da espécie do algodoeiro, sendo o

Gossypium hirsutum L. (Upland) menos oleoso em comparação ao *Gossypium barbadense* L. (Pima) (USDA, 2018).

Considera-se ainda o papel das bactérias lipolíticas, como *Anaerovibrio lipolytica*, que sintetizam lipases extracelulares capazes de hidrolisar rapidamente diglicerídeos, contribuindo para a mitigação dos efeitos adversos dos lipídios sobre os microrganismos ruminais. Assim, postula-se que o óleo do caroço de algodão possa influenciar positivamente a microbiota ruminal, otimizando o aproveitamento do Extrato Etéreo (EE) no intestino delgado (Souza, 2022).

Devido ao elevado teor lipídico, o caroço de algodão apresenta-se como uma excelente alternativa para dietas de bovinos criados em ambientes de alta temperatura, uma vez que os lipídios promovem menor incremento calórico. Contudo, é imprescindível atentar-se à proporção de gordura na dieta, pois valores superiores a 6% da matéria seca podem comprometer a atividade dos microrganismos ruminais, a digestão e, por conseguinte, a disponibilidade de nutrientes (Pereira, 2021). O caroço de algodão é frequentemente incorporado às dietas de bovinos de corte, seja como componente de suplementos múltiplos, ingrediente de misturas concentradas, suplemento exclusivo ou integrado a dietas completas (Oliveira *et al.*, 2015).

Quando utilizado de forma tecnicamente equilibrada e dentro dos limites nutricionais adequados, esse co-produto apresenta potencial para substituir, com eficiência, ingredientes tradicionalmente empregados (**Quadro 1**) em rações destinadas a bovinos em fase de terminação, sem comprometer o desempenho zootécnico dos animais, tampouco afetar negativamente as características quantitativas e qualitativas da carcaça (Barbosa, 2021).

A utilização estratégica do caroço de algodão em dietas de vacas em lactação revela-se não apenas tecnicamente viável, mas também economicamente vantajosa, promovendo incremento na rentabilidade da atividade leiteira (Souza; Souza, 2023).

A fundamentação técnica para a sua utilização apoia-se em três principais premissas: 1. Potencial de resposta produtiva, especialmente no início da lactação, período crítico em que o consumo de matéria seca se encontra comprometido em virtude do estresse pós-parto (com redução média estimada em 15%). Nesse contexto, a elevação da densidade energética da dieta atua como medida preventiva à perda de peso excessiva, ao balanço energético, negativo e à consequente queda na produtividade ao longo da lactação; 2. Composição nutricional estratégica, uma vez que o caroço de algodão oferece simultaneamente elevada concentração de energia, fibras efetivas e proteína bruta, tornando-se, assim, um ingrediente multifuncional e altamente eficiente para ruminantes em produção; 3. Ampla aplicabilidade, sendo adequado

para vacas com diferentes níveis de produção e em distintas fases do ciclo lactacional (Costa *et al.*, 2011).

A sua inclusão na dieta de vacas leiteiras pode atingir até 12% da matéria seca total, sem comprometer significativamente a digestibilidade da fibra. Isso se deve à liberação gradual dos ácidos graxos no rúmen, o que mitiga potenciais efeitos inibitórios sobre a atividade microbiana celulolítica (Morais, 2020). A estimulação da ruminação é de suma importância para vacas leiteiras, pois promove a salivação e, por conseguinte, o tamponamento do ambiente ruminal, garantindo a estabilidade do pH e a integridade do microbioma presente (Nogueira, 2023).

Adicionalmente, evidências experimentais indicam que a suplementação com caroço de algodão não interfere negativamente na produção de leite, o que reforça a hipótese de que ácidos graxos do caroço de algodão não alteraram o ambiente ruminal a ponto de interferir com a fermentação ou com seus micro-organismos (Pereira, 2021).

Uma das restrições associadas à utilização do caroço de algodão na alimentação de bovinos reside em seu elevado teor lipídico presente na matéria seca. Contudo, quando observados os limites fisiológicos de tolerância dos animais, tal característica não tem demonstrado impacto negativo sobre o desempenho zootécnico. A fração lipídica contida no caroço não compromete, de forma significativa, a digestibilidade da fibra, uma vez que a liberação do óleo ocorre de maneira gradual a partir da semente, o que minimiza os efeitos inibitórios dos ácidos graxos sobre a atividade dos microrganismos celulolíticos do rúmen. Ademais, o grau de saturação dos ácidos graxos constitui um fator determinante na eficiência da bio-hidrogenação microbiana desses compostos (Moreira, 2011).

