

VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DA SILAGEM DA RAIZ DE MANDIOCA NO SUPLEMENTO DE VACAS LEITEIRAS

Lucas Thiago Oliveira Galvão¹, Kaliandra Sousa Alves², Perlon Maia dos Santos³, Luis Rennan Sampaio Oliveira⁴, Rafael Mezzomo⁵, Silvia Silva Vieira⁶

RESUMO:

Objetivou-se determinar se há viabilidade econômica em incluir silagem de raiz de mandioca (SEM) no suplemento alimentar de vacas leiteiras. Foram utilizadas 10 vacas primíparas da raça Girolando distribuídas em dois quadrados latinos 5 × 5 simultâneos. Cinco tratamentos foram avaliados: I – vacas em pastejo sem suplementação concentrada (SSC); II - vacas em pastejo recebendo 5 kg de suplemento concentrado com 0% de SRM; III - vacas em pastejo recebendo 5 kg de suplemento concentrado com 26% de SRM; IV - vacas em pastejo recebendo 5 kg de suplemento concentrado com 52% de SRM e V - vacas em pastejo recebendo 5 kg de suplemento concentrado com 78% de SRM. Foram analisados o custo dos ingredientes no suplemento, o custo por ingrediente consumido por vaca por dia, o custo da produção de leite gerada apenas pela suplementação concentrada, o lucro da produção de leite gerado pela suplementação e os custos, margens, índices e lucros da produção de leite. O custo da suplementação elevou-se linearmente à medida que se incluiu SRM no suplemento. O maior nível de inclusão da SRM aumentou em 30,69% o custo do suplemento. O custo do kg de leite produzido a mais pela suplementação concentrada (Produção Marginal) aumentou linearmente com a inclusão da SRM no suplemento (P<0,05). A lucratividade da suplementação reduziu linearmente com o aumento da inclusão de SRM (P<0,05). O índice de rentabilidade da suplementação reduziu em 61% a medida que se incluiu o nível máximo de SRM no suplemento. O aumento da inclusão de SRM no suplemento, até a substituição total do milho, não elevou a produção de leite. A inclusão da SRM no suplemento não prejudica a produção de leite e seus aspectos qualitativos, porém eleva o custo do kg do suplemento, reduzindo a viabilidade.

Palavras-chave: Custo de produção, lucratividade, *Manihot esculenta*, suplementação.

ECONOMIC VIABILITY OF USING CASSAVA ROOT SILAGE IN DAIRY COW SUPPLEMENT

ABSTRACT:

The objective was to determine if there is economic viability in including cassava root silage (SRM) in the food supplement of dairy cows. Ten primiparous Girolando F1 cows (Holstein + Gyr) distributed in two simultaneous 5 × 5 Latin squares were used. Five treatments were evaluated: I – grazing cows without concentrate supplementation (SSC); II - grazing cows receiving 5 kg of concentrated supplement with 0% SRM; III - grazing cows receiving 5 kg of concentrated supplement with 26% SRM; IV - grazing cows receiving 5 kg of concentrated supplement with 52% SRM and V - grazing cows receiving 5 kg of concentrated

¹Mestre em Saúde e Produção Animal na Amazônia. Técnico Especialista da Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas – PA; lucasgalvao@zootecnista.com.br; <https://orcid.org/0009-0005-7198-1904>. ²Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Professora Titular da Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas - PA. kaliandra.alves@ufra.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-8964-9345>. ³Doutor em Ciência Animal. Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas – PA. perllon_zoo@yahoo.com.br; <https://orcid.org/0000-0002-7592-342x>. ⁴Doutor em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Professor Associado da Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas – PA. rennanvet@yahoo.com.br; <https://orcid.org/0000-0002-2960-0857>. ⁵Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Associado da Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas – PA. mezzomozoo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1889-3287>. ⁶Doutora em Saúde e Produção Animal. Zootecnista extensionista. silvia.silvavieira@yahoo.com.br; <https://orcid.org/0000-0003-2062-3152>.

supplement with 78% SRM. There were analyzes about the cost of the ingredients in the supplement, the cost per ingredient consumed per cow per day, the cost of milk production generated only by the concentrated supplementation, the profit of the milk production generated by the supplementation and the costs, margins, rates and profits of the supplement milk production. The supplementation cost increased linearly as the SRM supplement inclusion. The highest level of SRM inclusion increased the cost of the supplement by 30.69%. The cost of the extra kg of milk produced by concentrated supplementation (Marginal Production) increased linearly with the inclusion of SRM in the supplement ($P < 0.05$). Profitability of supplementation decreased linearly with increasing SRM inclusion ($P < 0.05$). The profitability index of supplementation was reduced by 61% as more SRM was included in the supplement. Increasing the inclusion of SRM in the supplement, until the total replacement of corn, did not increase milk production. The inclusion of SRM in the supplement does not affect milk production and its qualitative aspects, but it increases the cost per kg of the supplement, reducing its viability.

Keywords: Production cost, profitability, *Manihot esculenta*, supplementation.

INTRODUÇÃO

Na atividade leiteira, a alimentação representa o maior custo variável, sendo necessário bom planejamento para escolha dos ingredientes que farão parte das dietas (Nogueira et al., 2021). Entre as diversas fontes de ingredientes energéticos, os grãos cereais são as principais fontes utilizadas, (Merino et al., 2021). Porém, estes insumos apresentam uma alta variação de preço no decorrer do ano por serem utilizados para diversas finalidades como na produção de alimentos e de biocombustíveis (Keim et al., 2022). Dessa forma, um dos maiores desafios nas propriedades leiteiras é avaliar os alimentos que podem ser utilizados de forma a obter lucratividade com a produção, apesar das variações nos custos de aquisição dos insumos (Heard et al., 2021).

As pastagens possuem custo mais baixo para alimentação de ruminantes, mas têm valor nutricional limitante quando o objetivo é alta produtividade, havendo necessidade de suplementação com outras fontes nutricionais. Logo, é preciso verificar se alternativas alimentares, além de serem vantajosas nutricionalmente, são economicamente viáveis, aumentando os lucros devido economia nos custos de alimentação ou com o aumento da produção. Para tal constatação há necessidade de aplicar teorias de economia marginal, para que se possa avaliar a produtividade gerada a partir de determinado tipo ou quantidade de ingredientes nos suplementos fornecidos (Heard et al., 2021).

