



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO EM  
DIETAS À BASE DE PALMA FORRAGEIRA PARA  
VACAS MESTIÇAS EM LACTAÇÃO**

Autor: Ariely da Silva Carvalho  
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
Maio de 2025

**ARIELY DA SILVA CARVALHO**

**CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO EM DIETAS À  
BASE DE PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS MESTIÇAS EM  
LACTAÇÃO**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Bráulio Rocha Correia

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
Maio de 2025

Ficha Catalográfica Preparada pela Biblioteca da UESB, Campus de Itapetinga

636.085 Carvalho, Ariely da Silva.

C321c Casca de soja em substituição ao milho em dietas à base de palma forrageira para vacas mestiças em lactação. / Ariely da Silva Carvalho. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2025.  
60fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Área de Concentração em Produção de Ruminantes. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fabiano Ferreira da Silva e coorientação do Prof. D. Sc. Bráulio Rocha Correia.

1. Vacas em lactação - Palma forrageira - Consumo. 2. Vacas em lactação - Dieta - Casca de soja. 3. Palma forrageira - Alimentação - Novilhas leiteiras. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Silva, Fabiano Ferreira da. III. Correia, Bráulio Rocha. IV. Título.

**CDD (21): 636.085**


Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB  
Recredenciada pelo Decreto Estadual  
Nº 16.825, de 04.07.2016

## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

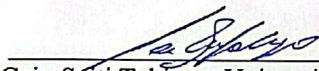
**Título: “CASCA DE SOJA EM DIETAS À BASE DE PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS MESTIÇAS EM LACTAÇÃO”**

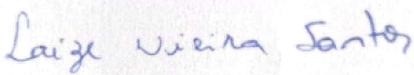
**Autora:** Ariely Da Silva Carvalho  
**Orientador:** Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva  
**Coorientador:** Prof. Dr. Bráulio Rocha Correia

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **FABIANO FERREIRA DA SILVA**  
Data: 23/05/2025 10:13:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva - UESB  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cajo Seiti Takiya – Universidade Tecnológica Federal do Paraná;

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Laize Vieira Santos – UESB - UESB

Data de realização: 21 de maio de 2025.

Campus de Itapetinga

(77) 3261-8628 | [ppz@uesb.edu.br](mailto:ppz@uesb.edu.br)

**Campus de Itapetinga**  
Praça da Primavera, 49  
Bairro Primavera  
CEP 45700-000  
PABX: (77) 3261 - 8600

**Campus de Jequié**  
Rua José Moreira Sobrinho, s/n  
Bairro Jequezinho  
CEP 45200 - 000  
PABX: (73) 3528 - 9600

**Campus de Vitória da Conquista**  
Estrada do Bem Querer, km 4  
Bairro Universitário  
CEP: 45031 - 300  
PABX: (77) 3424 - 9600

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

*Josué 1:9*

Aos meus pais, Arivaldo e Nery Rose, à minha avó, Almair e às minhas irmãs, Sophia e Yasmin.

.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser minha base, por abençoar e conduzir meus passos ao longo dessa jornada, me fortalecendo nos momentos de dificuldade e me dando coragem para seguir em busca dos meus sonhos.

Aos meus pais, Arivaldo e Nery Rose, e à minha avó, Almair Alves da Silva, agradeço profundamente pelo amor, esforço e apoio incondicional em todas as fases da minha vida. Vocês são meu alicerce e meu maior exemplo de luta, honestidade e dedicação. Sem vocês, eu jamais teria chegado até aqui. Amo vocês imensamente.

Ao meu namorado e melhor amigo, Mateus Dantas Sobral, sou grata por todo o apoio, paciência e por acreditar em mim mesmo quando nem eu conseguia. Obrigada por estar ao meu lado em cada desafio. Te amo.

Às minhas irmãs, Sophia e Yasmin, pelo amor, carinho, incentivo e torcida constante. Mesmo distantes, vocês sempre serão minha fortaleza. À minha irmã de coração, Karla Mileny Leite Carneiro, obrigada por me acolher e me apoiar, ainda que virtualmente. Amo vocês.

A todos os meus familiares e amigos que acreditam na minha capacidade. Em especial, à tia Nely, tio Sebastião, tio Nilton e aos meus primos: Pablo, Nycolas e Otávio.

Às amigas que conquistei: Talia, Thais e Laize, pela amizade verdadeira e companheirismo ao longo desses dois anos de convivência. Vocês têm um lugar especial no meu coração.

Ao meu orientador, D.Sc. Fabiano Ferreira da Silva, pela oportunidade, paciência e valiosos ensinamentos. Ao meu coorientador, D.Sc. Bráulio Rocha Correia, agradeço pelo incentivo e orientação desde a graduação, sempre presente e disposto a contribuir para minha formação.

Aos colegas do Núcleo de Pesquisa em Bovinocultura de Leite (NPBL), minha sincera gratidão pela ajuda, apoio e amizade em todas as etapas do experimento.

Aos funcionários e amigos da Fazenda Valeu Boi — Dalva, Tayane, Gabriel, Lano, Rian e Dilson —, agradeço por toda a colaboração e apoio no desenvolvimento do experimento a campo.

Aos estudantes da graduação que auxiliaram nos comportamentos e coletas, e aos funcionários do setor de Bovinocultura da UESB, em especial Pelé e Tim, minha gratidão pelo auxílio prestado sempre que necessário.

Ao amigo Zé, do Laboratório de Forragicultura e Pastagens, pela paciência em esclarecer minhas dúvidas sobre as análises bromatológicas e pelo apoio nas execuções de algumas delas. À Aroldo e Ana, pela convivência e disponibilidade em auxiliar nas

análises realizadas no Laboratório de Métodos de Separação Química. À George, do Laboratório de Fisiologia Animal, agradeço pela atenção, disposição e ajuda em todas as etapas no laboratório e mesmo antes delas, por todos os ensinamentos e instruções recomendadas.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus Itapetinga, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, professores e funcionários, e demais setores da UESB, especialmente aos motoristas, pela competência, apoio e colaboração ao longo das etapas à campo.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização deste trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a concretização desta dissertação: meu mais sincero agradecimento.

**Muito obrigada.**

## **BIOGRAFIA**

ARIELY DA SILVA CARVALHO, filha de Nery Rose da Silva Andrade Carvalho e Arivaldo Leite Carvalho, nasceu em Nossa Senhora das Dores- SE, no dia 29 de junho de 1999.

Em 2017, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Sergipe/Campus Sertão, concluindo-o em julho de 2022.

Em março de 2023, iniciou o mestrado no programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, concluindo-o em maio de 2025.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
I – REFERENCIAL TEÓRICO .....	1
1.1 Introdução .....	1
1.2 Panorama da bovinocultura de leite no Brasil.....	2
1.3 Utilização de alimentos alternativos na nutrição de vacas leiteiras.....	4
1.4 Palma forrageira na alimentação de vacas lactantes.....	5
1.5 Potencial do uso da casca de soja na alimentação de vacas leiteiras.....	7
1.6 Referências Bibliográficas .....	10
II – OBJETIVOS .....	14
III – MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Comitê de ética .....	15
3.2 Local e período experimental.....	15
3.3 Delineamento experimental.....	15
3.4 Tratamentos e composição das dietas.....	15
3.5 Produção de leite.....	19
3.6 Avaliação do consumo, digestibilidade e ganho de peso.....	19
3.7 Balanço de compostos nitrogenados.....	20
3.8 Parâmetros ruminais .....	22
3.9 Comportamento ingestivo .....	22
3.10 Análise estatística .....	23
3.11 Análises químico-bromatológicas .....	24
IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
V – CONCLUSÃO .....	35
VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
<b>Figura 1.</b> Dietas com diferentes níveis de casca de soja.....	16
<b>Figura 2.</b> Palma triturada.....	16

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição químico-bromatológica da palma forrageira adubada e sem adubação na porcentagem de matéria seca.....	5
TABELA 2. Composição químico-bromatológica da casca de soja na porcentagem de matéria seca.....	8
TABELA 3. Composição químico-bromatológica dos ingredientes da dieta.....	17
TABELA 4. Proporção dos ingredientes da dieta com base na matéria seca.....	17
TABELA 5. Composição químico-bromatológica da dieta total.....	18
TABELA 6. Consumo de matéria seca e nutrientes de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de casca de soja.....	26
TABELA 7. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes de vacas em lactação confinadas recebendo diferentes níveis de casca de soja na dieta.....	27
TABELA 8. Desempenho de vacas em lactação confinadas recebendo diferentes níveis de casca de soja na dieta.....	28
TABELA 9. Composição do leite de vacas em lactação confinadas alimentadas com diferentes níveis de casca de soja na dieta.....	28
TABELA 10. Balanço de compostos nitrogenados de vacas em lactação confinadas recebendo níveis de inclusão de casca de soja na dieta.....	30
TABELA 11. Produção de proteína microbiana e eficiência microbiana de vacas em lactação confinadas recebendo níveis de casca de soja na dieta.....	31
TABELA 12. Concentração de Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) em mg. dL <sup>-1</sup> e valores de pH do fluido ruminal de vacas lactantes confinadas, alimentadas com diferentes níveis de casca de soja.....	31
TABELA 13. Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com níveis crescentes de casca de soja.....	32
TABELA 14. Parâmetros de eficiência alimentar e mastigação merícica de	

vacas em lactação confinadas recebendo níveis de inclusão de casca de soja na dieta.....	33
TABELA 15. Atividades comportamentais de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de soja.....	34

## RESUMO

CARVALHO, A. S. **Casca de soja em substituição ao milho em dietas à base de palma forrageira para vacas mestiças em lactação.** Itapetinga, BA: UESB, 2025. 42p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).\*

Objetivou-se avaliar a potencialização da utilização da palma forrageira nas dietas através da substituição da fonte de milho por casca de soja no concentrado de vacas leiteiras analisando o consumo e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, o desempenho produtivo e a composição do leite, o balanço de compostos nitrogenados, a síntese de proteína microbiana, o nitrogênio amoniacal, pH do líquido ruminal e o comportamento ingestivo. O experimento a campo foi conduzido por 84 dias, na Fazenda Valeu Boi, localizada no município de Encruzilhada – BA. Foram utilizadas 8 vacas mestiças Holandês x Zebu (grau de sangue variando de 3/4 a 5/8 H x Z), de terceira ou quarta lactação, com peso corporal médio de  $536 \pm 71$  kg, estando entre 80 e 120 dias em lactação, distribuídas em 2 Quadrados Latinos 4 x 4. A dieta foi formulada contendo aproximadamente 35% de palma com base na matéria seca e os tratamentos consistiram em quatro níveis de inclusão de casca de soja em substituição ao milho na matéria seca da dieta total: 0 (controle), 5,80%, 11,65% e 17,45%. Foram realizadas análises de variância e de regressão, utilizando-se o software SAS (2008). A substituição do milho por casca de soja não alterou significativamente o consumo ( $\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) de matéria seca ( $Y=17,54$ ), proteína bruta ( $Y=2,26$ ), extrato etéreo ( $Y=0,51$ ) e nutrientes digestíveis totais ( $Y=10,71$ ). O consumo de fibra em detergente neutro apresentou efeito linear crescente, por outro lado, o consumo de carboidratos não fibrosos apresentou efeito linear decrescente. Os níveis de inclusão da casca de soja em substituição ao milho não influenciaram significativamente a digestibilidade (%) da matéria seca ( $Y=59,75$ ), proteína bruta ( $Y=77,99$ ), carboidratos não fibrosos ( $Y=77,77$ ) e nutrientes digestíveis totais ( $Y=61,30$ ), no entanto, houve efeito linear decrescente para a digestibilidade do extrato etéreo e a digestibilidade da fibra em detergente neutro expressou efeito linear crescente. Não houve diferença significativa para a produção de leite, produção de leite corrigida para 4% de gordura, peso médio corporal e eficiência alimentar, assim como, não houve influência nos teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e sólidos desengordurados do leite. Não houve diferença significativa para determinados parâmetros do balanço de compostos nitrogenados, exceto para a excreção de nitrogênio urinário que apresentou efeito quadrático. Não houve efeito sobre a concentração de nitrogênio amoniacal e valores de pH do fluido ruminal. Também não foi verificado efeito significativo sobre o comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com a inclusão da casca de soja na dieta, assim como não ocorreu diferença significativa para a eficiência alimentar e atividades comportamentais. A substituição total do milho por casca de soja, até o nível de 17,45% de casca de soja na matéria seca da dieta, em substituição ao milho, mostrou-se neste estudo uma alternativa viável para vacas em lactação com produção de até 19 kg/dia.