As recomendações nutricionais contemporâneas indicam que o caroço de algodão pode ser incorporado à dieta de bovinos adultos em proporções de até, no máximo, 15% com base na matéria seca (MS) da ração total. Ressalte-se que não há exigência técnica quanto à necessidade de processamento físico prévio como quebra, moagem ou trituração para o fornecimento deste insumo aos animais, sendo seu aproveitamento eficiente mesmo na forma íntegra (Caballero *et al.*; 2023).

O desempenho produtivo de bovinos alimentados com caroço de algodão pode ser condicionado por uma multiplicidade de fatores. Dentre os mais relevantes, destacam-se a quantidade ofertada, a forma de fornecimento e a qualidade do caroço de algodão utilizado. Ademais, é imprescindível considerar que a interação do caroço de algodão com outros componentes da alimentação seja em suplementos múltiplos, concentrados ou dietas completas

pode exercer efeitos sinérgicos ou moduladores, resultando em respostas fisiológicas e produtivas distintas (Morais, 2020).

3.3 Percepções sobre o gossipol

A presença do gossipol é algo que gera discussão quanto a utilização do caroço de algodão como alternativa de subproduto na alimentação de ruminantes, podendo em quantidades exacerbadas afetar negativamente bovinos machos e fêmeas (Costa, 2017). O gossipol é um alcaloide polifenólico de cor amarelada, produzido por glândulas pigmentares de secreção interna que se apresentam como pontos de coloração marrom em todas as partes da planta (Souza; Souza, 2023).

O gossipol (C₃₀H₃₀O₈) foi sintetizado pela primeira vez em laboratório em 1958, e sua concentração é influenciada pela espécie cultivada, bem como pelas condições térmicas e pelo índice de precipitação pluviométrica ao longo do seu desenvolvimento. Ademais, essa concentração apresenta uma correlação negativa em relação à temperatura ambiente e uma correlação positiva com o índice pluviométrico (Gadelha *et al.*, 2014).

Reconhecido como uma toxina natural presente na planta, o gossipol é sintetizado com a finalidade de oferecer uma defesa eficaz contra os danos ocasionados por insetos. Sua toxicidade é atribuída à molécula em sua conformação livre. Quando conjugado é considerado fisiologicamente inativo, enquanto livre (não conjugado) apresenta importância toxicológica. Assim, todo o gossipol encontrado no caroço de algodão integral não processado se encontra na forma livre (Saldanha; Belo, 2016)

Os ruminantes são mais tolerantes à ingestão do gossipol quando comparados a outros animais, o rúmen elimina parte do gossipol por diluição e baixa absorção ou unindo-o às proteínas que contêm aminoácidos livres, como a lisina, impedindo seu metabolismo. Mas não se sabe se a forma ligada pode ser absorvida pelos intestinos ou se os microrganismos podem liberar o gossipol livre da forma ligada (Souza; Souza, 2023).

Desta forma, o caroço de algodão pode ser utilizado diretamente na alimentação de bovinos adultos, sem necessidade de trituração, tanto de forma isolada, quanto misturado com outros ingredientes em ração balanceada, sem problemas de intoxicação por gossipol (Gomes *et al.*, 2016).

A utilização de caroço de algodão na alimentação de bezerros não é recomendada, em virtude da maior sensibilidade dos ruminantes jovens ao gossipol. Tal sensibilidade decorre do fato de que, nesses animais, o rúmen ainda não se encontra plenamente desenvolvido, o que

impede a adequada ligação do gossipol durante o processo fermentativo ruminal mecanismo que ocorre de forma eficaz em ruminantes adultos, cujo sistema digestivo já está plenamente funcional. Outra contraindicação é a sua incorporação nas dietas de touros por impactar na esfera reprodutiva dos mesmos (Saldanha; Belo, 2016).

O impacto do gossipol sobre a fertilidade de vacas revela resultados variados; por essa razão, é aconselhável a incorporação de até 12% de caroço de algodão na dieta total de vacas lactantes em regime de pastoreio. Este limite permite que o desempenho produtivo dos animais permaneça estável, preservando tanto os níveis de produção de leite quanto o consumo de matéria seca do concentrado, em decorrência da aceitação do caroço de algodão integral, além de garantir a manutenção dos padrões de qualidade nutricional da fração lipídica (Costa, 2017).