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma importante fonte de energia, podendo ser utilizada de formas variadas na alimentação de vacas leiteiras, ao longo de todo o ano ou intercalando com períodos de entressafra dos insumos tradicionais (Santos et al., 2009). A produção de mandioca no Brasil no ano de 2021 foi de 18,5 milhões de toneladas, colocando o país em destaque na produção desta cultura e o estado do Pará possui a maior produção nacional com 4,06 milhões de toneladas produzidas no ano de 2021 (IBGE, 2022). Além disso, a mandioca possui em média 38,8% de Matéria Seca (MS), 2,5% de Proteína Bruta (PB), 14,6% de Fibra em Detergente Neutro (FDN) corrigido para proteína e 78,1% de Carboidrato Não Fibrosos (CNF) (Saraiva et al., 2019), demonstrando que essa cultura apresenta características positivas para serem utilizadas na alimentação de vacas leiteiras.

A composição nutricional da raiz de mandioca pode variar conforme as condições de nutrição do

solo, plantio, idade da planta e armazenamento (Li et al., 2017). Para manter as características nutricionais, a ensilagem pode ser uma ferramenta para conservar seus nutrientes e aumentar o tempo de utilização (Neumann et al., 2010). Assim, é possível que silagem de raiz de mandioca seja utilizada como ingrediente nos suplementos de vacas leiteiras. Isso atende demandas de pesquisas por fontes de nutrientes provenientes de alimentos alternativos que possam compor dietas a fim de fornecer condições para que o animal exerça ao máximo sua capacidade de produção (Figueiredo et al., 2018). O produtor deve explorar opções economicamente viáveis, como por exemplo, a utilização de alimentos regionais com larga escala de produção.

Pelo exposto, assumiu-se que a inclusão da silagem de raiz de mandioca pode substituir o milho na alimentação de vacas primíparas em lactação mantidas a pasto, podendo ser economicamente viável, sem prejuízos a produção de leite. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar se há viabilidade econômica na inclusão de silagem de raiz de mandioca no suplemento alimentar de vacas leiteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais com os animais foram autorizados pelo Comitê de Ética de Uso de Animais em Experimentação da Universidade Federal Rural da Amazônia – CEUA, sob o número de protocolo 015/2018.

O experimento foi conduzido nas instalações da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, localizado no município de Parauapebas-PA, latitude: 6°4'15" S, longitude: 49°54'15" W, e 230 m de altitude, entre os meses de janeiro a abril de 2020. O clima da região é Aw quente e úmido, com chuvas no verão. As médias da temperatura e umidade relativa do ar durante a realização do experimento foram 28,14°C e 77,50%, respectivamente. O experimento foi realizado durante o período chuvoso amazônico, com precipitação pluviométrica durante a realização do experimento foi de 1582 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 2018).

Os animais do ensaio foram apascentados em 24 piquetes de tamanho 0,08 ha/cada, com pastagem composta por *Panicum Maximum* cv. Mombaça em sistema de lotação intermitente, onde todas as vacas tinham acesso a sombra e água. A taxa de lotação foi de 5 UA/ha, sendo apascentados 10 animais em todo

sistema ao longo do período experimental. O período de ocupação foi de 1 dia e o período de descanso foram de 23 dias. A pastagem foi irrigada e a adubação de base foi realizada com de 20 kg de Potássio ha^{-1} ; 40 kg de Fósforo ha^{-1} para todo período experimental. A adubação nitrogenada de cobertura foi feita ao final de cada ciclo de pastejo, correspondendo a 54 kg de Nitrogênio (N) $\text{ciclo}^{-1} \text{ha}^{-1}$, totalizando 810 kg de N $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Ribeiro, Guimarães e Alvarez, 1999). Todos os animais tiveram as mesmas condições ambientais em pastejo. Foram utilizadas 10 vacas primíparas da raça Girolando ($\frac{3}{4}$ sangue da holandesa e $\frac{1}{4}$ sangue Gir leiteiro), com peso médio de $373,45 \pm 63,55$ kg e média inicial de 76 dias de lactação. As vacas foram distribuídas em dois quadrados latinos 5×5 simultâneos de acordo com o período de lactação, balanceados para efeito residual, totalizando 5 períodos experimentais. Antes do início do experimento, os animais foram submetidos a um período de adaptação ambiental com duração de 30 dias, e o experimento teve uma duração total de 100 dias.

Anterior ao início do experimento, foi adquirida raiz de mandioca na zona rural do município de Parauapebas – PA (*Manihot esculenta* Crantz - variedade Roxinha da Argentina), com a qual foi produzida a silagem da raiz de mandioca (SRM), que foi armazenada em tambores de plástico (bombonas) de 200 litros com tampa. Para a ensilagem, as raízes foram lavadas com água corrente e secas ao ar. Posteriormente, foram trituradas em triturador forrageiro sem a utilização de peneiras e na sequência foram ensiladas. A compactação da raiz foi feita com auxílio de bastões de madeira tipo “mão de pilão”. Os silos foram abertos após no mínimo 150 dias da ensilagem.

A composição química da raiz de mandioca foi de: 51,02% de matéria seca (MS), 3,45% de proteína bruta (PB), 2,23% de extrato etéreo (EE), 11,24% de fibra em detergente neutro (FDN) e 77,88% de carboidratos não fibrosos (CNF). Na ocasião da abertura de cada silo, foram descartadas as porções superiores deterioradas e no material restante foram coletadas amostras para análises laboratoriais. Parâmetros bromatológicos da silagem estão apresentados na Tabela 2.

As vacas foram mantidas em sistema de pastejo rotacionado com momento de entrada do animal na altura de pastejo de 90 cm de altura. A saída foi realizada com 45 cm de altura de pasto. A disponibilidade média de MS total de forragem de 5.754 kg ha^{-1} , com 78,18% de folhas.

Os tratamentos dos animais apascentados foram:

I – Vacas em pastejo sem suplementação concentrada (SSC);

II - Vacas em pastejo suplementadas com 5 kg de MS de suplemento concentrado sem a inclusão de SRM (suplemento padrão) (0% de SRM);

III - Vacas em pastejo suplementadas com 5 kg de MS de suplemento concentrado com 26% de SRM;

IV - Vacas em pastejo suplementadas com 5 kg de MS de suplemento concentrado com 52% de SRM e

V - Vacas em pastejo suplementadas com 5 kg de MS de suplemento concentrado com 78% de SRM.

O suplemento padrão, sem SRM (0% de inclusão de SRM), foi composto por farelo de soja, ureia, suplemento mineral e milho. A partir desta formulação basal, foram formulados os demais suplementos com a substituição do milho pela SRM (Tabela 1). A suplementação concentrada foi fornecida duas vezes ao dia (50% do total sempre após cada ordenha) em cocheiras individuais. Todos os suplementos foram formulados de acordo com o NRC (2001), calculadas para serem isoprotéicas e para atenderem às exigências nutricionais de vacas leiteiras primíparas com 400 kg de peso vivo médio (PVM), e produção de 14 kg dia^{-1} com 4,0% de gordura. Todos os animais, em todos os tratamentos, receberam suplementação mineral de 100 g dia^{-1} .