**Palavras-chave:** bovinocultura, nutrição animal, *Opuntia ficus*, produção de leite.

---

\* Orientador: Fabiano Ferreira da Silva, Dr. UESB e Coorientador: Bráulio Rocha Correia, Dr. UESB

## ABSTRACT

CARVALHO, A. S. **Soybean hulls replacing corn in forage palm-based diets for lactating crossbred cows.** Itapetinga, BA: UESB, 2025. 42p. Dissertation. (Master's in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production).\*

The objective of this study was to evaluate the potential use of forage cactus in diets by replacing corn with soybean hulls in the concentrate of dairy cows, analyzing the intake and digestibility of dry matter and nutrients, productive performance and milk composition, the balance of nitrogen compounds, microbial protein synthesis, ammonia nitrogen, ruminal fluid pH and ingestive behavior. The field experiment was carried out for 84 days at Valeu Boi Farm, located in the municipality of Encruzilhada - BA. Eight crossbred Holstein x Zebu cows (blood grade ranging from 3/4 to 5/8 H x Z), third or fourth lactation, with an average body weight of  $536 \pm 71$  kg, and between 80 and 120 days in lactation, were distributed in two 4 x 4 Latin Squares. The diet was formulated containing approximately 35% palm based on dry matter and the treatments consisted of four amounts of inclusion of soybean hulls to replace corn in the dry matter of the total diet: 0 (control), 5.80%, 11.65% and 17.45%. Analyses of variance and regression were performed using SAS software (2008). The replacement of corn by soybean hulls did not significantly alter the intake (kg.day<sup>-1</sup>) of dry matter (Y=17.54), crude protein (Y=2.26), ether extract (Y=0.51) and total digestible nutrients (Y=10.71). The intake of neutral detergent fiber showed an increasing linear effect, on the other hand, the intake of non-fibrous carbohydrates showed a decreasing linear effect. The inclusion levels of soybean hulls in replacement of corn did not significantly influence the digestibility (%) of dry matter (Y=59.75), crude protein (Y=77.99), non-fibrous carbohydrates (Y=77.77) and total digestible nutrients (Y=61.30); however, there was a decreasing linear effect for the digestibility of ether extract and the digestibility of neutral detergent fiber expressed an increasing linear effect. There was no significant difference in milk production, milk production corrected for 4% fat, average body weight and feed efficiency, as well as no influence on the levels of protein, fat, lactose, total solids and defatted solids in milk. There was no significant difference in certain parameters of the balance of nitrogen compounds, except for urinary nitrogen excretion, which showed a quadratic effect. There was no effect on the concentration of ammoniacal nitrogen and pH values of the ruminal fluid. There was also no significant effect on the ingestive behavior of lactating cows fed with the inclusion of soybean hulls in the diet, as well as no significant difference in feed efficiency and behavioral activities. The total replacement of corn by soybean hulls, up to the level of 17.45% of soybean hulls in the dry matter of the diet, as a replacement for corn, was shown in this study to be a viable alternative for lactating cows with production of up to 19 kg/day.

**Keywords:** animal nutrition, cattle farming, milk production, *Opuntia ficus*,

---

\* Advisor: Fabiano Ferreira da Silva, Dr. UESB and Co-advisor: Bráulio Rocha Correia, Dr. UESB.

## I – REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 INTRODUÇÃO

A cadeia do leite e derivados possui grande representatividade econômica e social no Brasil, visto que 98% dos municípios brasileiros atuam na produção de mais de 34 bilhões de litros de leite por ano (MAPA, 2024).

Apesar de o Brasil ser amplamente reconhecido por sua produtividade agropecuária, a variabilidade climática entre as regiões brasileiras impacta diretamente o desenvolvimento vegetal e, por consequência, o desempenho animal. Nesse contexto, os alimentos alternativos tornam-se estratégicos, especialmente quando há alta nos preços dos insumos convencionais como o milho e a soja. (Fluck et al., 2023).

No Nordeste as secas constantes tendem a limitar a produção de forragens, forçando os agricultores a buscarem fontes alternativas de alimentos (Dos Santos e Dos Santos, 2018). Nesse sentido, a palma forrageira se apresenta como uma das principais opções para a região, sendo possível utilizá-la em até 60% na alimentação dos bovinos, com base na matéria seca (Voltolini et al., 2016). Além da sua importância como forragem, esta contribui para o atendimento de grande parte da necessidade de água exigida pelos animais, entretanto, por apresentar um baixo nível de fibra em detergente neutro, sua utilização deve ser feita com a inclusão de ingredientes com teores de fibra superiores a 30%, como a casca de soja, por exemplo (SENAR, 2013).

A casca de soja pode ser utilizada em até 25% da dieta de vacas em lactação com base na matéria seca (Jesus, 2020). Sua utilização em substituição aos grãos de cereais mais utilizados na nutrição animal, como o milho, apresenta potencial de uso devido a características como elevada digestibilidade da fração de fibra em detergente neutro, extensa fermentação ruminal e benefícios no controle do pH ruminal, o que possibilita a otimização da produção e redução dos custos finais (Polizel e Soares, 2021).

Diante do exposto, a utilização da palma forrageira com a inclusão da casca de soja possivelmente é uma alternativa viável para a alimentação de vacas em lactação, sobretudo na região Nordeste ou áreas com condições relacionadas, visto que, ambos são alimentos alternativos que vêm sendo utilizados como possíveis ingredientes na nutrição de ruminantes, principalmente em zonas já adaptadas à palma forrageira e com disponibilidade da casca de soja.

## 1.2 PANORAMA DA BOVINOCULTURA DE LEITE NO BRASIL

A cadeia produtiva do leite é uma das principais atividades econômicas do Brasil, desempenha um papel fundamental na geração de emprego e renda. No terceiro trimestre de 2024, o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro alcançou 3 trilhões de reais, com a agropecuária contribuindo com 162,857 bilhões desse total (IBGE, 2024).

Nos últimos anos, o volume de produção de leite no Brasil apresentou pouca evolução, influenciado por diversos fatores, entre eles a saída de produtores da atividade. Em 2013, o país produzia 64,5 milhões de litros/dia de leite inspecionado, número que subiu modestamente para 64,9 milhões em 2022. No entanto, houve uma significativa redistribuição geográfica da produção. No Sudeste, a produção caiu de 26 milhões de litros/dia em 2013 para 24,1 milhões em 2022. Em contrapartida, a região Sul assumiu a liderança nacional, atingiu 26,1 milhões de litros/dia no mesmo período. Houve também uma redução na produção das regiões Norte e Centro-Oeste, enquanto o Nordeste registrou o maior crescimento entre todas as regiões, com um aumento de 63%, elevou a produção de leite inspecionado de 3,1 para 5,1 milhões de litros/dia (Oliveira, Martins e Carneiro, 2023).

Em 2023, a produção total de leite no Brasil atingiu 35,4 bilhões de litros. Entretanto, o número de vacas ordenhadas registrou uma leve redução de 0,1% em relação a 2022, alcançando o menor patamar desde 1979 (IBGE, 2023). Esse cenário indica um aumento na eficiência do setor leiteiro, que tem conseguido elevar a produtividade mesmo com um menor número de animais. Esse avanço é resultado da crescente tecnificação da pecuária leiteira, impulsionada por investimentos em manejo mais eficiente e tecnologias inovadoras.

Desde 2021, a produção de leite no Brasil tem sido impactada por diversos fatores, incluindo a saída de produtores da atividade e a redução do rebanho em vários estados. A alta nos preços dos principais insumos da alimentação animal, como milho e soja, o abandono crescente da atividade, a escassez de mão-de-obra e a migração de parte dos sistemas produtivos para o confinamento têm elevado os custos de produção (Silva, 2023). Além disso, devido à diversidade climática do país, a sazonalidade no Brasil tem afetado diretamente a disponibilidade dos ingredientes essenciais para a alimentação dos rebanhos (Brandalise et al., 2024).

A nutrição é um dos principais fatores que determinam o sucesso da pecuária leiteira. As vacas em lactação possuem exigências nutricionais diferentes, ligada

diretamente à produção de leite diária. Para otimizar a eficiência produtiva e garantir um maior volume de leite, é essencial atender plenamente às necessidades nutricionais dos animais, uma vez que, além de contribuir para a manutenção da saúde e do bem-estar animal, uma alimentação equilibrada influencia positivamente o desempenho reprodutivo e a qualidade do leite produzido (Morais, 2020).

No Brasil, a bovinocultura leiteira é conduzida em diferentes sistemas produtivos, que variam entre extensivo, semi-intensivo e intensivo. A produção forrageira, fundamental para a alimentação do rebanho, é diretamente influenciada pela sazonalidade climática, que influencia a qualidade e a quantidade das pastagens, e essas variações determinam a oferta do leite em diferentes regiões nacionais (Peixoto, Andrade e Pires, 2023).

Em 2023, a produção de ração para os bovinos leiteiros totalizou 6,43 milhões de toneladas, representando uma redução de 1,1% em relação a 2022. Esse declínio está associado à queda no consumo de produtos lácteos, ao aumento das importações de leite e à desvalorização dos preços pagos aos produtores ao longo do ano (Rentero, 2024). Além desses fatores, os impactos das mudanças climáticas já são amplamente reconhecidos e exercem influência significativa sobre a agropecuária, uma vez que afetam diretamente a produção vegetal e, conseqüentemente, a produção animal.

Para enfrentar essas adversidades e garantir a sustentabilidade da pecuária leiteira, é necessário desenvolver um marco conceitual que integre estratégias técnicas, institucionais e processuais. Isso permitirá aos produtores maior segurança na tomada de decisões em um ambiente cada vez mais incerto, especialmente no que se refere às projeções climáticas e sua influência sobre a agropecuária brasileira, com destaque para a região Nordeste (Goulart et al., 2021).

Nos últimos anos, tem-se observado um avanço significativo na produção de leite na região Nordeste do Brasil, especialmente em comparação com as demais regiões do país. Esse crescimento resulta de uma combinação de fatores naturais, econômicos, sociais e culturais que, de forma integrada, têm impulsionado o desenvolvimento da atividade leiteira na região. Entre esses fatores, destacam-se o melhoramento genético do rebanho, o avanço na produção de palma forrageira como suplemento alimentar e a vocação dos produtores para lidar com as adversidades climáticas (Souza, 2023).

Nesse contexto, a produção leiteira no semiárido nordestino, embora desafiada por limitações como a escassez hídrica, especialmente durante os períodos de seca, tem conseguido manter-se em expansão. Um dos principais responsáveis por essa resiliência

produtiva é justamente o cultivo da palma forrageira, que se consolidou como uma alternativa alimentar estratégica para os rebanhos da região. Essa cactácea, altamente adaptada às condições do semiárido, destaca-se por sua resistência à estiagem prolongada e pela elevada aceitabilidade dos animais, contribuindo significativamente para a manutenção do estado nutricional dos mesmos e, conseqüentemente, para a sustentabilidade da produção leiteira regional (Souza, 2023).

### **1.3 UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS NÃO CONVENCIONAIS NA NUTRIÇÃO DE VACAS LEITEIRAS**

A nutrição animal representa uma parcela significativa dos custos produtivos da atividade leiteira, especialmente quando são utilizados alimentos convencionais, cujo preço é influenciado pelo mercado global. Nesse contexto, o uso de alimentos alternativos surge como uma estratégia para reduzir despesas sem comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

Diversos alimentos alternativos vêm sendo estudados como opções viáveis para a dieta de vacas leiteiras, incluindo resíduos de culturas, coprodutos do processamento de grãos e forragens alternativas que além dos benefícios econômicos e nutricionais, sua utilização também pode contribuir para a sustentabilidade da pecuária leiteira. No entanto, esses alimentos apresentam grande variação no teor de nutrientes, tornando necessária uma análise prévia para garantir seu uso adequado na alimentação animal (Lardy et al., 2022).

A substituição dos alimentos convencionais por alternativos deve ser feita de forma técnica, considerando o sistema de produção e o perfil dos animais. Vacas leiteiras com menores produção de leite, toleram níveis mais altos de substituição dos alimentos convencionais por ingredientes alternativos, quando comparadas a vacas de alta produção. Conforme estudos, alguns alimentos não convencionais, como a casca de soja, quando substituem parcialmente os alimentos convencionais, como o milho, para vacas de menor produtividade pode contribuir para a manutenção da produção e do teor de gordura do leite, além de reduzir os riscos de distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal (Santos, 2013).

Portanto, a utilização dos alimentos alternativos na dieta de vacas leiteiras pode ser uma estratégia eficaz para reduzir custos e aumentar a sustentabilidade da produção. No entanto, tal inclusão deve ser baseada em critérios técnicos, garantindo o equilíbrio

nutricional da dieta e o desempenho dos animais. Além disso, é fundamental avaliar a viabilidade econômica, assegurando que a substituição dos ingredientes convencionais traga benefícios reais para o produtor.

#### 1.4 PALMA FORRAGEIRA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LACTANTES

A palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*), originária do México, foi introduzida no Brasil durante o período da colonização, inicialmente para a criação da cochonilha-do-carmim (*Dactylopius coccus*). Posteriormente, passou a ser recomendada como forrageira para alimentação animal, sendo amplamente utilizada em regiões áridas e semiáridas do Brasil e do mundo, caracterizadas por temperaturas elevadas, alta radiação solar e escassez hídrica (Rufino et al., 2023).

Devido à sua adaptabilidade a condições climáticas adversas e ao seu valor nutricional (Tabela 1), a palma forrageira tornou-se um recurso essencial na alimentação de ruminantes em regiões semiáridas.

**Tabela 1.** Composição químico-bromatológica da palma forrageira adubada e sem adubação na porcentagem de matéria seca.