Observações relevantes indicam que a taxa de absorção do gossipol é inversamente proporcional à quantidade de ferro contida na dieta; assim, a suplementação com sulfato ferroso pode inativar o gossipol em sua forma livre. Além disso, a maioria das complicações decorrentes da alta ingestão de gossipol pode ser atenuada quando a dieta é enriquecida com uma quantidade significativa de cálcio, dado que este mineral possui a capacidade de neutralizar o gossipol (Gomes *et al.*, 2016).

A seleção agrônômica permitiu o desenvolvimento de cultivares de algodão geneticamente modificadas para a ausência de glândulas produtoras de gossipol. No entanto, essas variedades são menos empregadas em larga escala, uma vez que apresentam menor produtividade agrônômica e elevada suscetibilidade a infestações por insetos, o que compromete sua viabilidade econômica e o desempenho no campo (Saldanha; Belo, 2016).

Embora frequentemente descrito como um fator antinutricional, o gossipol também exerce efeitos funcionais positivos no metabolismo de ruminantes quando utilizado em níveis seguros, demonstrando potencial como composto bioativo. Estudos indicam que o gossipol possui atividade antimicrobiana seletiva no rúmen, reduzindo populações metanogênicas e contribuindo para menor emissão de metano entérico, além de melhorar a eficiência energética da dieta (Martin, Morgavi, Doreau, 2010).

Além disso, a presença do gossipol está associada a um efeito modulatório sobre o metabolismo lipídico, favorecendo a maior utilização de ácidos graxos como fonte energética, aspecto relevante em sistemas tropicais de produção com elevada demanda calórica (Souza, 2022). Do ponto de vista fisiológico, o gossipol também apresenta propriedades antioxidantes naturais, atuando como composto fenólico protetor contra estresse oxidativo, com efeitos positivos indiretos sobre o desempenho produtivo (Pereira, 2021).

Dessa forma, quando fornecido sob controle nutricional e em dietas equilibradas, o gossipol não deve ser interpretado apenas como um limitador toxicológico, mas como um componente funcional capaz de contribuir para a eficiência alimentar e sustentabilidade da pecuária de ruminantes (Martin, Morgavi, Doreau (2010); Moreira, 2011; Pereira, 2021).

Existem diversos laboratórios no mundo inclusive no Brasil que realizam análises específicas para determinar o teor de gossipol no caroço de algodão. Essas análises são importantes tanto para a segurança alimentar de ruminantes quanto para a qualidade do subproduto utilizado na formulação de rações. Contudo, apesar da existência de laboratórios e métodos analíticos para avaliar o teor de gossipol no caroço de algodão, ainda há uma certa carência na investigação sistemática e ampla sobre esse tema, principalmente em termos de: acessibilidade, padronização, atualização de dados e inovação tecnológica para a detecção e controle do gossipol na alimentação de ruminantes. Isso reforça a importância de mais investimentos em pesquisa aplicada e extensão rural nessa área (Souza; Souza, 2023).

3.4 Panorama: caroço de algodão no Brasil, custos e meio ambiente

O caroço de algodão configura-se como um subproduto amplamente disponível no mercado brasileiro, reflexo da expressiva relevância da cotonicultura no cenário agrícola nacional. Nesse contexto, a utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes representa uma estratégia ambientalmente sustentável, ao promover o aproveitamento eficiente de resíduos que, de outra forma, seriam descartados e submetidos a processos naturais de decomposição (Rosa *et al.*, 2019).

A produção brasileira de caroço de algodão concentra-se majoritariamente nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, refletindo a distribuição geográfica da cotonicultura nacional. O estado de Mato Grosso permanece como o principal produtor, respondendo sozinho por aproximadamente 62% do caroço de algodão gerado no país, seguido pela Bahia (21%), Goiás (7%), Mato Grosso do Sul (5%) e demais estados (5%) (CONAB, 2025).

Em termos logísticos, a maior parte do caroço produzido no Centro-Oeste é direcionada ao processamento industrial para extração de óleo e produção de farelo, sendo cerca de 60% a 65% destinado à indústria esmagadora, enquanto 25% a 30% é absorvido pela cadeia pecuária principalmente nas regiões Sudeste e Sul, que apresentam baixa produção e alta demanda zootécnica. Já na região Nordeste, parte relevante do caroço (cerca de 40%) permanece para uso local, em função da pecuária leiteira e de corte regional, com o restante sendo escoado para agroindústrias do Sudeste (Embrapa, 2025).