Na Tabela 2 é apresentada a composição química dos alimentos utilizados nos suplementos. No tratamento sem suplementação concentrada (SSC) foi fornecido apenas sal mineralizado. Todos os animais, recebendo seus respectivos tratamentos, foram mantidos em regime de pastejo, em um mesmo lote. Apenas no momento da suplementação, cada animal recebia seu respectivo tratamento suplementar. O fornecimento de água foi realizado à vontade por meio de bebedouros (no pasto e nos cochos de suplementação).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química dos suplementos experimentais formuladas para vacas leiteiras primíparas, contendo diferentes níveis de inclusão da silagem de raiz de mandioca em substituição do milho no suplemento concentrado.

Itens*	SSC	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado (% MS)			
		0	26	52	78
Proporção de ingredientes (g kg ⁻¹ de MS)					
<i>Megathyrus maximus</i> Mombaça	98,46	65,04	65,04	65,04	65,04
Milho grão moído	-	27,76	18,49	9,25	0,0
Silagem da Raiz Mandioca	-	0,00	9,09	18,18	27,27
Farelo de Soja	-	5,14	5,14	5,14	5,14
Suplemento Mineral ¹	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
Ureia: Sulf. de amônia (9:1)	-	0,52	0,70	0,87	1,01
Composição química do suplemento concentrado (% da MS)					
MS	99,80	88,21	75,96	63,70	51,44
MM	99,90	1,62	2,04	2,47	2,90
MO	-	98,38	97,96	97,53	97,10
PB	-	16,24	17,08	17,22	17,36
EE	-	4,24	3,31	2,37	1,44
FDNcp	-	17,61	14,80	11,99	9,18
CNFcp	-	57,83	61,89	65,94	70,00
FDNi	-	3,62	3,72	3,83	3,94

¹Composição do suplemento mineral - Cálcio:200 (g kg⁻¹); Sódio:74 (g kg⁻¹); Fósforo: 100 (g kg⁻¹); Enxofre: 12 (g kg⁻¹); Magnésio: 15 (g kg⁻¹); Zinco: 4896 (mg kg⁻¹); Manganês: 6285 (mg kg⁻¹); Ferro:2000 (mg kg⁻¹); Cobre: 1650 (mg kg⁻¹); Flúor: 1000,00 (mg kg⁻¹; máx.); Cobalto: 200 (mg kg⁻¹); Iodo: 195 (mg kg⁻¹); Selênio: 32 (mg kg⁻¹); Cromo: 20 (mg kg⁻¹). *MS: Matéria seca; MM: Matéria mineral; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; FDNcp: Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF: Carboidratos não fibrosos; FDNi: Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível. SSC: Sem suplementação concentrada.

Tabela 2. Composição química dos principais ingredientes utilizados durante o ensaio experimental.

Composição, % da MS ¹	Alimentos			
	<i>Panicum Maximum</i> cv. Mombaça ²	Milho	Farelo de Soja	Silagem da Raiz de Mandioca
MS	25,36	87,20	84,09	39,29
MM	9,67	0,95	5,87	2,61
MO	90,33	99,05	94,13	97,39
PB	10,40	7,99	44,01	3,40
EE	1,36	3,77	8,49	0,25
FDNcp	61,88	18,76	18,47	8,29
CNFcp	16,69	68,53	23,17	85,44
FDNi	23,00	3,67	4,77	4,15
pH	-	-	-	4,04
Temperatura (°C)	-	-	-	20,15

¹MS: Matéria seca; MM: Matéria mineral; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; FDNcp: Fibra insolúvel em detergente; CNF: Carboidratos não fibrosos; FDNi: Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível. ²Composição química referente a amostra do pastejo simulado.

As vacas foram ordenhadas mecanicamente, duas vezes ao dia às 07h00 e às 16h00, respeitando-se as boas práticas de manejo da ordenha, com realização do pré e pós-dipping. O registro da produção de leite foi feito do 15° ao 20° dia de cada período experimental.

O custo dos ingredientes dos suplementos foi calculado a partir dos preços de cada ingrediente adquirido no mercado de Parauapebas-PA em janeiro de 2020, multiplicado a quantidade incluída na formulação do suplemento para produção de 100 kg de suplemento concentrado (Santos et al., 2009). O custo da mineralização foi calculado a partir da precificação do suplemento mineral no mercado de Parauapebas-PA, em janeiro de 2020.

O custo por ingrediente consumido por vaca dia⁻¹ foi calculado como preço do ingrediente multiplicado pela quantidade no suplemento, multiplicado pela quantidade em kg fornecido por animal dia⁻¹.

A produção de leite gerada apenas pela suplementação concentrada – produção marginal – (Teixeira et al., 2018), expressa em kg dia⁻¹ foi calculada como a diferença entre a quantidade de leite produzida em cada tratamento com suplementação concentrada menos a produção de leite gerada apenas com suplementação mineral.

O custo da produção de leite gerada apenas pela suplementação concentrada foi calculado como o custo da suplementação de cada tratamento dividido pela quantidade de leite a mais que as suplementações concentradas promoveram (Heard et al., 2018); expresso em R\$ dia⁻¹.

O lucro (R\$) da produção de leite gerado pela suplementação (Benito et al., 2019) foi calculado como lucro da produção de leite a mais que as suplementações concentradas promoveram, subtraído o custo da suplementação de cada tratamento; expresso em R\$ dia⁻¹.

As produções e os custos de proteína e gordura foram calculados como: Produção = teor de cada componente vezes produção de leite diária; expressa em kg dia⁻¹. Custo = produção do componente vezes custo da suplementação para produzir 1 kg do componente; expresso em R\$ dia⁻¹.

Para verificar a viabilidade econômica da inclusão da SRM em substituição ao milho, utilizou-se a equação descrita por Bellaver et al. (1985), empregada por Murakami et al. (2009), que calcula os custos médios de rações por quilograma de produto. O preço do quilo de leite considerado foi o praticado

no Estado do Pará nos meses de janeiro a abril de 2020.

O Custo do Suplemento (CS) foi calculado conforme a composição centesimal dos ingredientes nas rações experimentais e seus respectivos custos; expresso em reais (R\$). A Receita Bruta (RB) foi calculada como a produção diária versus o preço do leite praticada à época (Arcanjo et al., 2022); expresso em R\$ dia⁻¹. A Margem Bruta (MB) foi calculada como a diferença entre RB e CS. O Índice de Rentabilidade (IR) foi obtido pelo quociente MB e CS, evidenciando a taxa de retorno do investimento (Ho et al., 2018).