Referência	Tipo de Adubação	Quantidade	MS <sup>1</sup>	PB <sup>2</sup>	FDA <sup>3</sup>
Wanderley et al. (2012)	Sem adubação	-	9,10	4,92	20,38
Pessoa et al. (2013)	Sem adubação	-	9,39	3,82	22,50
SENAR (2013)	Sem adubação	-	10,20	4,50	-
Cavalcante et al. (2014)	Sem adubação	-	6,37	5,42	20,93
Peixoto et al. (2018)	Sem adubação	-	8,96	5,15	18,53
Magalhães et al. (2021)	Sem adubação	-	9,56	-	18,84
Média			8,93	4,76	20,24
Silva et al. (2013)	NP (kg ha <sup>-1</sup> )	200-150	7,71	12,44	18,10
Silva et al. (2013)	NPK (kg ha <sup>-1</sup> )	200-150-100	7,72	12,35	18,24
Barros et al. (2016)	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	30	6,25	10,50	19,00
Barros et al. (2016)	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	60	6,50	11,00	20,00
Barros et al. (2016)	Esterco bovino	90	6,00	12,00	21,50

(Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)

Média	6,84	11,66	19,37
-------	------	-------	-------

<sup>1</sup>MS= Matéria seca (%); <sup>2</sup>PB= Proteína bruta (%); <sup>3</sup> FDA=Fibra em detergente ácido (%).

Essa cactácea representa uma alternativa viável para produtores que enfrentam dificuldades no acesso a culturas tradicionalmente utilizadas na alimentação animal, como milho e sorgo (Voltolini et al., 2022). Além disso, apresenta características nutricionais favoráveis, destacando-se como uma fonte de energia, com alta digestibilidade e boa aceitação pelos animais, uma vez que, a palma apresenta coeficientes de digestibilidade in vitro na matéria seca alta, em torno de 79 e 82% (Magalhães et al. 2021). Outra vantagem relevante é a manutenção de sua composição nutricional mesmo durante a seca, além de seu alto teor de água, que contribui significativamente para a hidratação dos animais criados em ambientes com restrição hídrica (Voltolini et al., 2022).

A palma forrageira pode ser fornecida aos animais de diversas formas, como cladódios picados diretamente no cocho, na forma de farelos desidratados para compor a ração ou ainda por meio da ensilagem. O pastejo direto também é uma possibilidade, mas o método mais amplamente utilizado na pecuária é o fornecimento da palma picada (Leme, 2022).

Apesar dos benefícios, não se recomenda o uso exclusivo da palma na dieta animal devido ao seu baixo teor de fibra em detergente neutro e proteína bruta. Em dietas para vacas lactantes, a palma forrageira pode compor até 60% da matéria seca consumida diariamente, desde que seja balanceada com uma fonte de fibra, que deve representar cerca de 25% e 15% de concentrado (Voltolini et al., 2016). Para evitar prejuízos ao funcionamento ruminal, é necessário associá-la a fontes de fibra de alta efetividade e proteínas, sendo a melhor maneira de fornecimento na forma de ração completa, onde as fontes de fibra, minerais, concentrados e a palma são fornecidos juntos (Brandão e Eustáquio Filho, 2021).

O consórcio da palma forrageira com diferentes fontes de fibra tem sido estudado como estratégia para melhorar a eficiência alimentar. Sobral et al. (2022) analisaram dietas baseadas em palma associada a diferentes silagens, como atriplex, sorgo, gliricídia e maniçoba, verificando que essa combinação não compromete o consumo diário de matéria seca, a produção e composição do leite, a síntese de proteína microbiana e o balanço de compostos nitrogenados em vacas da raça Sindi em lactação.

Além disso, Silva et al. (2024) avaliaram a substituição do milho pela palma forrageira em dietas para vacas leiteiras e constataram que a cactácea pode substituir o milho até 100% sem impactos negativos sobre o consumo de nutrientes, a digestibilidade e a produção leiteira.

Em síntese, a palma forrageira destaca-se como uma cultura altamente eficiente para regiões semiáridas, devido à sua capacidade de produzir biomassa mesmo sob condições de estresse hídrico. As principais cultivares utilizadas, gigante, redonda e miúda, apresentam produtividades de massa verde em mesmas condições de plantio e adubação de 241,75, 277,79 e 124,66 toneladas por hectare, respectivamente (Silva et al., 2014), o que garante uma fonte viável de alimento e água para os animais. A inclusão parcial dessa forrageira na dieta animal pode reduzir a dependência de insumos convencionais, diminuir os custos de produção, promover a sustentabilidade das propriedades rurais e mitigar os impactos das adversidades climáticas sobre a agropecuária, contribuindo para a resiliência dos sistemas produtivos em regiões semiáridas (Pastorelli et al., 2022).

## **1.5 POTENCIAL DO USO DA CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS**

A busca por alternativas alimentares sustentáveis tem sido um desafio constante na pecuária, visando à redução de custos e o aproveitamento dos subprodutos agroindustriais. No Brasil, a soja possui grande representatividade na agricultura, sendo que, em 2023, a produção nacional atingiu 152.144.238 toneladas e gerou uma receita de 348.661.338 mil reais para o país (IBGE, 2023). Nesse contexto, a casca de soja, resíduo gerado no processamento do grão para a obtenção do farelo e óleo, tem se destacado como um ingrediente promissor na nutrição animal devido ao seu valor energético e ampla disponibilidade no mercado, especialmente em regiões produtoras da matéria-prima.

As características nutricionais da casca de soja (Tabela 2) permitem sua utilização como substituto parcial dos grãos tradicionalmente usados na alimentação animal. Estudos indicam que essa substituição apresenta grande potencial, devido à elevada digestibilidade da fração de fibra em detergente neutro (FDN), extensa fermentação ruminal, significativa produção de ácidos graxos de cadeia curta e efeitos benéficos no controle do pH ruminal.

**Tabela 2.** Composição químico-bromatológica da casca de soja na porcentagem de matéria seca.

Referência	MS <sup>1</sup>	PB <sup>2</sup>	EE <sup>3</sup>	FDN <sup>4</sup>	FDA <sup>5</sup>	NDT <sup>6</sup>
Tomlinson et al. (1991)	87,60	11,30	-	72,30	46,10	71,00
Zambom et al. (2001)	90,70	9,99	1,38	69,20	43,02	-
Quadros et al. (2007)	91,84	15,49	-	56,47	42,09	-
Moreira et al. (2009)	88,85	13,11	2,19	55,94	41,86	-
Negrão et al. (2020)	90,00	14,00	2,60	70,00	53,00	77,00
Callegaro et al. (2020)	90,10	15,43	1,34	59,38	40,76	61,21
Mitchell et a. (2021)	92,90	11,40	-	63,10	47,70	
Krusinski et al. (2022)	89,98	9,47	-	68,29	51,72	-
Santana et al. (2023)	88,97	14,69	1,05	65,56	39,37	-
Média	90,10	12,76	1,71	64,47	45,07	69,74

<sup>1</sup>MS= Matéria seca; <sup>2</sup>PB= Proteína bruta; <sup>3</sup>EE= Extrato etéreo; <sup>4</sup>FDN=Fibra em detergente neutro; <sup>5</sup>FDA=Fibra em detergente ácido; <sup>6</sup>NDT= Nutrientes digestíveis totais.

No entanto, por se tratar de um subproduto agroindustrial, diversos fatores podem influenciar sua composição nutricional. A qualidade da matéria-prima (grão de soja) e os processos industriais empregados podem resultar em variações significativas, as quais devem ser monitoradas para otimizar a formulação das dietas (Polizel e Soares, 2021).

Nos ruminantes, a casca de soja é utilizada como fonte de fibra e energia. Pesquisas demonstram que sua inclusão na dieta pode substituir parcialmente ingredientes convencionais, como o milho, sem comprometer o desempenho produtivo. Ademais, na alimentação de bezerros, a ingestão dos pellets da casca de soja influencia na adaptação às rações iniciais, contudo, é essencial equilibrar a dieta em termos de volumoso e concentrado para garantir o melhor aproveitamento nutricional (Mitchell et al., 2020). Santana et al. (2023), ao avaliarem a inclusão da casca de soja na dieta de bezerros mestiços leiteiros em fase de pré-desmame, observaram que sua utilização pode alterar a digestibilidade, mas não compromete o desempenho dos animais nem altera seus parâmetros sanguíneos.

A substituição do milho em grão pela casca de soja, quando realizada em níveis adequados, não provoca alterações na produção de leite, no consumo de matéria seca ou

na concentração plasmática de glicose. Entretanto, pode ocasionar discretas mudanças na composição do leite, elevando o teor de gordura do leite conforme aumenta a inclusão da casca de soja na dieta. Dessa forma, o uso deste subproduto como substituto do milho em rações para vacas leiteiras com produção em torno de 28 kg de leite ao dia pode ser uma estratégia viável, desde que seja economicamente vantajosa (Pedroso et al., 2007).

Neville et al. (2022), ao analisarem a substituição da silagem de milho pela casca de soja como fonte de volumoso na dieta de novilhos alimentados com alto concentrado, destacaram a necessidade de cautela na utilização desse ingrediente, pois a fibra da casca de soja não é fisicamente efetiva e pode provocar mudanças na fermentação ruminal. Os autores ressaltam que são necessárias pesquisas adicionais antes de recomendar a casca de soja como substituto da silagem de milho na alimentação de bovinos.

A casca de soja também tem sido estudada como aditivo em silagens. Negrão et al. (2020) verificaram que a inclusão de até 40% de casca de soja na matéria natural da silagem de *Brachiaria decumbens* cortada aos 60 dias melhorou os parâmetros de degradabilidade. No entanto, os autores recomendam níveis intermediários (20 a 30%) para garantir melhor fracionamento de proteínas e carboidratos, além de maior degradabilidade das frações digestíveis da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Rezende et al. (2018) constataram que, embora a substituição do milho pela casca de soja não melhore o pH ruminal de bovinos alimentados com dietas de alto concentrado, a versão peletizada desse subproduto apresenta maior digestibilidade da fração fibrosa da dieta e proporciona um tempo de ruminação prolongado. Assim, a casca de soja mostra-se uma alternativa viável ao milho como fonte energética para bovinos confinados, sem efeitos negativos sobre a digestibilidade e o comportamento ingestivo.

Dessa forma, a casca de soja pode ser empregada de diversas maneiras na alimentação animal. No entanto, sua utilização deve ser avaliada não apenas sob a perspectiva nutricional, mas também sob o aspecto econômico, garantindo um balanço adequado entre viabilidade financeira e desempenho produtivo.

## 1.6 REFERÊNCIAS

- BARROS, J. L., DONATO, S. L. R., GOMES, V. M., DONATO, P. E. R., SILVA, J. A., PADILHA JÚNIOR, M. C. 2016. PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ CULTIVADA COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA. *Revista Agrotecnologia* 7: 53-65.
- BRANDALISE, N., BATISTA, P. S., MACHADO, F. S., HUTHER, C. M., CONRADO, L. F. 2024. ANÁLISE SOBRE DESAFIOS E TENDÊNCIAS FUTURAS NA PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL. *Revista do LabDGE - UFF* 1:01-18. <https://doi.org/10.22409/2675-4924.62380>
- BRANDÃO, A. O., EUSTÁQUIO FILHO, A. 2021. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: revisão. *Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG* 2:83–101. Disponível em: <<https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/issue/view/5/11>>. Acesso em: 30 jan.2025.
- CAVALCANTE, L. A. D., SANTOS, G. R. A., DA SILVA, L. M., FAGUNDES, J. L., DA SILVA, M. A. 2014. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 44:424-433. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400010>
- CALLEGARO, A. M., BRONDANI, I. L., ALVES FILHO, D. C., PIZZUTI, L. A. D., AZEVEDO JÚNIOR, R. L., MACHADO, D. S., PEREIRA, L. B., BORCHATE, D., MOURA, A. F. 2020. Ingestive behavior of steers finished on soybean hull and/or white oat grain. *Ciência Animal Brasileira* 21. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-59477>
- DOS SANTOS, M., DOS SANTOS, B. R. C. 2018. Silagem da palma forrageira consorciada com resíduos da mandioca e bagaço da cana-de-açúcar: Revisão. *Pubvet* 12:1-8. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n11a212.1-8>
- FLUCK, A. C., HONORATO, F. C., DANNA, M., FERNANDES, R. A. A., MAEDA, E. M., BORBA, L. P., COSTA, O. A. D. 2023. Alimentos alternativos na alimentação de ruminantes. *In: Oelke, C. A., GALATI, R. L (org.). ZOOTECNIA: TÓPICOS ATUAIS EM PESQUISA.* 2: 12-31. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.37885/230211916> . Acesso em: 14.jan.2025.

GOULART, W., SAMPAIO, F. G., SOTTA, E. D., MARZALL, K. 2021. ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO DOS SISTEMAS AGROPECUÁRIOS BRASILEIROS ÀS MUDANÇAS DO CLIMA. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/estrategias-de-adaptacao-as-mudancas-do-clima-dos-sistemas-agropecuarios-brasileiros.pdf>>. Acesso em: 26 jan.2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Produção de Soja no Brasil. 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/soja/br>>. Acesso em: 06 fev.2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Produção da Pecuária Municipal 2023. Disponível em: <[https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/ppm\\_2023\\_v51\\_br\\_informativo.pdf](https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/ppm_2023_v51_br_informativo.pdf)>. Acesso em: 20 jan.2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2024. Produto Interno Bruto - PIB. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 20 jan.2025.