Além do uso como ingrediente energético e proteico na alimentação de ruminantes, o caroço de algodão possui múltiplas aplicações industriais, incluindo a produção de óleo comestível, torta e farelo para formulação de rações, uso farmacêutico e cosmético devido ao teor de compostos bioativos da semente, além da utilização de subprodutos residuais na fabricação de biodiesel e fertilizantes orgânicos (Brasil, 2024). Assim, observa-se que sua cadeia logística é bem estruturada e integrada, assegurando destino economicamente viável e sustentável ao coproduto do algodoeiro em diferentes setores agroindustriais (CONAB, 2025; Embrapa, 2025; Brasil, 2024).

A inclusão de subprodutos agroindustriais nas dietas animais configura-se como uma estratégia racional de destinação desse subproduto, uma vez que tais subprodutos consistem, essencialmente, em remanescentes do processamento de matérias-primas vegetais, apresentando, por essa razão, valor agregado inferior ao dos produtos principais (Barbosa, 2021). Tal prática contribui não apenas para a otimização do uso da biomassa gerada pelas cadeias produtivas, como também para a conservação dos recursos naturais, assegurando sua disponibilidade contínua e harmônica com a permanência da atividade humana no planeta (Embrapa, 2020).

Além de representarem uma alternativa economicamente mais acessível para o produtor rural, o uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes contribui significativamente para a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais. A procura por esses insumos se justifica tanto pela economia gerada no custo da alimentação quanto pelo potencial de melhorar o desempenho zootécnico, em razão do aumento da eficiência alimentar (Moreira, 2011).

Ademais, o caroço de algodão oferece ampla flexibilidade na formulação de dietas, visto que, em grande parte dos casos, são comercializados em forma apta ao consumo direto pelos animais, sem exigência de processamento adicional, o que o torna especialmente viável para pequenas propriedades rurais, sem comprometer o desempenho produtivo dos animais (Rosa *et al.*, 2019). Neste contexto, é imprescindível que o produtor esteja atento ao valor de oportunidade do caroço de algodão, um co-produto que se destaca como alternativa estratégica para a redução dos custos com ração (Costa *et al.*, 2011).

Diante da acirrada competitividade do setor agropecuário, a incorporação do caroço de algodão na dieta de ruminantes apresenta-se como uma estratégia eficaz para a redução dos custos de produção, além de viabilizar o aproveitamento total da atividade algodoeira (Barbosa, 2021). Os ruminantes desempenham um papel fundamental na sustentabilidade da agroindústria ao permitirem o reaproveitamento de subprodutos em sua alimentação (Rosa *et al.*, 2019).

Contudo, uma das controvérsias associadas ao uso do caroço de algodão refere-se à possibilidade de alteração sensorial da carne. No entanto, estudos conduzidos pela Embrapa, em colaboração com a Universidade de São Paulo campus Pirassununga, demonstraram que tal alteração só ocorre quando o ingrediente é incluído em proporções extremamente elevadas na dieta, especificamente acima de 30% da matéria seca total. Considerando que a maior parte dos pecuaristas adota níveis inferiores a 20% na formulação alimentar, esse potencial inconveniente mostra-se plenamente manejável e de baixa relevância prática (Gonzales; Pereira, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com área semeada estimada em 2 milhões de hectares, a expansão da cotonicultura no Brasil, potencializa a disponibilidade de caroço de algodão, subproduto de elevada relevância nutricional e econômica. Caracterizado por alta densidade energética e fibra efetiva, o caroço de algodão permite o balanceamento proteico e energético de dietas ruminantes sem comprometer sua fração fibrosa, mostrando aplicabilidade em bovinos de corte e leite.

Sua liberação gradual de lipídios no rúmen confere vantagens nutricionais adicionais, enquanto a variabilidade decorrente de fatores genéticos, climáticos e de manejo, reforça a necessidade de avaliação laboratorial para assegurar uso adequado. Contudo, o caroço de algodão configura-se como alternativa sustentável e estratégica, integrando eficiência nutricional, redução de custos e aproveitamento de subprodutos agroindustriais. Espera-se que tais evidências orientem a formulação de dietas equilibradas e economicamente viáveis, além de subsidiar futuras pesquisas na área.