O ponto de equilíbrio foi calculado como o valor da RB para cobrir o CS. Onde RB = quantidade de produto (Qp) x preço (Pp) e CS = quantidade de suplemento (Qs) x preço (Ps). Logo, $Qp \times Pp = Qs \times Ps$. O Custo Operacional da suplementação foi computado como sendo os valores de energia + mão-de-obra específica para suplementação (Arcanjo et al., 2022); expresso em R\$ dia⁻¹. O Custo Total para suplementação foi calculado como sendo a soma dos valores de energia, mais mão-de-obra e o custo específico de cada suplemento (Santos et al., 2009); expresso em R\$ dia⁻¹. O Lucro Líquido diário foi computado como RB menos o Custo Total da suplementação (HO et al., 2021); expresso em R\$ dia⁻¹.

O percentual de lucro em relação ao investimento na suplementação foi calculado como: $\{\text{Lucro} \times (100/\text{RB})\}$ (Lima et al., 2015). Todos os custos foram parciais (Figueiredo et al., 2018; Benito et al., 2019) referentes aos suplementos, sua produção e logística (Arcanjo et al., 2022), pois não foram levados em consideração os demais custos. Os indicadores foram calculados conforme Murakami et al. (2009).

Análise estatística

Os dados de cada variável, referentes aos custos dos ingredientes, da mineralização, da suplementação; custos da produção de leite e dos componentes proteína e gordura foram submetidos à análise de variância de acordo delineamento em quadrado latino 5x5 (Teixeira et al., 2018). Quando significativa, os dados foram submetidos a contrastes ortogonais, testando o tratamento sem suplementação concentrada versus todos os tratamentos com suplementação (+4 -1 -1 -1 -1, sendo SSC, 0%, 26%, 52% e 78% de inclusão da SRM em substituição ao milho, respectivamente). Também se procedeu à

decomposição ortogonal em contrastes relativos aos efeitos de regressão de ordem linear (-3 -1 +1 +3) e quadrática (+1 -1 -1 +1) para os tratamentos com suplementação. Ainda, comparou-se apenas os tratamentos com suplementação em contrastes de médias pelo teste de sheffé.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando os programas SISVAR versão 5.6 DES/UFRA e AgroEstat 1.1.0.712 rev. 77, adotando-se o nível crítico de 5% de probabilidade para o erro tipo I. Considerou-se efeito aleatório o animal e o período do quadrado latino.

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + iT + jA + kP + e_{ij}$$

em que:

Y_{ijn} = valor resposta observado de cada variável;

μ = média geral de todas as observações de determinada variável;

iT = efeito do i -ésimo tratamento de suplementação (0, 26, 52, 78 e SSC);

jA = efeito do j -ésimo animal;

kP = efeito do k -ésimo período;

e_{ij} = erro experimental

RESULTADOS

À medida que a SRM foi incluída em maior proporção na formulação do concentrado aumentou o preço do suplemento/kg ($p < 0,05$). O ingrediente ureia também contribuiu para encarecimento do suplemento, pois teve que entrar em maior proporção a medida que se incluiu SRM, afim de tornar as dietas isoprotéicas. O maior nível de inclusão da SRM aumentou em 30,69% o custo do suplemento. Para formular 100 kg de suplemento, substituindo todo milho por SRM, foram gastos R\$ 55,91 a mais, quando comparado ao tratamento sem inclusão do SRM. O preço de MS kg^{-1} de milho ficou em R\$ 1,48, enquanto o preço do MS kg^{-1} da SRM foi de R\$ 2,17 (Tabela 3). O maior nível de inclusão da SRM provocou aumento de 44,48% na despesa diária com suplementação, sendo gastos R\$ 3,67 a mais por dia, por vaca. Já o custo diário dos animais recebendo apenas suplementação mineral foi 19 vezes mais barato que o suplemento sem SRM, que foi o mais barato dentre os suplementos (Tabela 4).

Tabela 3. Custos (R\$) por ingrediente para produção de suplemento para vacas leiteiras com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

Ingredientes	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado em substituição ao milho (% MS)				EPM	Valor p	
	0	26	52	78		L	Q
SRM	0,00	56,34	112,69	169,03	0,0011	< 0,001	< 0,001
Milho	117,87	78,58	39,29	0,00	0,0016	< 0,001	ns
Farelo de Soja	40,43	40,43	40,43	40,43	-	Ns	ns
Ureia	4,75	6,34	7,92	9,51	0,0058	< 0,001	ns
Suplemento Mineral	19,30	19,30	19,30	19,30	-	ns	ns
Total	R\$182,35	R\$200,99	R\$219,62	R\$238,26	0,067	< 0,001	ns

Valores em R\$ - Reais Brasileiros - em janeiro de 2020. EPM: Erro padrão da média. Valor p para L: efeito linear; Q: efeito quadrático. ns = não significativo a 5%. *Custo (R\$) por ingrediente para cada 100 kg de suplemento.

Tabela 4. Custos (R\$ animal⁻¹ dia⁻¹) por ingrediente para suplementar e/ou mineralizar uma vaca leiteira por dia com suplemento com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

Ingredientes	Níveis inclusão de SRM no suplemento concentrado, % MS				SSC / Mineral	EPM	Valor p		
	0	26	52	78			L	Q	SSC / Mineral
Mandioca	0,00	2,65	5,77	9,29		0,61	< 0,01	< 0,01	-
Milho	6,55	5,41	2,98	0,00		0,56	< 0,01	< 0,01	-
F Soja	1,21	1,50	1,63	1,75		0,59	< 0,01	< 0,01	-
Ureia	0,12	0,19	0,27	0,35		0,066	< 0,01	ns	-
Mineral	0,36	0,44	0,48	0,52		0,065	< 0,01	< 0,01	-
Mineralização	-	-	-	-	0,43	-	-	-	-
Suplemento total	R\$ 8,25	R\$ 10,20	R\$ 11,11	R\$ 11,92		0,59	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Valores em R\$ - Reais Brasileiros – em janeiro de 2020; EPM: Erro padrão da média. Valor p para L: efeito linear; Q: efeito quadrático e SSC/mineral: Efeito de contraste entre o tratamento sem suplementação concentrada; apenas mineral x tratamentos com suplementação (independentemente do nível de substituição). NS = não significativo a 5%.

A suplementação concentrada com os diferentes níveis de inclusão de SRM elevou a produção de leite em relação ao tratamento sem suplementação (apenas pastagem mais suplementação mineral) ($p < 0,05$). Em média, independentemente do nível de inclusão da SRM, as vacas produziram 4,07 kg de leite a mais, quando comparadas com animais do tratamento com apenas suplementação mineral. Todavia, o aumento da inclusão de SRM no suplemento, até a substituição

total do milho, não elevou a produção de leite ($p > 0,05$) (Tabela 5).