JESUS, M. H. 2020. Casca de soja na formulação de ração para vacas leiteiras. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/utilizacao-da-casca-de-soja-na-formulacao-de-racao-para-bovinos-220349/>>. Acesso em: 23 mai.2025.

KRUSINSKI, L., MACIEL, I. C. F., SERGIN, S., JAMBUNATHAN, V., GARG, E., GARMYN, A. J., SINGH, S., BITLER, C. A., ROWNTREE, J. E., FENTON, J. I. 2022. Effects of Hay, Baleage, and Soybean Hulls Waste Used as Supplemental Feeds on the Nutritional Profile of Grass-Finished Beef. 2022. Foods 11,3856. <https://doi.org/10.3390/foods11233856>

LARDY, G., ANDERSON, V., DAHLEN, C., CARLSON, Z. 2022. Alternative Feeds for Ruminants. Disponível em: <[https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-03/as1182\\_0.pdf](https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-03/as1182_0.pdf)>. Acesso em: 13 fev.2025.

LEME, C. C. 2022. Utilização da palma forrageira na alimentação bovina. Disponível em: <<https://blog.mfleiloes.com.br/palma-forrageira-alimentacao-bovina/>>. Acesso em: 30 jan.2025.

MAGALHÃES, A. L. R., TEODORO, A. L., OLIVEIRA, L. P., GOIS, G. C., CAMPOS, F. S., ANDRADE, A. P., MELO, A. A. S., NASCIMENTO, D. B., SILVA, W. A. 2021. Chemical composition, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, ruminal degradation kinetics, and in vitro gas production of cactus pear genotypes. *Animal Science - Ciência Animal Brasileira* 22. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69338>

MAPA- Ministério da Agricultura e Pecuária. 2024. Mapa do Leite. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>>. Acesso em: 14 jan.2025.

MITCHELL, L. K., CHISHTI, G. A., DENNIS, T. S., HEINRICHS, A. J. 2020. Replacing soybean hulls with grass hay on growth, intake, total tract digestibility, and rumen microbial nitrogen production of weaned Holstein dairy calves from 8 to 16 weeks of age. Disponível em: <[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(20\)31023-7/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(20)31023-7/fulltext)>. Acesso em: 06 fev.2025.

MORAIS, M. L. P. 2020. NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR PARA BOVINOS LEITEIROS. Disponível em: <<https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=53082>>. Acesso em: 20 jan.2025.

MOREIRA, I., MOURINHO, F. L., CARVALHO, P. L. O., PAIANO, D., PIANO, L. M., KURODA JUNIOR, I. S. 2009. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:2408-2416.

NEGRÃO F., DANTAS, C., ZANINE, A., FERREIRA, D., RIBEIRO, M., SOUZA, A., PARENTE, M., PARENTE, H., CUNHA, I., NASCIMENTO, T., LIMA, A., SÁ, C.,

BANDEIRA, D. 2020. Digestive Potential of Soybean Agro-Industry Byproducts. *Animals* 10:1-9. <https://doi.org/10.3390/ani10050911>.

NEVILLE, B. W., PICKINPAUGH, W. J., MITTLEIDER, L. J., MOORE, R. L., SWANSON, K. C., CATON, J. S. 2022. Interaction of replacing corn silage with soyhulls as a roughage source with or without 3% added wheat straw in the diet: impacts on intake, digestibility, and ruminal fermentation in steers fed high-concentrate diets. *Translational Animal Science* 6:1-7. <https://doi.org/10.1093/tas/txac061>.

OLIVEIRA, S. J. M., MARTINS, P. C., CARNEIRO, A. V. 2023. Leite no Nordeste: novas práticas elevam a produção na região. *ANUÁRIO LEITE 2023*. 30-32.

PASTORELLI, G., SERRA, V., VANNUCCINI, C., ATTARD, E. 2022. Opuntia spp. as Alternative Fodder for Sustainable Livestock Production. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ani12131597>>. Acesso em: 30 jan.2025.

PEDROSO, A. M., SANTOS, F. A. P., BITTAR, C. M. .M, PIRES, A. V., MARTINEZ, J. C. 2007. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1651-1657.

PEIXOTO, M. J. A., CARNEIRO, M. S. S., AMORIM, D. S., EDVAN, R. L., PEREIRA, E. S., COSTA, M. R. G. F. 2018. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. *Archivos de Zootecnia* 67: 35-39. <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3489>

PEIXOTO, M. G. C. D., ANDRADE, R. G., PIRES, M. F. A. 2023. Alguns desafios de se produzir leite em condições de clima tropical. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1155877/1/Alguns-desafios-de-se-produzir-leite-em-condicoes-de-clima-tropical.pdf>>. Acesso em: 25 jan.2025.

PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; WANDERLAY, W. L.; VASCONCELOS, P. C. 2013. Diferentes suplementos

associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 14:508-517;

POLIZEL, D. M.; SOARES, L. C. B. 2021. Casca de soja: qual a qualidade nutricional do coproduto que utilizo na minha propriedade? Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/esalqlab/casca-de-soja-qual-a-qualidade-nutricional-do-coproduto-que-utilizo-na-minha-propriedade-227591/>>. Acesso em: 06 fev.2025.

QUADROS, A. R. B., MOREIRA, I., PAIANO, D., RIBEIRO, C. R., SILVESTRIM, N., FURLAN, A. C. 2007. Avaliação nutricional da casca de soja integral ou moída, ensilada ou não, para suínos em fase de crescimento ou não, para suínos em fase de crescimento. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 29: 31-38.

RENTERO, N. 2024. Proteínas tiveram dificuldades e produção de rações perdeu espaço. *ANUÁRIO LEITE* 2023. 113. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164754/anuario-leite-2024-avaliacao-genetica-multirracial>>. Acesso em: 26 jan.2025.

REZENDE, P. L. P., RESTLE, J., BILEGO, U. O., FERNANDES, J. J. R., MISSIO, R. L., MENEZES, R. G., GUIMARÃES, T. P. 2018. Digestibility and feeding behavior of cattle fed soybean hulls to replace corn in high concentrate diets. *Semina: Ciências Agrárias* 39: 363-372. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n1p363>

RUFINO, L. D. A., OLIVEIRA, P. M., SOUSA, K. F. T., EPAMIG NORTE. 2023. Palma Forrageira : Segurança produtiva no Semiárido Mineiro. Disponível em: <<https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/07/Palma-forrageira.pdf>>. Acesso em: 30 jan.2025.

SANTANA, A. E. M., BOZORG, V. L. A., RESTLE, J., BILEGO, U. O., AUGUSTO, W. F., NEIVA, J. N. M. 2023. Does the use of corn and soybean hulls affect calf performance in the preweaning period? *Revista Brasileira de Zootecnia*, 52:e20200241. <https://doi.org/10.37496/rbz5220200241>.

SANTOS, F. A. P. 2013. Utilização de co-produtos na alimentação de vacas leiteiras. Disponível em: <<https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/utilizacao-de-co-produtos-na-alimentacao-de-vacas-leiteiras#:~:text=A%20inclus%C3%A3o%20de%20co%2Dprodutos,melhoria%20do%20ambiente%20ruminal%20e>>. Acesso em: 17 fev.2025.

SENAR - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. 2013. Palma forrageira: uso na alimentação de bovinos de leite. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/160-PALMA-FORRAGEIRA.pdf>>. Acesso em: 20 fev.2024.

SILVA, J. A., BONOMO, P., DONATO, S. L. R., PIRES, A. J. V., SILVA, F. F., DONATO, P. E. R. 2013. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 8: 342-350.

SILVA, L. M., FAGUNDES, J. L., VIEGAS, P. A. A., MUNIZ, E. N., RANGEL, J. H. A., MOREIRA, A. L., BACKES, A. A. 2014. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/dJHwF8CkgZv6GSPgw3vQCdQ/?lang=pt#:~:text=Gigante%20e%20Redonda.,CONCLUS%C3%83O:.,verde%20e%20seca%20por%20%C3%A1rea>> Acesso em: 30.mai.2025.

SILVA, R. M., PIRES, A. J. V., SILVA, F. F., NOGUEIRA, M. S., SANTANA JÚNIOR, H. A., ALVES, G. S. 2024. Effect of replacing ground corn with forage palm *Nopalea cochenillifera* on feed intake and digestibility, water intake, milk production and composition in Holstein x Zebu dairy cows. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-024-04155-z>>. Acesso em: 30 jan. 2025.

SILVA, R. de O. P. e. 2023. Panorama do Mercado de Leite em 2023. Análises e Indicadores do Agronegócio 18:1-7. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=16156>>. Acesso em: 25 jan.2025.

SOBRAL, A. J. S., MUNIZ, E. N., SANTOS, R. D., RANGEL, J. H. A. 2022. FORAGE CACTUS COMBINED WITH DIFFERENT SILAGES AS DIETS FOR LACTATING RED SINDHI COWS. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/ZpYD3DkGyZjPvRZghtGQV4s/?lang=en>>. Acesso em: 30 jan. 2025.

SOUZA, L. 2023. Agricultura familiar ajuda a aumentar produção leiteira no Nordeste: Clima mais favorável e alimentação do gado contribuem para aumento. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-05/agricultura-familiar-ajuda-aumentar-producao-leiteira-no-nordeste>>. Acesso em: 26 jan.2025.

TOMLINSON, D. J., JAMES, R. E., MCGILLIARD, M. L. 1991. Effect of Varying Levels of Neutral Detergent Fiber and Total Digestible Nutrients on Intake and Growth of Holstein Heifers. Disponível em: <[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78201-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78201-5/pdf)>. Acesso em: 06 jun.2025.

VOLTOLINI, T. V.; MIRANDA, J. E. C.; SANTOS, R. D.; MUNIZ, E. N.; FERNANDES, E. N.; MAGALHÃES, V. M. A. 2016. Palma Forrageira na Alimentação de Bovinos Leiteiros. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1061005/1/Cartilha2.pdf>>. Acesso em: 23 mai.2025.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. de A.; BATISTA, A. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; BISPO, S. V.; SILVA, F. M.; SANTOS, V. L. F. dos. 2012. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 13: 444-456.

ZAMBOM, M. A., SANTOS, G. T., MODESTO, E. C., ALCALDE, C. R., GONÇALVES, G. D., SILVA, D. C., SILVA, K. T., FAUSTINO, J. O. 2001. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. Acta Scientiarum 23: 937-943.

ZHANG, Z., LA, S. K., ZHANG, G. W., DU, H. S., WU, Z. Z., WANG, C., LIU, Q., GUO, G., HUO, W. J., ZHANG, J., ZHANG, Y. L., PEI, C. X., ZHANG, S. L. 2020. Diet supplementation of palm fat powder and coated folic acid on performance, energy balance, nutrient digestion, ruminal fermentation and blood metabolites of early lactation dairy cows. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114520>>. Acesso em: 30 jan.2025.

## II – OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

- Avaliar a potencialização da utilização da palma forrageira nas dietas através da substituição da fonte de milho por casca de soja no concentrado de vacas leiteiras.

### 2.2 Objetivos específicos

Avaliar o uso da casca de soja em dietas à base de palma forrageira para vacas lactantes sobre:

- O consumo e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes;
- O desempenho produtivo e a composição do leite;
- O balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana;
- O nitrogênio amoniacal e pH do líquido ruminal;
- O comportamento ingestivo.

## III– MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Comitê de ética

Esta pesquisa foi realizada em concordância com a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

### 3.2 Local e período experimental

O experimento a campo foi conduzido entre o período de 7 de maio à 29 de julho de 2024, totalizando 84 dias, na Fazenda Valeu Boi, localizada no município de Encruzilhada - BA, sob as coordenadas: latitude 15° 31' 49" Sul, longitude 40° 54' 37" Oeste e altitude de 915 metros. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagem, no Laboratório de Métodos e Separações Químicas e no Laboratório de Fisiologia Animal, localizados na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus de Itapetinga.

### 3.3 Delineamento experimental

Foram utilizadas 8 vacas mestiças Holandês x Zebu (grau de sangue variando de 3/4 a 5/8 H x Z), de terceira ou quarta lactação, com produção média anterior de 5.000 kg ajustada para 300 dias, com peso corporal médio de  $535,67 \pm 70,80$  kg. As vacas foram selecionadas no início do período experimental, estando entre 80 e 120 dias em lactação. Os animais foram distribuídos em 2 Quadrados Latinos 4 x 4, levando em consideração a produção de leite, constituídos por 4 dietas e por 4 períodos de 21 dias cada, em que os primeiros 16 dias foram considerados de adaptação ao manejo e às dietas e os últimos 5 dias para coleta de dados e material para análises de laboratório.

### 3.4 Tratamentos e composição das dietas

Foram formuladas 4 dietas (Figura 1) com diferentes níveis de inclusão da casca de soja em substituição ao milho no concentrado das vacas leiteiras, sendo:

- 0% casca de soja = Controle (Concentrado formulado apenas com milho como fonte energética);
- 33% casca de soja = Inclusão de 33% da casca de soja em substituição ao milho;
- 66% milho = Inclusão de 66% da casca de soja em substituição ao milho;
- 100% milho = Inclusão de 100% da casca de soja em substituição ao milho.