REFERÊNCIAS

- 3rRIBERSOLO. **Composição química do caroço de algodão para uso na pecuária**. Ribeirão Preto. 3rRibersolo Laboratórios, 2024. Disponível em: <https://www.3rlab.com.br/o-3rlab/>. Acesso em: 28 ago. 2025
- BALES, A. M. *et al.* Effect of increasing dietary inclusion of whole cottonseed on nutrient digestibility and milk production of high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 107, n. 10, p. 7798–7809, 2024. DOI: 10.3168/jds.2024-24787. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(24\)00865-8/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(24)00865-8/fulltext). Acesso em: 31 out. 2025
- BARBOSA, A. B. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes: sustentabilidade e redução de custos. **Revista de Zootecnia Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 45-58, 2021. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/viewFile/798/696>. Acesso em: 6 set. 2025
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Valor Bruto da Produção Lavouras e Pecuária. Brasília, DF: MAPA, dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros/abn-2024-12.pdf>. Acesso em: 6 set. 2025.
- CABALLERO, D. *et al.* Utilização de subprodutos agroindustriais na dieta de bovinos confinados e seu efeito sobre indicadores econômicos. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA*, 61., 2023, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: SOBER/ESALQ/USP, 2023. DOI: 10.29327/sober2023.622225. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sober2023/622225-utilizacao-de-subprodutos-agroindustriais-na-dieta-de-bovinos-confinados-e-seu-efeito-sobre-indicadores-economico>. Acesso em: 6 set. 2025.
- CATI. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Relatório de análise bromatológica do caroço de algodão**. Campinas: CATI, 2024. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/>. Acesso em: 6 set. 2025.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento** Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/25 – 7º levantamento. Brasília, DF: Conab, mar. 2025. v. 12, n. 6. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 20 maio 2025.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/25 – 6º levantamento. Brasília, DF: Conab, mar. 2025. v. 12, n. 6. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 20 maio 2025.
- CORTE, R. R. P. S. *et al.* **Meat characteristics of crossbred lambs fed normal or heated whole cottonseed**. 2008. Trabalho de evento – resumo publicado em periódico. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos; Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/>. Acesso em: 6 set. 2025.

COSTA, E. N. **Caroço de algodão em dietas de vacas lactantes**. 2017. 80 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, Itapetinga, 2017.

COSTA, Q. P. B. *et al.* Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão [Performance and carcass traits of steers fed diets containing whole cottonseed]. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 729-735, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/RHyyVyYxrYbfYG6yjbvGwbdz/?lang=pt>. Acesso em: 20 jul. 2025.

COUTINHO, C. Caroço de algodão: um ingrediente único. **Campo & Negócios**, 15 fev. 2023. Atualizado em: 15 maio 2025. Disponível em: <https://www.campoenegocios.com.br>. Acesso em: 31 ago. 2025.

EMBRAPA AGROENERGIA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: Uma abordagem sustentável**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Embrapa Agroenergia, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126255>. Acesso em: 11 out. 2025.

EMBRAPA ALGODÃO. **Histórico da cultura algodoeira no Brasil: relatório técnico conjunto**. Brasília: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/algodao>. Acesso em: 6 set. 2025.

ESALQLab. **Análises laboratoriais para o agro**. Departamento de Zootecnia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/zootecnia>. Acesso em: 6 ago. 2025.

GADELHA, I. C. N. *et al.* Gossypol toxicity from cottonseed products. **The Scientific World Journal**, v. 2014, Art. ID 231635, 11 p., 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4033412/?utm>. Acesso em: 20 set 2025

GOMES, V. S. *et al.* Meat characteristics of cattle fed diets containing whole cottonseed [Características da carne de bovinos alimentados com dietas contendo caroço de algodão]. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 4, p. 1069-1076, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/rM6cJCS8BNCM3QpFtGQ7cRy/?format=html&lang=en>. Acesso em: 28 ago. 2025

HEGARTY, R. S. *et al.* **An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock**. 1st ed. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) initiative of the Global Research Alliance (GRA), 2021.

MARCONDES, M.I. *et al.* Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 11, p. 2247-2257, nov. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/DFXmDtV74wbwyBXXqrH867q/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 set. 2025.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 351-365, mar. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731109990620?via%3Dihub>. Acesso em: 30 set. 2015.

MILKPOINT. **Uso da semente do algodão em dietas de vacas leiteiras**. *MilkPoint*, São Paulo, 22 fev. 2024. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/uso-da-semente-do-algodao-em-dietas-de-vacas-leiteiras-236250/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

MORAIS, M.L.P. **Nutrição e manejo alimentar para bovinos leiteiros**. Belo Horizonte: EMATER-MG, jun. 2020.