O custo do quilo de leite produzido à mais pela suplementação concentrada (Produção Marginal) aumentou linearmente com a inclusão da SRM no suplemento ($p < 0,05$). O maior nível de inclusão da SRM, encareceu em R\$ 0,70 o litro de leite, produzido apenas pela suplementação, contudo, sem elevar a produção de leite (Tabela 6).

Tabela 5. Produção de leite (kg) a mais gerada pela suplementação (Produção Marginal), descontando-se a produção leite oriunda da pastagem, de vacas leiteiras suplementadas com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado			
	0	26	52	78
SSC/Mineral	+4,02a	+3,95a	+4,29a	+4,05a

Cada nível de inclusão da silagem – 0, 33, 66 e 100, é comparado com o tratamento SSC/Mineral, com produção superior significativa indicada por '+'. Os níveis de inclusão da silagem – 0, 33, 66 e 100, são comparados entre si por teste de média, sendo as médias similares quando há letra minúscula igual.

Tabela 6. Custos (R\$ dia⁻¹) com suplementação por kg de leite gerado à mais pela suplementação, descontando-se o custo oriundo oriunda da pastagem, de vacas leiteiras suplementadas com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

Variáveis	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado em substituição ao milho (% MS)				EPM	Valor P	
	0	26	52	78		L	Q
	PL à + gerados pela suplementação (kg dia ⁻¹)	4,02a	3,95a	4,29a		4,05a	-
Custo do suplemento (R\$ dia ⁻¹)	8,25	10,2	11,11	11,92	0,59	<0,01	<0,01
Custo da produção (R\$ litro ⁻¹)	1,92	2,5	2,54	2,62	0,159	0,039	ns

PL: Produção de leite. Valores em R\$ - Reais Brasileiros – em janeiro de 2020; EPM: Erro padrão da média. Valor p para L: efeito linear; Q: efeito quadrático. ns = não significativo a 5%. Letras minúsculas entre colunas comparam médias a 5%.

O aumento dos níveis de SRM no suplemento não gerou lucro, considerando o custo do suplemento e a produção de leite a mais gerada pela suplementação. A lucratividade da suplementação reduziu linearmente com o aumento da inclusão de SRM ($p < 0,05$) (Tabela 7). O maior nível de inclusão da SRM gerou prejuízo de R\$ 5,19 por dia vaca⁻¹, referente a suplementação.

Tabela 7. Lucro (R\$ dia⁻¹) e custos com suplementação gerado apenas pelo leite à mais produzido pela suplementação, descontando-se o lucro oriundo da pastagem, de vacas leiteiras suplementadas com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

Variáveis	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado em substituição ao milho (% MS)				EPM	p Valor	
	0	26	52	78		L	Q
	PLD à + gerados pela suplementação concentrada (kg dia ⁻¹)	4,02 ^a	3,95 ^a	4,29 ^a		4,05 ^a	-
Custo do suplemento (R\$ dia ⁻¹)	8,25	10,2	11,11	11,92	0,59	<0,01	<0,01
Preço de venda do leite (R\$)	1,50	1,50	1,50	1,50	-	-	-
Retorno da produção (R\$ dia ⁻¹)	7,22	6,27	6,96	6,72	-	-	-
Lucro Líquido (R\$ dia ⁻¹)	-1,03	-3,92	-4,14	-5,19	0,68	0,01	ns

PLD: Produção de leite diária; EPM: Erro padrão da média. Valor p para L: efeito linear; Q: efeito quadrático. ns = não significativo a 5%. Letras minúsculas entre colunas comparam médias a 5%.

A produção de leite diária não foi afetada pelo aumento da inclusão da SRM até a total substituição do milho no suplemento concentrado ($p > 0,05$). Já a produção das vacas suplementadas, com qualquer nível de inclusão da SRM, foi maior ($p > 0,05$) que a produção de vacas com apenas mineralização (Tabela 8).

O custo operacional do fornecimento do suplemento nos diferentes níveis de inclusão da SRM

e da suplementação mineral tiveram valores numericamente similares, em torno de R\$ 0,27 dia⁻¹ (Tabela 9). Já o custo total da suplementação diária se elevou à medida que se incluiu SRM no suplemento. O menor custo total da suplementação foi do tratamento com apenas suplementação mineral, sendo 12 vezes menor que o tratamento sem inclusão da SRM. O custo médio dos suplementos também se elevou à medida que se incluiu SRM no suplemento.

Tabela 8. Produção diária de leite e custos com suplementação para produção de gordura e proteína, de vacas leiteiras suplementadas com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

Item	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado em substituição ao milho (% MS)				SSC	EPM	Valor P		SSC / Mineral
	0	26	52	78			L	Q	
Produção de leite (kg dia ⁻¹)	13,4	13,65	13,67	13,01	9,39	0,72	0,19 NS	0,25 ns	< 0,01

EPM: Erro padrão da média. Valor p para L: efeito linear; Q: efeito quadrático e SSC/mineral: Efeito de contraste entre o tratamento sem suplementação concentrada; apenas mineral x tratamentos com suplementação (independentemente do nível de substituição). ns = não significativo a 5%. Letras minúsculas entre colunas comparam médias a 5%.

Tabela 9. Custos, margens, índices e lucros (R\$) da produção de leite de vacas suplementadas com diferentes níveis de inclusão de silagem de raiz de mandioca.

Variáveis	Níveis de inclusão de SRM no suplemento concentrado em substituição ao milho (% MS)				SSC / Mineralização
	0	26	52	78	
Custo operacional da suplementação dia ⁻¹	0,27	0,27	0,27	0,28	0,26
Custo Total para suplementação dia ⁻¹	8,52	10,47	11,38	12,20	0,69
Custo médio da ração animal ⁻¹ dia ⁻¹	8,25	10,2	11,11	11,92	0,43
Receita Bruta dia ⁻¹ animal ⁻¹	20,1	20,47	20,50	19,51	14,09
% lucro em relação aplicação	57,59	48,87	44,51	37,47	95,13
Lucro Líquido dia ⁻¹	11,58	10,01	9,13	7,31	13,40
Margem líquida relativa a suplementação	57	48	44	37	95
Margem Bruta dia ⁻¹ relativa a suplementação	57,6	48,9	44,5	37,5	95,1
Índice de rentabilidade	2,44	2,01	1,85	1,64	32,76
Ponto de equilíbrio parcial para suplemento*	5,68	6,98	7,59	8,13	0,46

Os valores de receitas, margens e lucros consideram a produção total de leite, inclusive aquela gerada pela suplementação. * Quilogramas de leite produzidos necessários para pagar os custos com a suplementação.