**Figura 1.** Dietas com diferentes níveis de casca de soja (Arquivo próprio, 2024).

A palma forrageira utilizada foi a *Opuntia ficus*, conhecida como palma gigante. O corte e recolhimento para preparo da dieta foi feito para uma semana, visando manter as condições naturais da palma forrageira (teor de matéria seca e carboidratos solúveis). Além disso, a mesma passou por uma fragmentação (Figura 2) antes de ser oferecida aos animais, com o intuito de melhorar a qualidade da mistura e consequentemente permitir as vacas leiteiras ingerirem a dieta mais próxima possível da formulada.



**Figura 2.** Palma triturada (Arquivo próprio, 2024).

O volumoso utilizado para completar e balancear a dieta foi a silagem do capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. BRS Capiáçu) com inoculante bacteriano comercial. O corte para ensilagem foi feito quando as plantas atingiram altura média de 3,5 a 4,0 m, o que ocorre próximo de 90-110 dias de idade de rebrota, uma vez que, conforme Pereira et al. (2016), a colheita neste período influencia na melhor relação entre produção da silagem e composição química.

As dietas foram formuladas para atender as exigências de manutenção, ganho de peso corporal e produção de leite de 25 kg de leite por dia ajustado para 4% de gordura, sendo formuladas com auxílio das tabelas de exigência do NRC (2001), e usando os dados da composição química-bromatológica dos ingredientes (Tabela 1), sendo descritas da maneira proporcional de cada ingrediente na % da MS (Tabela 2).

**Tabela 3.** Composição químico-bromatológica dos ingredientes da dieta.

Nutrientes	Ingredientes (%MS)				
	Casca de soja	Milho	Palma	Silagem de capiaçu	Farelo de soja
MS <sup>1</sup>	90,27	88,04	6,72	17,89	87,55
PB <sup>2</sup>	13,78	9,15	10,28	10,37	56,22
EE <sup>3</sup>	1,71	3,03	0,92	2,57	1,87
MM <sup>4</sup>	4,10	1,40	14,18	6,80	6,53
FDN <sup>5</sup>	67,91	20,94	19,86	74,90	18,25
FDA <sup>6</sup>	50,69	4,24	11,01	45,80	7,97

<sup>1</sup>MS= Matéria seca; <sup>2</sup>PB= Proteína bruta; <sup>3</sup>EE= Extrato etéreo; <sup>4</sup>MM= Matéria mineral; <sup>5</sup>FDN=Fibra em detergente neutro; <sup>6</sup>FDA=Fibra em detergente ácido.

As vacas foram alojadas em baias individuais de 16 m<sup>2</sup>, em local coberto, com cochos e bebedouros individuais, sendo estes abastecidos automaticamente. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia respeitando os horários da adaptação, permitindo sobra de 5% e o consumo considerado *ad libitum*.

**Tabela 4.** Proporção dos ingredientes da dieta com base na matéria seca.

Ingredientes	Níveis de casca de soja em substituição ao milho (% MS)			
	0	33	66	100

Casca de soja	0	5,80	11,65	17,45
Milho grão moído	17,55	11,67	5,80	0
Silagem de capiaçu	36,39	36,28	36,06	36,03
Palma	35,30	35,19	34,98	34,95
Farelo de soja	8,67	9,23	9,77	10,23
Mistura mineral <sup>1</sup>	1,36	1,35	1,34	1,34
Ureia	0,75	0,47	0,40	0,00

<sup>1</sup>Composição= Cálcio 200 g; Cobalto 200 mg; Cobre 1.650 mg; Enxofre 12 g; Ferro 560 mg; Flúor (max) 1.000g; Fósforo 100 g; Iodo 195 mg; Magnésio 15 g; Manganês 1.960 mg; Níquel 40 mg; Selênio 32 mg; Sódio 68 g e Zinco 6.285 mg.

Para cada um dos períodos experimentais foi realizada a amostragem da silagem de capiaçu, da palma e dos concentrados para determinação da composição químico bromatológica da dieta total (Tabela 5).

**Tabela 5.** Composição químico-bromatológica da dieta total.

Nutrientes	Níveis de casca de soja em substituição ao milho (% MS)			
	0	33	66	100
MS <sup>1</sup>	33,51	33,07	29,04	34,60
PB <sup>2</sup>	13,91	13,87	12,08	13,72
FDNcp <sup>3</sup>	43,07	48,34	48,89	53,15
EE <sup>4</sup>	3,16	2,87	2,56	2,84
MM <sup>5</sup>	9,69	9,69	9,32	9,88
CNFcp <sup>6</sup>	31,38	26,03	21,61	20,40
FDA <sup>7</sup>	29,15	33,69	33,82	38,11
FDNi <sup>8</sup>	17,20	17,13	17,08	17,20
Lignina <sup>9</sup>	5,79	5,86	6,10	5,97
NDT <sup>10</sup>	61,69	61,52	60,94	61,06

<sup>1</sup>MS= Matéria seca; <sup>2</sup>PB= Proteína bruta; <sup>3</sup>FDNcp= Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; <sup>4</sup>EE= Extrato etéreo; <sup>5</sup>MM= Matéria mineral; <sup>6</sup>CNFcp= Carboidrato não fibroso corrigido para

cinza e proteína; <sup>7</sup>FDA= Fibra em detergente ácido; <sup>8</sup>FDNi= Fibra em detergente neutro indigestível; <sup>9</sup>LIG= Lignina; <sup>10</sup>NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimado pelo NRC (2001).

### 3.5 Produção de leite

A produção de leite foi avaliada do 17º ao 21º dia de cada período experimental, sendo realizadas duas ordenhas diárias, às 05h00min e 17h00, quando imediatamente após as ordenhas o leite foi pesado em balança digital com precisão de 5g e capacidade para 30 kg.

Foram coletadas de cada animal amostras de leite (200 mL) no 17º dia de cada período experimental, nas ordenhas da manhã e tarde, fazendo amostras compostas de acordo com a produção de leite para determinação de proteína, gordura, lactose e sólidos totais, utilizando o aparelho digital Lactoscan®. Uma segunda amostra de aproximadamente 250 mL foi reservada para análises de alantoína e ureia, sendo devidamente acondicionada em frasco plástico com tampa rosqueável e mantida em temperatura a -20°C. Posteriormente, essa amostra foi descongelada a temperatura ambiente, sendo retirada uma alíquota de leite, desproteïnizada com ácido tricloroacético (10 mL de leite misturados em 5 mL de ácido tricloroacético a 25%) e filtrada em papel filtro, para realização das análises de alantoína e ureia.

A produção de leite corrigida (PLC) para 4,0% de gordura foi estimada de acordo com o modelo proposto por Sklan et al. (1992), pela seguinte equação:

$$PLC = ((0,432 + 0,1625 \times EEL) \times PL)$$

Em que: PLC = Produção de leite corrigido para 4,0% de gordura; %EEL = Teor de extrato etéreo do leite e PL = Produção de leite em kg.dia<sup>-1</sup>.

### 3.6 Avaliação do consumo, digestibilidade e ganho de peso

Para determinar o consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes pelos animais, o alimento oferecido e as sobras de cada animal foram pesados do 17º ao 21º dia de cada período experimental, e por diferença foi encontrado o consumo.

Foram coletadas aproximadamente 300 g de fezes diretamente da ampola retal, quatro vezes, às 08h00min no 18º e 20º dia e às 15h00min no 19º e 21º dia de cada período (Vagnoni et al., 1997), sendo estas acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -20°C. Ao término dos períodos de coletas, as amostras de fezes foram descongeladas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, durante 96 horas e,

posteriormente, moídas em moinho do tipo Willey com peneira de malha de 1 e 2 mm e armazenadas para posteriores análises.

Foi utilizado como marcador interno o FDNi (fibra em detergente neutro indigestível) para estimar a excreção fecal incubado em bovino fistulado, conforme a metodologia descrita por Detmann et al. (2021) (Método G-009/1) que consiste na incubação ruminal de 0,5g de amostra seca ao ar dos alimentos, das sobras e das fezes, moídas a 2 mm, amostradas em duplicata utilizando sacos confeccionados com tecido não tecido (TNT), gramatura 100 (100g.m<sup>2</sup>), 5 x 5 cm, por um período de 288 horas. Após o período de incubação, as amostras foram retiradas do rúmen, lavadas em água corrente e secas por 72 horas em estufa de ventilação forçada com temperatura média de 60°C. Posteriormente, o material foi submetido à extração com detergente neutro, seguindo a metodologia de Mertens (2002), e o material remanescente foi considerado como parte indigestível (FDNi). Utilizado também para estimativa de produção fecal.

A digestibilidade aparente dos nutrientes (D) foi determinada pela fórmula descrita por Silva e Leão (1979):

$$D = [(kg \text{ nutriente ingerido} - kg \text{ nutriente excretado}) / kg \text{ nutriente ingerido}] \times 100$$

Os animais foram pesados nos três primeiros e dois últimos dias de cada período experimental, para acompanhamento do peso corporal, sendo realizado com auxílio da balança tipo brete com capacidade para 2.000kg. O ganho de peso médio diário foi obtido por meio da diferença entre o peso final e peso inicial de cada animal durante os dias do experimento, em seus respectivos tratamentos.

### **3.7 Balanço de compostos nitrogenados**

No 21º dia de cada período experimental foram coletadas amostras de sangue diretamente da veia mamária utilizando tubos Vacutainer™ de 10 mL com heparina sódica como anticoagulante. O sangue coletado foi imediatamente centrifugado a 1500rpm por 15 minutos, e o plasma acondicionado em tubos tipo eppendorf de 2 mL, congelados à temperatura de -20°C para posterior análise das concentrações de ureia.

No mesmo dia, foram obtidas amostras “spot” de urina durante micção espontânea, quatro horas após alimentação dos animais conforme descrito por Valadares et al. (1999). Após a coleta, as amostras de urina foram filtradas em gaze e uma alíquota

de 10 mL foi separada e diluída em 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) para posteriores avaliações das concentrações de creatinina, ureia, ácido úrico e alantoína.

A concentração de ureia no plasma, na urina e no leite desproteinizado e as concentrações de creatinina e ácido úrico na urina foram determinadas utilizando-se kits comerciais Bioclin®, segundo orientações do fabricante. A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico (Nureico) foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,466.

A excreção diária de creatinina considerada para estimar o volume urinário por intermédio das amostras de urina coleta spot foi de 24,05 (mg.kgPv<sup>-1</sup>), recomendado por Chizzotti et al. (2007) para vacas leiteiras confinadas. O volume urinário, foi estimado a partir da razão entre a excreção diária de creatinina (mg.kgPv<sup>-1</sup>), dividido pela concentração média de creatinina (mg/L) na urina spot, multiplicando-se pelo respectivo peso corporal (PC) do animal, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{VU} = (24,05 / \text{CRE mg/L}) \times \text{PC}$$

Em que: VU = volume urinário; CRE = creatinina mg/L e PC = peso corporal kg.

A excreção de purinas totais (PT) foi estimada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina e alantoína secretada no leite. As purinas microbianas absorvidas (mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de purinas totais (mmol/dia), por meio da equação proposta por Verbic et al. (1990):

$$\text{PA} = ((\text{PT} - (0,385 \times \text{PC}0,75)) / 0,85)$$

Em que: PA = purinas absorvidas (mmol/dia); PT = purinas totais (mmol/dia); 0,385 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol) por unidade de tamanho metabólico; PC0,75 = peso metabólico e 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina.

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen Nmic (g.dia<sup>-1</sup>) foi calculada em função do PA (mmol.dia<sup>-1</sup>), segundo a equação de Chen & Gomes (1992):

$$\text{Nmic (g.dia}^{-1}\text{)} = (70 * \text{PA}) / (0,116 * 0,83 * 1000)$$

Em que: 70= conteúdo de nitrogênio nas purinas (mg.mmol); PA= purinas absorvidas; 0,83= digestibilidade das purinas microbianas e 0,116= relação de N-purina:razão Ntotal nas bactérias ruminais.

A estimativa de síntese de PB microbiana (PBM) foi obtida multiplicando-se a  $N_{mic}$  por 6,25 enquanto a eficiência de síntese de proteína microbiana foi determinada pela seguinte fórmula:

$$EPBM (g.kg.dia^{-1}) = PBM (g) / CNDT (kg.dia^{-1})$$

Em que: CNDT= consumo de nutrientes digestíveis totais.

O balanço de compostos nitrogenados foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido e o total excretado nas fezes, na urina e no leite. A determinação do nitrogênio total nas fezes e na urina foi realizada segundo metodologia descrita por Detmann et al. (2021).