MOREIRA, K. K. G. **Suplementação com lipídios em dietas de bovinos de corte**. Seminário (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

NOGUEIRA, R. G. S. **Emissões de metano entérico e das fezes, parâmetros fermentativos ruminais e comportamento ingestivo de bovinos alimentados com caroço de algodão e vitamina E**. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Cotações do caroço de algodão e farelo de soja** – Mato Grosso, outubro de 2025. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/items/5ea3a02a-b27e-4da5-ab26-56a044bd5ca2>. Acesso em: 25 ago. 2025

OLIVEIRA, J. A. S. *et al.* Avaliação no ganho de peso de bovinos de corte confinados alimentados com caroço de algodão. *In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, 10.; SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO, 7., 2015, Pouso Alegre. **Anais [...]**. Pouso Alegre: Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, 2010, p. 1-4. Disponível em: <https://memoriajornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcmuz2/jcmuz2/paper/viewFile/4529/3368>. Acesso em: 13 set. 2025.

GONZALES, I. E.; PEREIRA, A. S. C. Qualidade sensorial da carne de bovinos confinados com dieta contendo caroço de algodão integral e vitamina E. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA USP*, 22., 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 2014. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/siicPublicacao.jsp?codmnu=7210>. Acesso em: 6 nov. 2025. Acesso em: 29 set. 2025.

PEREIRA, D. M. **Uso de caroço de algodão na dieta de vacas lactantes**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1917>. Acesso em: 28 set. 2025.

POLIZEL, D.M.; SOARES, L.C.B. **Caroço de algodão: qual a qualidade nutricional do coproduto que utilizo na minha propriedade?** *MilkPoint*, Piracicaba, 2 set. 2021. em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/esalqlab/caroco-de-algodao-qual-a-qualidade-nutricional-do-coproduto-227057/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

PORCIÚNCULA, G. C. da. Características e efeitos do caroço de algodão na alimentação e nutrição de ruminantes. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia) – Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, 2012.

REHAGRO. **Fibra efetiva na nutrição de gado de corte: qual a importância?** Rehagro Blog, Belo Horizonte, 2024. em: <https://rehagro.com.br/blog/fibra-efetiva-nutricao-gado-de-corte/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

ROSA, P. P. da *et al.* Utilização de coprodutos industriais na alimentação de ruminantes: revisão bibliográfica. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 222–234, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2695>. Acesso em: 20 set. 2025.

SALDANHA, I. C; BELO, M. A.A. **Gossipol**: toxicidade dos produtos do algodão. Descalvado, SP: Produção Animal Universidade Brasil, Boletim Técnico, n. 20, dez. 2016. Disponível em: https://universidadebrasil.edu.br/portal/_biblioteca/uploads/20190610152945.pdf. Acesso em: 28 set. 2025

SAVASTANO, S. **Caroço de algodão na alimentação bovina**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 2024. em: https://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/bovinocultura/caroco_algodao.php. Acesso em: 6 set. 2025.

SOUZA, R.J; SOUZA, LUIZ G. A. Viabilidade econômica da pecuária de leite e da pecuária de corte na região nordeste do estado de São Paulo: uma análise comparativa para pequenas propriedades rurais. **Economia & Região**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 424-444, 2023. DOI: 10.5433/2317-627X.2023.v11.n3.48314. em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.html/article/view/48314>. Acesso em: 6 set. 2025.

SOUZA, S. V. Lipídios em dietas para ruminantes e seus efeitos sobre a qualidade da carne. **Veterinária e Zootecnia**, v. 29, p. 001-012, 2022. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/download/692/573/4082>. Acesso em: 20 set. 2025

USDA, United States Department of Agriculture. **Cotton**: world markets and trade. Washington, DC: USDA, 2018. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/cotton.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2025.

VALADARES FILHO, S. C. *et al.* **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. em: <https://brcorte.com.br/assets/book2016/br/c0.pdf>. Acesso em: 14 set. 2025

VILLELA, R. Aditivos na nutrição bovina: em cada fase, uma estratégia. **Revista DBO**, São Paulo, 12 mar. 2025. Seção: Aditivos, Capa. Disponível em: <https://www.revistadbo.com.br>. Acesso em: 6 ago. 2025.