A receita bruta total/animal dia⁻¹ sofreu variação de menos de R\$ 0,90 entre os diferentes níveis de inclusão da SRM, sendo considerada estável. Já a receita bruta do tratamento sem suplementação foi R\$ 6,06 mais barata, comparada à média dos tratamentos com suplementação. A porcentagem de lucro em relação ao investimento da suplementação diminuiu à medida que aumentou a inclusão da SRM em substituição ao milho no suplemento. O maior percentual de lucro em relação ao investimento ocorreu no tratamento com apenas suplementação mineral, sendo 48% à mais em relação

aos tratamentos com suplementação concentrada (Tabela 9).

Em relação, ao lucro diário relativo a suplementação reduziu em média 36,87%, à medida que se incluiu SRM no suplemento. O maior lucro líquido foi verificado com a suplementação mineral, com aumento de R\$ 1,82 e R\$ 6,09, comparado ao suplemento sem SRM e com o suplemento com maior nível de inclusão da SRM, respectivamente. A margem líquida e a margem bruta relativa a suplementação também reduziram à medida que se incluiu SRM no suplemento e foram maiores no

tratamento com apenas suplementação mineral (Tabela 9).

O índice de rentabilidade da suplementação reduziu em 61% a medida que se incluiu o maior nível de SRM no suplemento. A melhor rentabilidade se verificou no tratamento com apenas suplementação mineral. O ponto de equilíbrio parcial para suplemento aumentou 43,13% à medida que se incluiu o maior nível de SRM no suplemento. O menor ponto de equilíbrio se verificou no tratamento com apenas suplementação mineral (Tabela 9).

DISCUSSÃO

O encarecimento crescente do suplemento (Tabela 3) pela inclusão da SRM foi devido ao maior custo de aquisição/produção e operacional, comparado a inclusão de milho grão (Lima et al. 2015). A redução do milho grão para inclusão da SRM no suplemento, representou, na prática, a redução de um ingrediente mais barato e de mais fácil operacionalização na produção do suplemento. Além da SRM, a ureia também entrou em maior quantidade nas formulações dos suplementos para equilibrar os teores de proteína da dieta, pois a raiz da mandioca possui menores teores de PB que o milho, o que resultou no encarecimento do suplemento com SRM. Godoy et al. (2021) reportam viabilidade ao substituir suplementação convencional por suplementação com ingredientes alternativos agroindustriais, devido diferenças nos custos dos suplementos, quando os ingredientes convencionais estiveram na ordem de U\$ 0,21 kg⁻¹ e os alternativos na ordem de até U\$ 0,16 kg⁻¹.

De modo geral, as fases de aquisição e transporte da raiz de mandioca, preparo e aparelhagem para ensilagem, processo de ensilagem, mão de obra para desensilar e fornecer a silagem junto ao concentrado possuíram custo mais elevado, quando comparado as fases de transportar, triturar e misturar o milho ao concentrado.

Arcanjo et al. (2022), ao substituir silagem de milho por torta de algodão na dieta de bovinos, observaram aumento nas receitas, pois o custo de produção da torta foi menor, comparado ao alimento convencional. Assim como neste estudo, as dietas com ingrediente mais caros tiveram os maiores custos diários. Ao substituir milho por raspa de mandioca, Lima et al. (2015) observaram efeito quadrático para resposta econômica, onde a inclusão de 15% de raspa reduziu o lucro líquido, devido aos elevados custos

operacionais. Nos estudos citados, assim como neste, é preciso observar o ponto em que o custo marginal é igual a receita marginal para tomada de decisão sobre o tipo e a forma de suplementação (Heard et al., 2018). Santos et al. (2009), substituindo silagem de milho por silagem de parte aérea de mandioca, na suplementação de vacas leiteiras, observaram redução dos custos de alimentação devido ao baixo custo desse subproduto da mandioca.

De modo geral o efeito exclusivo da suplementação, convertendo-se em quilo de leite, foi baixo (Tabela 5). O consumo de MS de suplemento, independentemente do nível de inclusão da SRM, foi de média 4,80 kg dia⁻¹, que gerou uma produção média de 4,07 kg de leite. Isso pode estar relacionado ao PV das vacas e sua demanda de energia para crescimento (Figueiredo et al., 2018) ao período da lactação ou ganho de peso, ao invés de produção de leite (Godoy et al., 2021; Lima et al., 2015; Heard et al., 2021). Com uma relação suplementação/produção próxima a 1, infere-se que o preço do quilo do suplemento necessita estar abaixo do preço do quilo de leite comercializado, para a suplementação ser viável. Nessa situação, ingredientes dos suplementos que elevem o custo do produto, como neste caso a SRM, devem ser evitados na formulação. Suplementações mais caras só devem ser adotadas quando permitirem elevação da lotação e/ou reduzirem a pressão de pastejo, onde admite-se redução do lucro/animal, mas há aumento da lucratividade/área (Benito et al. 2019; Heard et al., 2021).

Heard et al. (2018), menciona que suplementos alimentares só permitirão o aumento do lucro do produtor se a receita a mais do leite exceder o custo a mais da suplementação. Para isso são necessárias mais unidades monetárias de leite, gordura e proteína produzidas, do que unidades monetárias de suplemento investidas. Porém, quando os custos do suplemento são elevados, como nesse estudo, não há viabilidade das dietas.

A SRM foi um ingrediente caro, que agregou maior custo na sua produção e operacionalização (Lima et al. 2015), que associado a maior complexidade de logística de fornecimento do suplemento encareceu o sistema (Arcanjo et al., 2022). Ainda, observando a composição química da SRM em relação ao milho, percebe-se que a primeira é vantajosa, principalmente em relação ao teor de CNF, mas inferior quanto a EE e PB. Considerando o aporte de energia líquida para produção a partir da

gordura, a diferença entre milho e SRM diminuiu. O que pode ter favorecido as respostas das produções de leite terem sido semelhantes, ainda que a suplementação com SRM tenha sido mais cara.

Como a produção de leite foi mantida até o maior nível de inclusão da SRM em substituição ao milho, afirma-se que este ingrediente possui potencial do uso para suplementação de vaca leiteiras (Santos et al., 2009). Contudo, no cenário deste estudo, o custo desta silagem limita sua inclusão nas formulações desde os menores níveis. Portanto, a viabilidade do suplemento com SRM, comparado ao suplemento com milho, ocorre se o custo total for metade do custo constatado nessa pesquisa (Custo total médio de R\$ 2,10 kg⁻¹). Lima et al. (2015), incluindo bagaço de mandioca na ração de vacas leiteiras, mencionam que ingredientes alternativos podem ser incluídos nas dietas quando os preços deste são competitivos. Os autores reportam estudos onde a inclusão de derivados de mandioca, mesmo reduzindo a produção de leite, pode ser viável, desde que tenha baixo custo. A principal diferença em relação a este estudo é que derivados da mandioca são muito mais baratos que a raiz da mandioca, usada neste estudo, produto com destino comercial a alimentação humana.