### **3.8 Parâmetros ruminais**

Amostras do líquido ruminal foram coletadas no 20º dia de cada período experimental 4 horas após primeira alimentação para determinação do pH e N-amoniaco ( $N-NH_3$ ) em cada período experimental. O fluido ruminal foi retirado dos animais através de uma bomba de vácuo, modelo TE-058, acoplado em kitassato e, este em uma sonda, a qual percorreu o esôfago de cada animal, retirando-se assim o material do rúmen. Uma alíquota de 50 mL de líquido ruminal foi diluída em 1 mL de ácido sulfúrico a 50% e armazenada  $-20^{\circ}C$  para análise. Imediatamente após a coleta, o pH das amostras foram medidos através do pHmetro digital, modelo Q400HM. As concentrações de N- $NH_3$  nas amostras de líquido ruminal foram determinadas mediante metodologia descrita por Detmann et al. (2021).

### **3.9 Comportamento ingestivo**

Todos os animais foram submetidos a períodos de observação visual para avaliar o comportamento ingestivo durante 24 horas. A observação das atividades de alimentação, ruminação e ócio ocorreram do 19º ao 20º dia de cada período experimental,

registradas a cada cinco minutos de intervalo, conforme recomendado por Gary et al. (1970).

Para determinação do número de mastigações meréricas e do tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, foram feitas anotações de quatro bolos ruminados, com auxílio de cronômetro digital, de todos os animais do experimento, em três períodos distintos do dia (manhã, tarde e noite). Durante a observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

A eficiência de alimentação (EAL), eficiência de ruminação (ERU), número de bolos ruminados por dia (NBR), tempo de mastigação total por dia (TMT) e número de mastigações meréricas por dia (NMMnd) foram obtidos segundo metodologia descrita por Bürger et al., (2000).

Foi considerado o consumo voluntário de MS e FDN<sub>c</sub> para avaliar as eficiências de alimentação e ruminação em relação à quantidade em gramas de MS e FDN por unidade de tempo e por período de alimentação. O número de bolos ruminados diariamente foi obtido pela divisão do tempo total de ruminação (minutos) pelo tempo médio gasto na ruminação de um bolo.

As eficiências de alimentação e ruminação serão obtidas da seguinte forma:

- **EA= CMS/TAL**
- **EAFDN<sub>c</sub>= CFDN<sub>c</sub>/TAL**
- **ERU= CMS/TRU**
- **ERUFDN<sub>c</sub>= CFDN<sub>c</sub> /TRU**

Em que: EA= eficiência de alimentação; CMS= consumo diário de matéria seca (gramas de MS); TAL= tempo de alimentação (horas); EAFDN<sub>c</sub>= eficiência do consumo de FDN<sub>c</sub>; CFDN<sub>c</sub>= consumo diário de FDN<sub>c</sub> (gramas de FDN<sub>c</sub>); TRU= tempo de ruminação (horas); ERUFDN<sub>c</sub>= Eficiência de ruminação (gramas de FDN<sub>c</sub>).

### 3.10 Análise estatística

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e de regressão, utilizando-se o software SAS (2008). Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “F” em nível de 5% de probabilidade e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), conforme modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + l_i + c_j + tk(ij) + e_{ijk}$$

Em que:  $Y_{ijk}$  = o valor observado da variável;  $\mu$  = é a média geral;  $l_i$  = efeito do animal;  $c_j$  = efeito do período;  $tk_{(ij)}$  = efeito do tratamento  $k$  e  $e_{ijk}$  = erro aleatório (resíduo).

### 3.11 Análises químico-bromatológicas

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagem e no Laboratório de Métodos e Separações Químicas, ambos localizados na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus de Itapetinga.

Em cada período experimental, amostras da silagem de capiaçu, da palma, do concentrado e das fezes foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos e em seguida armazenadas em freezer a uma temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  para análises químicas bromatológicas. Ao término do período de coleta, as amostras foram descongeladas e pré secas em estufa de ventilação forçada de ar a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 a 96 horas, até atingir peso constante, e posteriormente moídas em moinho de faca tipo Willey utilizando peneira de malha de 1 mm de diâmetro e de 2 mm para análise “in situ”. Em seguida, foram acondicionadas em recipientes plásticos com tampa, identificados, e armazenados para posteriores análises.

Para determinar a composição química das amostras da silagem, da palma, concentrado e das fezes, foi utilizada a metodologia descrita por Detmann et al. (2021). As amostras foram analisadas para a obtenção dos teores de: matéria seca (MS) (método INCT– CA G-003/1); matéria mineral (MM) (método INCT– CA M-001/2); proteína bruta (PB) (método INCT–CA N-001/2); extrato etéreo (EE) (método INCT–CA G-004/1); fibra em detergente neutro (FDN) (método INCT–CA F 002/2); e correções para proteína e cinzas (FDN<sub>cp</sub>) (método INCT–CA N-004/2 e INCT–CA M002/2); fibra em detergente ácido (FDA) (método INCT–CA F-004/2); lignina (método INCT– CA F005/2); fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), (método INCT– CA F-009/2).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) das amostras que contém ureia foram calculados pela equação proposta por Hall (2000):

$$\text{CNF} = 100 \text{ MM- EE-FDN-(PB-PBu +U)}$$

Em que: PBu = teor de PB oriunda da ureia (ou mistura ureia e sulfato de amônio); e U é o teor de ureia. Todos os termos são expressos como % da matéria seca.

A porcentagem de carboidratos totais (CT) foi obtida pela equação proposta por Sniffen et al. (1992), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$$

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo o NRC (2001), em que:

$$\text{NDT} = \text{PBD} + \text{EED} \times 2,25 + \text{FDND} + \text{CNFD}$$

Em que: PBD = proteína bruta digestível; EED = extrato etéreo digestível; FDND = fibra em detergente neutro digestível; CNFD = carboidratos não fibrosos digestíveis.

## IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) no consumo de matéria seca (MS) em kg por dia e em % do peso corporal, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em função da substituição do milho pela casca de soja na dieta de vacas em lactação (Tabela 6). Esse resultado pode ser explicado pelo correto balanceamento da dieta e pela similaridade destes nutrientes entre os níveis avaliados (Tabela 4), além de indicar semelhança da qualidade nutricional da casca de soja em relação ao milho, indicando possibilidade de substituição do milho sem afetar o consumo.

Resultados semelhantes foram reportados por Pittaluga et al. (2021), que não observaram diferença no consumo de matéria seca de novilhos terminados com diferentes níveis de inclusão de casca de soja. Do mesmo modo, Ipharraguerre et al. (2002) verificaram que o consumo de matéria seca de vacas alimentadas com dietas contendo casca de soja não apresentou variações significativas.

**Tabela 6.** Consumo de matéria seca e nutrientes de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de casca de soja.

Consumo	Níveis de casca de soja				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	(%MS)						L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
	0	33	66	100				
Matéria seca (kg.dia <sup>-1</sup> )	17,66	17,42	17,57	17,52	Y=17,54	13,47	0,999	0,997
Matéria seca (% PC)	3,44	3,39	3,37	3,37	Y=3,39	11,01	0,921	0,994
Proteína bruta (kg.dia <sup>-1</sup> )	2,31	2,24	2,24	2,26	Y=2,26	12,89	0,949	0,936
Extrato etéreo (kg.dia <sup>-1</sup> )	0,56	0,51	0,49	0,51	Y=0,51	15,60	0,165	0,265
FDNcp <sup>4</sup> (kg.dia <sup>-1</sup> )	7,89	8,59	9,25	9,36	<sup>7</sup>	15,66	0,004	0,779
FDNcp <sup>4</sup> (% PC)	1,54	1,67	1,78	1,79	<sup>8</sup>	12,32	0,001	0,635
CNF <sup>5</sup> (kg.dia <sup>-1</sup> )	5,42	4,50	3,92	3,66	<sup>9</sup>	12,80	<0,001	0,064
NDT <sup>6</sup> (kg.dia <sup>-1</sup> )	10,90	10,71	10,61	10,64	Y=10,71	11,66	0,894	0,977

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup>Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; <sup>5</sup>Carboidratos não fibrosos; <sup>6</sup>Nutrientes digestíveis

totais;  ${}^7Y=0,0152x+8,0166$ ,  $R^2=0,9239$ ;  ${}^8Y=0,0026x+1,5668$ ,  $R^2 = 0,8998$ ;  ${}^9Y=-0,0176x+5,249$ ,  $R^2 = 0,9371$ .

O consumo de FDN apresentou efeito linear crescente ( $P<0,005$ ), em virtude da inclusão de maiores níveis da casca de soja na dieta, o que elevou o teor de FDN da dieta total (Tabela 5). Isso concorda com os resultados de outros experimentos nos quais a casca de soja foi adicionada à dieta sem que as mesmas fossem igualladas em fibra (Cunningham et al., 1993; Ipharraguerre et al., 2002)

Por outro lado, o consumo de CNF apresentou efeito linear decrescente ( $P<0,001$ ), uma vez que o teor de CNF foi reduzido de 31,38% no tratamento sem casca de soja, para 20,40% no nível de 100% de substituição do milho.

Os diferentes níveis de inclusão da casca de soja em substituição ao milho não influenciaram significativamente ( $P>0,05$ ) a digestibilidade da MS, PB, CNF e NDT (Tabela 7). Apesar da redução no consumo de CNF, sua digestibilidade manteve-se semelhante entre os tratamentos ( $P>0,05$ ).

**Tabela 7.** Coeficiente de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes de vacas em lactação confinadas recebendo diferentes níveis de casca de soja na dieta.

Digestibilidade	Níveis de casca de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Matéria seca	59,34	59,60	59,43	60,65	$Y=59,75$	6,94	0,804	0,955
Proteína bruta	75,99	78,38	79,05	78,55	$Y=77,99$	5,11	0,175	0,391
Extrato etéreo	81,08	77,92	75,59	75,19	<sup>7</sup>	9,49	0,048	0,847
FDNcp <sup>4</sup>	49,24	52,04	55,94	55,33	<sup>8</sup>	9,31	<0,001	0,455
CNF <sup>5</sup>	78,27	79,34	74,38	79,11	$Y=77,77$	7,27	0,973	0,504
NDT <sup>6</sup>	61,69	61,52	60,94	61,06	$Y= 61,30$	6,82	0,936	0,998

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coeficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup>Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; <sup>5</sup>Carboidratos não fibrosos; <sup>6</sup>Nutrientes digestíveis totais; <sup>7</sup> $Y=-0,0599x + 80,426$ ,  $R^2 = 0,9064$ ; <sup>8</sup> $Y=0,0664x + 49,836$ ,  $R^2 = 0,8406$ .

Houve efeito linear decrescente para a digestibilidade do EE ( $P=0,048$ ) ao incluir a casca de soja na dieta, sendo esse efeito mais pronunciado nos níveis progressivos de inclusão da casca de soja na dieta (Tabela 5). Bittner et al. (2016) indicaram que o valor energético da casca de soja em relação ao milho diminuiu com o aumento da concentração de casca de soja, e que os efeitos positivos associados à inclusão da casca de soja podem ser modificados a depender da fonte de fibra utilizada na dieta.

A digestibilidade do FDN ( $P < 0,001$ ), expressou efeito linear crescente evidenciando a boa digestibilidade da fibra da casca de soja, corroborando com os resultados encontrados por Cunningham et al. (1993). À medida que a inclusão da casca foi aumentada (Tabela 5), cada unidade adicional promoveu acréscimo de 0,0664 unidades percentuais na digestibilidade do FDN. Segundo Firkins (1997) a substituição do concentrado por fontes de fibra não forrageira pode promover efeitos associativos positivos em relação à síntese de proteína microbiana, contribuindo para o aumento da digestibilidade da fibra na dieta.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para a produção de leite (kg.dia<sup>-1</sup>), produção de leite corrigida para 4% de gordura, peso corporal médio, variação do peso corporal e eficiência alimentar (Tabela 8), resultado das semelhanças nutricionais entre as dietas (Tabela 5), bem como aos padrões de consumo e digestibilidade da MS (Tabelas 6 e 7). Resultados equivalentes foram encontrados em outros estudos, nos quais a inclusão da casca de soja em níveis de 14% a 28% da matéria seca da dieta, em substituição ao milho, não afetou a produção de leite (Macgregor e Owen, 1976; Bernard e McNeill, 1991). Moura Júnior (2024) avaliando a eficiência alimentar de vacas girolando primíparas e múltíparas verificou valores de 1,45 e 1,63 kg leite.CMS<sup>-1</sup>, respectivamente, o que corrobora com os valores encontrados nesse experimento.

**Tabela 8.** Desempenho de vacas confinadas recebendo diferentes níveis de casca de soja na dieta.

Desempenho	Níveis de casca de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Leite (kg.dia <sup>-1</sup> )	19,09	18,2	18,99	18,8	Y=18,77	21,61	0,999	0,980
Leite G <sup>4</sup> (kg.dia <sup>-1</sup> )	26,43	25,14	26,2	25,76	Y=25,88	13,87	0,992	0,948
PCM <sup>5</sup>	514	515	521	520	Y=517,64	8,47	0,946	0,999
VPC (kg.dia <sup>-1</sup> )	2,62	3,00	13,50	3,75	Y=5,72	***	0,840	0,554
EA <sup>6</sup> (kg leite.CMS <sup>-1</sup> )	1,50	1,45	1,51	1,48	Y= 1,48	11,92	0,999	0,993

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup>Produção de leite corrigida para 4% de gordura; <sup>5</sup>Peso corporal médio; <sup>6</sup>Eficiência alimentar.