A suplementação, de maneira geral, gerou baixo lucro líquido (Tabela 7) nas condições experimentais desse estudo, devido ao alto custo dos suplementos produzidos e a baixa resposta produtiva das vacas em kg de leite/kg de suplemento consumido. A suplementação, em todos os níveis de inclusão da SRM, aumentou a produção de leite em relação a não suplementação, mas não garantiu aumento da lucratividade (Benito et al., 2019). A maior produção se deve a maior ingestão de nutrientes da suplementação concentrada (Lima et al., 2015). Outro ponto que contribuiu para a menor lucratividade da suplementação está relacionado ao preço do litro de leite in natura pago pelo laticínio (R\$ 2,00 L⁻¹ - Parauapebas – PA, 2018).

Ganhos com a suplementação neste estudo podem ter ocorrido em relação as condições de escore corporal das vacas (Lima et al., 2015), balanço energético positivo ao longo da lactação e melhores condições fisiológicas para fases de retorno ao cio e nova gestação (Heard et al., 2021), mas isso depende de outros fatores nos sistemas de produção e não foi avaliado nesse estudo.

Os resultados financeiros indicam que para substituir um ingrediente de um suplemento é

necessário além de balancear os nutrientes às exigências, é preciso analisar os custos envolvidos em todo o processo de inclusão do novo alimento. Até mesmo o fornecimento de suplementos convencionais, com ingredientes tradicionais, necessita da análise financeira, isolando os custos e o retorno específico do suplemento (Teixeira et al., 2018; Heard et al., 2021). Neste estudo, assim como no de Lima et al. (2015), existe vantagens da suplementação, porém menor quando se adiciona mais SRM.

O custo operacional da suplementação praticamente não se modificou entre os tratamentos (Lima et al. 2015), pois foi calculado como mão de obra específica para preparo e fornecimento no cocho dos diferentes suplementos, inclusive do mineral. O custo total da suplementação aumentou entre os tratamentos com suplementação concentrada, devido ao aumento do próprio custo do suplemento (Silva et al. 2008). A mineralização teve menor custo total devido ao menor custo do suplemento mineral e o consumo ter sido limitado a oferta de 100 g dia⁻¹.

As receitas brutas entre os tratamentos com suplementação concentrada, independente do percentual de inclusão da SRM no suplemento, foram similares devido a não alteração no valor monetário do quilo de leite com a produção de leite diária. A menor receita no tratamento com apenas suplementação mineral foi devido a menor produção de leite, embora os custos dessa produção tenham sido significativamente baixos, em comparação a suplementação concentrada (Silva et al. 2008), sendo justificado pelo menor gasto com mineralização. Apesar da produção de leite, o preço médio do quilo de leite e o consumo do suplemento terem resultados semelhantes entre o suplemento com SRM e mineral, houve a redução do percentual de lucro em relação ao investimento específico e do lucro líquido diário com o aumento da inclusão da SRM. Logo, os maiores lucros no tratamento com apenas suplementação mineral foi devido os menores custos.

Abreu Filho et al., (2022), ao incluir farelo de palma no lugar do milho em suplementos para novilhas em pastejo, nos níveis 0, 30, 60 e 90%, observaram a lucratividade líquida aumentar até nível de 45%, porque até próximo desse nível de inclusão a suplementação ficou mais barata, devido a palma ser mais barata que o milho, sem afetar a resposta biológica dos animais. Neste estudo, a lucratividade diminuiu linearmente porque o ingrediente alternativo é mais caro que o milho.

Os dados mostram que a suplementação não garante maior lucratividade do sistema de produção (Lima et al., 2015). Para haver alta viabilidade os animais precisam possuir elevado potencial genético de resposta ao aporte de energia na dieta e/ou a suplementação necessita ter custo consideravelmente baixo. Os resultados apontam que para animais com produções diárias estimadas de 10 a 13 kg de leite dia⁻¹ (Teixeira et al., 2018), uma boa pastagem associado a suplementação mineral pode apresentar maior lucratividade (Figueiredo et al., 2018; Ho et al., 2021), mesmo produzindo menor quantidade de leite, devido ao baixo custo de produção. O fornecimento de menor percentual de suplemento diário em relação ao PV pode ser uma alternativa para a aquisição de maior lucratividade, (Silva et al., 2008). Uma outra opção seria a busca por nichos de mercado, que comercializam leite com maiores percentuais de proteína (Madalena, 2000).

A margem bruta entre os tratamentos com suplementação concentrada reduziu com o aumento da inclusão da SRM no suplemento porque, mesmo as receitas se mantendo, oriundas da produção de leite e do preço recebido pelo quilo, houve redução do lucro devido o custo do suplemento com inclusão. Silva et al. (2008), suplementando vacas em pastejo em diferentes percentuais e custos, observaram margem bruta superior, de até 20% de diferença, para os tratamentos com suplementação mais em conta.

De modo geral, a inclusão da SRM no suplemento concentrado reduz o lucro devido seu alto custo, mesmo havendo margens positivas para todos os suplementos, estando de acordo com achados de Ho et al. (2018). Silva et al. (2008) e Heard et al. (2021) concluem que sistemas de produção de leite mais dependentes de pastagens apresentam melhores resultados econômicos. Ho et al. (2021) reportam lucro de U\$ 0,45 vaca⁻¹ dia⁻¹ ao aumentar a oferta de forragem. Santos et al. (2017) e Benito et al. (2019), testando diferentes suplementações para novilhas leiteiras observaram que maiores quantidades de suplemento e suplementação com maior custo, apresentaram menor eficiência e vantagem econômica.

A redução do índice de rentabilidade com mais SRM na formulação da suplementação concentrada indica que esse ingrediente está inviabilizando a suplementação. Para cada unidade monetária investida no suplemento há menor retorno quando se usa a SRM na formulação. Abreu Filho et al. (2022), suplementando novilhas, reportam melhor

taxa de retorno (5,3) quando o milho é substituído por ingrediente de menor custo, desde que não prejudique o desempenho animal, para garantir redução significativa nos custos de produção. Godoy et al. (2021) verificou melhor rentabilidade (U\$ 0,2 vaca⁻¹ dia⁻¹) ao substituir a suplementação convencional por suplementação com ingredientes alternativos agroindustriais, devido ao aumento da energia do suplemento, preços baixos e estáveis.