A utilização da casca de soja na dieta total não influenciou os teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e sólidos desengordurados do leite (Tabela 9).

**Tabela 9.** Composição do leite de vacas em lactação confinadas alimentadas com diferentes níveis de casca de soja na dieta.

	Níveis de casca de soja (%MS)	Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P
--	-------------------------------	------------------	------------------	---

Composição (%)					Y		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
	0	33	66	100				
Proteína	2,90	2,91	2,88	2,88	Y=2,89	20,03	0,900	0,994
Gordura	4,79	4,78	4,79	4,80	Y=4,79	5,17	0,999	0,999
Lactose	4,35	4,37	4,33	4,32	Y=4,34	5,17	0,906	0,993
Sólidos totais	13,24	13,27	13,20	13,20	Y=13,22	11,44	0,998	0,999
Sólidos desengordurados	7,26	7,28	7,21	7,20	Y=7,23	5,17	0,904	0,993

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro.

Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que, embora seja rica em fibra, a casca de soja contém uma fração significativa de carboidratos digestíveis, principalmente a pectina, que é rapidamente fermentada no rúmen, resultando em uma produção eficiente de ácidos graxos voláteis (AGVs), fornecendo energia suficiente para manter a produção e composição do leite. A produção de gordura do leite não é afetada quando as vacas leiteiras são alimentadas com dietas compostas por até 30% da casca de soja (Macgregor e Owen, 1976; Stone, 1996).

O teor de proteína do leite foi semelhante ao encontrado por Nakamura e Owen (1989), com valores de 2,88% e 2,84%, respectivamente, para dietas contendo aproximadamente 20% de casca de soja na matéria seca. A redução no teor de proteína do leite, em comparação a padrões observados em outros estudos, pode ser parcialmente atribuída à menor concentração de carboidratos não estruturais nas dietas com maior inclusão de casca de soja, essa diminuição pode limitar a produção de proteína microbiana no rúmen, reduzindo o fornecimento de proteína metabolizável e, conseqüentemente, a disponibilidade de aminoácidos para a síntese proteica na glândula mamária (Sarwar et al., 1992).

Por outro lado, o teor de gordura do leite observado (4,80%) foi superior ao maior valor reportado por Ipharraguerre e Clark (2002), que foi de 3,93%. Esse resultado pode estar associado à capacidade individual de síntese de gordura no leite das vacas utilizadas no experimento, e não necessariamente ao efeito da dieta, uma vez que esta foi mantida constante entre os tratamentos.

A avaliação dos compostos nitrogenados é fundamental para a compreensão do metabolismo proteico e da eficiência na utilização da proteína. A quantidade de nitrogênio excretado na urina (na forma de ureia) e nas fezes serve como indicador da eficiência proteica do animal. O adequado balanceamento da dieta de vacas leiteiras, com atenção especial ao suprimento de aminoácidos essenciais, é crucial para reduzir a

excreção de nitrogênio, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental da produção (DEPABLOS, 2022).

Considerando os valores obtidos na Tabela 10, não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) para os itens: N ingerido ( $\text{g.dia}^{-1}$ ), N das fezes ( $\text{g.dia}^{-1}$ ), N no leite ( $\text{g.dia}^{-1}$ ), N retido ( $\text{g.dia}^{-1}$ ), N retido (% N ing.), N digerido ( $\text{g.dia}^{-1}$ ), N retido (% N dig.) e N digerido (% N ingerido). Resultado da boa digestão do nitrogênio e retenção do mesmo, o que indica o correto balanceamento de proteína, atendendo a exigência proteica dos animais.

**Tabela 10.** Balanço de compostos nitrogenados de vacas em lactação confinadas recebendo níveis de inclusão de casca de soja na dieta.

Balanço de compostos nitrogenados	Níveis de casquinha de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
N ingerido <sup>4</sup>	369,44	359,07	359,14	361,10	Y= 362,18	12,89	0,949	0,936
N fezes <sup>4</sup>	89,01	76,97	76,68	77,60	Y=80,06	25,04	0,327	0,489
N leite <sup>4</sup>	88,36	84,5	87,29	85,88	Y=86,50	19,91	0,993	0,988
N urina <sup>4</sup>	32,17	43,91	43,47	39,21	<sup>5</sup>	22,47	0,110	0,001
N retido <sup>4</sup>	159,88	153,69	151,70	158,41	Y=155,92	17,98	0,882	0,739
N retido <sup>6</sup>	43,50	42,61	42,49	43,87	Y= 43,12	12,93	0,998	0,802
N digerido <sup>4</sup>	280,42	282,10	282,46	283,50	Y=282,12	13,05	0,994	0,999
N retido <sup>7</sup>	57,22	54,17	53,85	55,76	Y=55,25	10,78	0,856	0,269
N digerido <sup>6</sup>	75,99	78,38	79,05	78,55	Y=77,99	5,11	0,175	0,390

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup> ( $\text{g.dia}^{-1}$ ); <sup>5</sup> $Y=-0,0036x^2+0,4215x+32,609$ ,  $R^2 = 0,9579$ ; <sup>6</sup>(% N ingerido); <sup>7</sup>(% N digerido).

Por outro lado, houve efeito quadrático ( $P=0,001$ ) para a excreção de nitrogênio urinário ( $\text{g.dia}^{-1}$ ), sendo a máxima excreção calculada no nível de 58,54% de inclusão da casca de soja na dieta. Esse resultado pode ser atribuído ao balanço entre o nitrogênio da dieta e os carboidratos fermentáveis, uma vez que a casca de soja, apesar de ser uma fonte de fibra altamente digestível e de rápida fermentação, pode não ter fornecido

energia suficiente para sincronizar com a degradação da proteína no rúmen, resultando em maior excreção de nitrogênio na urina.

A proteína microbiana geralmente supre de 50% a 100% das exigências proteicas dos animais, variando conforme o adequado balanceamento da dieta, a degradabilidade da proteína, sua composição e o nível de exigência nutricional do animal (Medeiros e Marino, 2015). O nitrogênio microbiano ( $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e proteína bruta microbiana ( $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) apresentaram efeito linear ( $P < 0,05$ ) à medida que foi incluída a casca de soja na dieta (Tabela 11).

**Tabela 11.** Produção de proteína microbiana e eficiência microbiana de vacas em lactação confinadas recebendo níveis de casca de soja na dieta.

Item	Níveis de casca de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
	0	33	66	100				
<b>Síntese de N e PB (<math>\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}</math>)</b>								
N microbiano	193,12	269,03	367,87	344,32	4	52,16	0,030	0,502
PB microbiana	1207,00	1681,45	2299,18	2152,01	5	52,18	0,031	0,504
<b>Eficiência microbiana</b>								
g PB. $\text{kg}^{-1}$ NDT	71,19	102,79	143,10	137,58	6	60,23	0,035	0,648

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup> $Y = 1,6531x + 211,34$ ,  $R^2 = 0,8065$ ; <sup>5</sup> $Y = 10,332x + 1320,9$ ,  $R^2 = 0,8065$ ; <sup>6</sup> $Y = 0,717x + 77,996$ ,  $R^2 = 0,8481$

Oliveira et al. (2007) avaliando a inclusão de 20% de casca de soja na dieta de vacas leiteiras, observaram produção de nitrogênio microbiano de 274,60 g/dia e eficiência de síntese microbiana de 128,60 g PB. $\text{kg}^{-1}$  NDT. De forma semelhante, Assis (2007), também utilizando 20% de casca de soja na dieta de vacas leiteiras, encontrou uma produção de nitrogênio microbiano de 222,27 g/dia. Por sua vez, Melo et al. (2007), ao avaliar dietas contendo aproximadamente 30% de palma forrageira na matéria seca, verificou valores máximos de 341,58 g/dia de nitrogênio microbiano e 2134,87g/dia de proteína bruta microbiana. Ferreira et al. (2009) trabalhando com dietas contendo cerca de 50% de palma na dieta com base na matéria seca, observou eficiência de síntese de proteína microbiana de até 124,93 g de PB/kg de NDT.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) sobre a concentração de nitrogênio amoniacal e valores de pH do fluido ruminal de vacas lactantes confinadas alimentadas com diferentes níveis de casca de soja, resultados semelhantes foram encontrados por Mansfield e Stern (1994), Elliott et al. (1995) e Neville et al. (2022).

**Tabela 12.** Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) em mg. dL<sup>-1</sup> e valores de pH do fluido ruminal de vacas lactantes confinadas, alimentadas com diferentes níveis de casca de soja.

Parâmetro	Níveis de casca de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
N-NH <sub>3</sub>	6,43	7,73	6,6	5,52	Y=6,57	45,88	0,596	0,302
pH	7,23	7,24	7,16	7,19	Y=7,20	4,99	0,946	0,999

<sup>1</sup>Equações de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro.

Embora rica em fibra, a casca de soja apresenta baixa efetividade física para estimular a ruminação e a produção de saliva, por isso, seu efeito sobre a fermentação ruminal pode ser semelhante ao de fontes energéticas não fibrosas, como o milho moído. Além disso, trata-se de um ingrediente de fermentação ruminal relativamente rápida, porém sem produção excessiva de ácido lático, evitando variações bruscas no pH ruminal o que reforça que estas dietas não possuem riscos de gerar acidose, uma vez que, os valores de pH encontrados estão na faixa do normal (entre 6,2 e 7,2).

O comportamento ingestivo é um aspecto fundamental para o desempenho produtivo, a saúde e o bem-estar dos animais. Os dados observados na Tabela 14, indicam que não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) sobre o comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de casca de soja, concordando com os resultados encontrados por Rezende et al. (2018). Concluindo que as dietas foram formuladas em equilíbrio com outros ingredientes, garantindo a saúde do rúmen e mantendo a eficiência alimentar.

**Tabela 13.** Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com níveis crescentes de casca de soja.

Atividade	Níveis de casca de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Alimentação <sup>4</sup>	378	403	393	381	Y=388,44	11,83	0,999	0,309
Ruminação <sup>4</sup>	514	527	548	543	Y=533,60	8,63	0,103	0,830
Ócio <sup>4</sup>	548	510	499	516	Y=517,97	9,62	0,158	0,094

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup>(min.dia<sup>-1</sup>).

O comportamento alimentar dos ruminantes está relacionado à quantidade e à qualidade da dieta consumida, especialmente a fonte de fibra efetiva. Embora tenha alto teor de fibra em detergente neutro, a casca de soja, assim como o grão de milho moído,

apresenta baixa efetividade da fibra, o que limita sua capacidade de estimular a ruminação (Callegaro et al., 2020).

A inclusão da casca de soja na dieta não influenciou significativamente a eficiência alimentar dos animais (Tabela 14). Isso porque, a casca de soja foi utilizada para substituir ingredientes de valor nutricional semelhante (milho), ou seja, o impacto na eficiência alimentar não foi alterado ( $P>0,05$ ). Outrossim, como o consumo de matéria seca (CMS) não foi significativamente alterado, a ingestão total de nutrientes permaneceu estável, resultando em conversão alimentar equivalente entre os tratamentos.

Não foram observados efeitos significativos ( $P>0,05$ ) sobre o tempo de mastigação total ( $\text{min.dia}^{-1}$ ), número de bolos ruminados por dia ( $\text{n}^{\circ}.\text{dia}^{-1}$ ), número de mastigações por dia ( $\text{n}^{\circ}.\text{dia}^{-1}$ ), número de mastigações por bolo ( $\text{n}^{\circ}.\text{bolo}^{-1}$ ) e tempo gasto por bolo ruminado ( $\text{seg.bolo}^{-1}$ ).

Callegaro et al.(2020) verificaram que novilhos submetidos a tratamento com aveia branca mastigaram mais vezes e permaneceram mais tempo mastigando o bolo ruminal do que os animais alimentados com casca de soja. Bürger et al.(2000) encontraram 51,47 mastigações de ruminação por bolo regurgitado por novilho alimentado com dieta de 90% de concentrado. Por outro lado, Carvalho et al. (2014) observaram que o tempo de ruminação e mastigação diminuíram linearmente com o aumento da substituição da casca de soja por silagem de sorgo.

**Tabela 14.** Parâmetros de eficiência alimentar e mastigação merícica de vacas em lactação confinadas recebendo níveis de inclusão de casquinha de soja na dieta.

Eficiência Alimentar	Níveis de casca de soja (%MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
EA ( $\text{g.MS.h}^{-1}$ ) <sup>4</sup>	2877,32	2629,15	2720,81	2787,76	Y= 2753,76	20,00	0,987	0,584
EAFDNcp ( $\text{g.FDNcp.h}^{-1}$ ) <sup>5</sup>	1285,29	1298,8	1434,92	1486,25	Y=1376,31	21,43	0,080	0,989
ERU ( $\text{g.MS.h}^{-1}$ ) <sup>6</sup>	2067,83	1984,37	1925,23	1939,22	Y=1979,16	12,84	0,316	0,836
ERUFDNcp ( $\text{g.FDNcp.h}^{-1}$ ) <sup>7</sup>	924,1	980,68	1013,49	1035,23	Y=988,37	15,22	0,091	0,959
TMT ( $\text{min.dia}^{-1}$ ) <sup>8</sup>	892,5	930	941,25	924,38	Y=922,03	5,40	0,158	0,094
NBR ( $\text{n}^{\circ}.\text{dia}^{-1}$ ) <sup>9</sup>	511,75	498,29	493,12	532,68	Y=508,96	22,63	0,960	0,737
NMd ( $\text{n}^{\circ}.\text{dia}^{-1}$ ) <sup>10</sup>	21111,76	20050,91	19895,5	23134,95	Y=21048,28	25,68	0,706	0,304

NMb (nº.bolo <sup>-1</sup> ) <sup>11</sup>	54,1	54,76	53,64	54,84	Y=54,34	14,01	0,999	0,999
TBR (seg.bolo <sup>-1</sup> ) <sup>12</sup>	74,29	74,44	71,29	71,07	Y=72,77	26,24	0,910	0,999

<sup>1</sup>Equação de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro. <sup>4</sup>EA - eficiência de alimentação da matéria seca; <sup>5</sup>EAFDNcp - eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; <sup>6</sup>ERU - eficiência de ruminação da matéria seca; <sup>7</sup>ERUFDNcp - eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; <sup>8</sup>TMT - tempo de mastigação total; <sup>9</sup>NBR - número de bolos ruminados por dia; <sup>10</sup>NMd - número de mastigações por dia; <sup>11</sup>NMb - número de mastigações por bolo e <sup>12</sup>TBR - tempo gasto por bolo ruminado.

Não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) para o número de períodos de alimentação (número.dia<sup>-1</sup>), ruminação (número.dia<sup>-1</sup>) e ócio (número.dia<sup>-1</sup>), assim como para o tempo gasto por período de alimentação (hora), ruminação (hora) e ócio (hora). Esse resultado pode ser atribuído à boa aceitabilidade da casca de soja pelos animais, aliada ao fato de que, embora seja rica em fibra neutro detergente (FDN), apresenta fermentabilidade rápida e baixa efetividade física. Além disso, todas as dietas mantiveram uma boa fonte de volumoso fixada, fornecendo uma boa estrutura física visando não alterar os padrões comportamentais dos animais.

**Tabela 15.** Atividades comportamentais de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de soja na dieta.

Atividades Comportamentais	Níveis de Casca de soja (% MS)				Eq. <sup>1</sup>	CV % <sup>2</sup>	P	
	0	33	66	100			L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
NPA (número.dia <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	10,13	8,75	8,88	8,5	Y= 9,06	29,87	0,313	0,846
NPR (número.dia <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	19,75	17,25	18,13	18,75	Y=18,47	14,16	0,840	0,054
NPO (número.dia <sup>-1</sup> ) <sup>6</sup>	13,63	13,88	13,75	13,63	Y=13,72	14,59	0,999	0,975
TPA (minutos) <sup>7</sup>	39,72	54,72	47,06	48,79	Y=47,57	44,31	0,786	0,503
TPR (minutos) <sup>8</sup>	26,84	30,78	30,84	29,6	Y=29,52	17,33	0,374	0,131
TPO (minutos) <sup>9</sup>	41,75	37,48	36,66	37,9	Y=38,44	17,6	0,276	0,290

<sup>1</sup>Equações de regressão; <sup>2</sup>Coefficiente de variação em porcentagem; <sup>3</sup>Probabilidade de erro; <sup>4</sup>NPA - número de períodos de alimentação; <sup>5</sup>NPR - número de períodos de ruminação; <sup>6</sup>NPO - número de períodos de ócio; <sup>7</sup>TPA - tempo por período de alimentação; <sup>8</sup>TPR - tempo por período de ruminação e <sup>9</sup>TPO - tempo por período de ócio.

## V- CONCLUSÃO

A substituição total do milho por casca de soja (100%), mostrou-se uma alternativa viável para a alimentação de vacas em lactação com produção de até 19 kg/dia, uma vez que não afetou significativamente a produção e a composição do leite, assim como outros parâmetros importantes como o consumo e digestibilidade.

## VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, A. J. 2005. Casca de soja e de caroço de algodão em dietas de vacas leiteiras em lactação. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

BERNARD, J. K., MCNEILL W. W. 1991. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 74:991–995. Disponível em: <[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78248-9/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78248-9/fulltext)>.

Acesso em: 31 mar.2025.

BITTNER, C. J., NUTTELMAN B. L., SCHNEIDER C. J., BURKEN D. B., JOHNSON L. J., MADER T. L., KLOPFENSTEIN T. J., ERICKSON G. R. 2016. Effects of increasing soybean hulls in finishing diets with wet or modified distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics of beef steers. *The Professional Animal Scientist* 32:777–783. <http://dx.doi.org/10.15232/pas.2016-01507>

BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P 2000. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29:236-242. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100031>

CALLEGARO, A. M., BRONDANI, I. L., ALVES FILHO, D. C., PIZZUTI, L. A. D., AZEVEDO JÚNIOR, R. L., MACHADO, D. S., PEREIRA, L. B., BORCHATE, D., MOURA, A. F. 2020. Ingestive behavior of steers finished on soybean hull and/or white oat grain. *Ciência Animal Brasileira* 21. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-59477>

CARVALHO S., DIAS F. D., PIRES C. C., BRUTTI D. D., LOPES J. F., SANTOS D., BARCELOS R. D., MACARI S., WOMMER T. P., GRIEBLER L. 2014. Comportamento ingestivo de cordeiros Texel e Ideal alimentados com casca de soja. *Archivos de Zootecnia* 63:55-64. Disponível em: <

[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-05922014000100006](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922014000100006)>

Acesso em: 31 mar.2025.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. Bucksburn: Rowett Research Institute. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/265323654\\_Estimation\\_of\\_Microbial\\_Protein\\_Supply\\_to\\_Sheep\\_and\\_Cattle\\_Based\\_on\\_Urinary\\_Excretion\\_of\\_Purine\\_Derivatives\\_An\\_Overview\\_of\\_Technical\\_Details](https://www.researchgate.net/publication/265323654_Estimation_of_Microbial_Protein_Supply_to_Sheep_and_Cattle_Based_on_Urinary_Excretion_of_Purine_Derivatives_An_Overview_of_Technical_Details)> Acesso em: 23 de ago.2023.

CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CHIZZOTTI, F. H. M.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A. 2007. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. Revista Brasileira de Zootecnia 36:138-146. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100017>

CUNNINGHAM, K. D., CECAVA, M. J., JOHNSON, T. R. 1993. Nutrient Digestion, Nitrogen, and Amino Acid Flows in Lactating Cows Fed Soybean Hulls in Place of Forage or Concentrate. Journal of Dairy Science 76:3523-3535. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77691-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77691-2)

DEPABLOS, L. 2022. Como podemos maximizar a eficiência de uso do nitrogênio e a produção de leite das vacas leiteiras? Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/empresas/novidades-parceiros/como-podemos-maximizar-a-eficiencia-de-uso-do-nitrogenio-e-a-producao-de-leite-das-vacas-leiteiras-230105/>>

Acesso em: 31 mar.2025.

DETMANN, E., COSTA E SILVA, L. F., ROCHA, G. C., PALMA, M. N., & RODRIGUES, J. P. 2021. Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal. 2ª edição. Suprema, Visconde do Rio Branco, MG.

ELLIOTT, J. P., DRACKLEY, J. K., FAHEY JR, G. C., SHANKS, R. D. 1995. Utilization of Supplemental Fat by Dairy Cows Fed Diets Varying in Content of

Nonstructural Carbohydrates 78:1512-1525. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76773-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76773-X)

FERREIRA, M. A., SILVA, R. R., RAMOS, AL. O., VÉRAS, A. S. C., MELO, A. A. S., GUIMARÃES, A. V. 2009. Síntese de proteína microbiana e concentrações de ureia em vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira e diferentes volumosos. Revista Brasileira de Zootecnia 38:159-165. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100020>

FIRKINS, J. L. 1997. Effects of Feeding Nonforage Fiber Sources on Site of Fiber Digestion. Journal of Dairy Science 80:1426–1437. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76072-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76072-7)

GARY, L. A.; SHERRITT, G. W.; HALE, E. B. 1970. Behavior of Charolais cattle on pasture. Journal of Animal Science 30: 303-306. <https://doi.org/10.2527/jas1970.302203x>

HALL, M. B. 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis. Gainesville, University of Florida.

IPHARRAGUERRE, I. R., IPHARRAGUERRE R. R., CLARK J. H. 2002. Performance of Lactating Dairy Cows Fed Varying Amounts of Soyhulls as a Replacement for Corn Grain. Journal of Dairy Science 85:2905–2912. Disponível em <<https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S00220302%2802%2974378-6>>. Acesso em: 31 mar.2025.

IPHARRAGUERRE I. R., SHABI Z., CLARK J. H., FREEMAN D. E. 2002. Ruminant Fermentation and Nutrient Digestion by Dairy Cows Fed Varying Amounts of Soyhulls as a Replacement for Corn Grain. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74377-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74377-4)

MACGREGOR, C. A., OWEN F. G. 1976. Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. Journal of Dairy Science 59:682–689.

MANSFIELD, H. R., STERN, M. D. 1994. Effects of Soybean Hulls and Lignosulfonate-Treated Soybean Meal, on Ruminal Fermentation in Lactating Dairy Cows 77:1070-1083. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77042-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77042-9)

MEDEIROS, S. R., MARINO, C. T. 2015. Proteínas na nutrição de bovinos de corte. Disponível em: <[https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1011213/1/NutricaoAnimalCA\\_PITULO03.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1011213/1/NutricaoAnimalCA_PITULO03.pdf)>. Acesso em: 02 jun.2025.

MELO, A. A. S., FERREIRA, M. A., VÉRAS, A. S. C., LIRA, M. A., LIMA, L. E., PESSOA, R. A. S. 2007. Caroço de algodão em dietas à base de palma forrageira para vacas leiteiras: síntese de proteína microbiana. Revista Brasileira de Zootecnia. 36:912-920. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000400022>

MOURA JÚNIOR, R. C. O. 2024. EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM VACAS EM LACTAÇÃO PRIMÍPARAS E MULTÍPARAS. Monografia. Graduação. Zootecnia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-Minas Gerais. <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/43951/1/EFICI%c3%8aNANCIA%20ALIMENTAR%20EM%20VACAS%20EM%20LACTA%c3%87%c3%83O%20PRIM%c3%8dPARAS%20E%20MULT%c3%8dPARAS%20%20TCC2%20ROM%c3%81RIO%20MOURA.pdf>

NAKAMURA, T., OWEN, F.G. 1989. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. Journal of Dairy Science 72:988-994. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79193-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79193-1)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7ª edição National Academy Press, Washington.

NEVILLE, B. W., PICKINPAUGH, W. J., MITTLEIDER, L. J., MOORE, R. L., SWANSON, K. C., CATON, J. S. 2022. Interaction of replacing corn silage with soyhulls as a roughage source with or without 3% added wheat straw in the diet: impacts

on intake, digestibility, and ruminal fermentation in steers fed high-concentrate diets. *Translational Animal Science* 6:1-7. <https://doi.org/10.1093/tas/txac061>.

OLIVEIRA, A. S., CAMPOS, J. M. S., VALADARES FILHO, S. C., ASSIS, A. J., TEIXEIRA, R. M. A., RENNÓ, L. N., PINA, D. S., OLIVEIRA, G. S. 2007. Substituição do milho pela casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: comportamento ingestivo, concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/ynVym4S9HNL7Rh43W7kMnhp/?lang=pt>>. Acesso em: 29 mai.2025.

PEREIRA, A. V., LEDO, F. J., MORENZ, M. J., LEITE, J. L., SANTOS, A. M., MARTINS, C. E., & MACHADO, J. C. 2016. BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149957/1/Comunicado-Tecnico-79.pdf>>. Acesso em: 28 ago.2023.

PITTALUGA, A. M., FELIX, T. L., MORAES, L. E., RELLING, A. E. 2021. Effects of increasing levels of soybean hulls in finishing diets of feedlot cattle fed free-choice hay on performance, roughage intake, and carcass characteristics. *Applied Animal Science* 37:525–532. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02173>.

REZENDE, P. L. P., RESTLE, J., BILEGO, U. O., FERNANDES, J. J. R., MISSIO, R. L., MENEZES, R. G., GUIMARÃES, T. P. 2018. Digestibility and feeding behavior of cattle fed soybean hulls to replace corn in high concentrate diets. *Semina: Ciências Agrárias* 39: 363-372. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n1p363>

ROCHA, D. T., CARVALHO, G. R., RESENDE, J. C. 2020. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124858/1/CT-123.pdf>>. Acesso em: 25 jan.2025.

SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. 1992. Effects of varying forage or concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 75:1533-1542. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77910-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77910-7)

SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I. 1979. Fundamentos de nutrição dos ruminantes. Livroceres, Piracicaba.

SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R.; BRAUN, A.; DEVORN, A.; TABORI, K. 1992. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. *Journal of Dairy Science* 75:2463-2472. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78008-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78008-4)

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70:3562-3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C.; CLAYTON, M.K. 1999. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science* 82:2686-2696. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75525-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75525-6)

VERBIC, J.; CHEN, X. B.; MACLEOD, N. A.; ØRSKOV, E. R. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. *Journal of Agricultural Science* 114:243-248. <https://doi.org/10.1017/S0021859600072610>