O aumento do ponto de equilíbrio parcial para o suplemento com o aumento da SRM na suplementação indica que maior parte da receita bruta está comprometida com a dieta, sendo usada para adquirir o suplemento. O menor volume de produção exigido para custear a própria produção, ocorre, geralmente, quando há suplementação mineral, resultando em maior lucro líquido e rentabilidade, mesmo produzindo menos quilo leite/dia (Silva et al., 2008; Lima et al., 2015).

A análise dos aspectos de produção de leite evidencia que o milho pode ser substituído plenamente pela SRM (Santos et al., 2009), e que a suplementação concentrada é sempre mais produtiva que a suplementação mineral. Ao se inserir na análise os indicativos econômicos, percebe-se que não é vantajoso, economicamente, incluir a silagem no suplemento e que a suplementação mineral, mesmo não tendo alta produção de leite, pode ser viável. Silva et al. (2008), Benito et al. (2019) e Figueiredo et al. (2018) mencionam que as receitas do leite produzido a pasto são menores, mas as margens/rentabilidade são superiores, isso se verificou neste estudo.

CONCLUSÃO

A inclusão da silagem de raiz de mandioca no suplemento de vacas leiteiras não prejudica a produção de leite, porém encarece os custos de produção por elevar o custo do quilo do suplemento, reduzindo a viabilidade econômica da inclusão da SRM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu Filho, G.; Silva, R. R.; Silva, F. F.; Silva, A. P. G.; Paixão, T. P.; Souza, S. O.; Lisboa, M. M.; Barroso, D. S.; Silva, J. W. D.; Alba, H. D. R. & Carvalho, G. G. P. (2022). Effects of replacing ground corn with *Nopalea Cochenillifera* meal on the intake, performance, and economic viability of grazing

- steers. **Tropical Animal Health and Production** 54 (1): 20-35.
- AGROESTAT. Barbosa, C.B. & Maldonado Júnior, W. (2018). **Software para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. 1.1.0.7112 – ver. 77.
- Arcanjo, H. M.; Ítavo, L. C. V.; Ítavo, C. C. B. F.; Franco, G. L.; Dias, A. M.; Difante, G. S.; Lima, E. A.; Santana, J. C. S. & Gurgel, A. L. C. (2022). Cotton cake as an economically viable alternative fibre source of forage in a high-concentrate diet for finishing beef cattle in feedlots. **Tropical Animal Health and Production** 54 (2): 98-112.
- Bellaver, C.; Fialho, E.T. & Protas, J.F.S. (1985). Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 20 (8): 969-974.
- Benito, A.P.; González, F.L.; Albarrán, M.R. & Arriaga-Jordán, C.M. (2019). Productive and economic response to concentrate supplementation by grazing dairy cows at high stocking. **Revista Mexicana de Ciências Pecuárias** 10 (4): 855-869. doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4787.
- Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Embrapa Brasília, DF. 2018. 356 p.
- Ferreira, D. F. **SISVAR. DES/UFLA**. (2021). Software Versão 5.8 (Build 92).
- Figueiredo, C. B.; Santana Júnior, H. A.; Bezerra, L. R.; Mendes, F. B. L.; Santana, E. O. C. & Abreu Filho, G. (2018). Correlations between production and economic variables in dairy cows on a tropical pasture. **Acta Scientiarum Animal Sciences** 40: e39737.
- Godoy, D.; Gonzales, J.; Roque, R.; Fernández, M.; Gamarra, S.; Hidalgo, V. & Gómez, C. (2021). Use of unconventional agro-industrial by-products for supplementation of grazing dairy cattle in the Peruvian Amazon region. **Tropical Animal Health and Production** 53 (294): 1-6.
- Heard, J. W.; Hannah, M. C.; Ho, C. K. M. & Wales W. J. (2021). Predicting immediate marginal milk responses and evaluating the economics of two-variable input tactical feeding decisions in grazing dairy cows. **Animals** 11: 1900-1920. doi.org/10.3390/ani11071920
- Heard, J. W.; Hannah, M.; Ho, C. K. M.; Wales, W. J. & Jacobs, J. L. (2018). An improved method of estimating pasture intake of grazing lactating dairy cows. In **Proceedings of the 32nd biennial conference of the Australian Society of Animal Production**. New South Wales, Australia. 2525 p.
- Ho, C. K. M.; Auldist, M. J.; Wright, M. M.; Marett, L. C.; Malcolm, B. & Wales, W. J. (2021). Economic analysis of offering different herbage allowances to dairy cows fed a partial mixed ration. **Animals**, 11: 1692-1704. doi.org/10.3390/ani11061704
- Ho, C. K. M.; Wales, W. J.; Auldist, M. J. & Malcolm B. (2018). Evaluating the economics of short-term partial mixed ration feeding decisions for dairy cows. **Animal Production Science** 58 (8): 1531–1537.
- IBGE. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola. Estatística da produção agrícola**. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2022/estProdAgri_202209.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2022/estProdAgri_202209.pdf)
- Keim, J. P.; Mora, J.; Ojeda, S.; Saldías, B. & Bedenk, U. (2022). The replacement of ground corn with sugar beet in the diet of pasture-fed lactating dairy cows and its effect on productive performance and rumen metabolism. **Animals**, 12: 1915-1927. doi.org/10.3390/ani12151927
- Li, S.; Cui, Y.; Zhou, Y.; Luo, Z.; Liu, J.; Zhao, M. **The industrial applications of cassava: current status, opportunities and prospects**. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning China. N. 530004. doi: 10.1002/jsfa.8287.
- Lima, L. P.; Veloso, C. M.; Silva, F. F.; Pires, A. J. V.; Teixeira, F. A. & Nascimento, P. V. N. (2015). Milk production and economic assessment of cassava bagasse in the feed of dairy cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 37 (3): 307-313.

- Madalena, F.E. (2000). Valores Econômicos para a seleção de gordura e proteína do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: (3): 678-684.
- Merino, V.M.; Leichtle, L.; Balocchi, O.A.; Lanuza, F.; Parga, J.; Delagarde, R.; Ruiz-Albarrán, M.; Rivero, M.J. & Pulido, R.G. (2021). Metabolic and productive response and grazing behavior of lactating dairy cows supplemented with high moisture maize or cracked wheat grazing at two herbage allowances in spring. **Animals** 11 (19): 919. doi.org/10.3390/ani11040919
- Murakami, A.E.; Souza, L.M.G.; Massuda, E.M.; Alves, F.V.; Guerra, R.H. & Garcia, A.F.Q. (2009). Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milho em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** 31 (1): 31-37. [doi.10.4025/actascianimsci.v31i1.5761](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i1.5761)
- Neumann, M. (2010). Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 2. ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548.
- Nogueira, M. M. B.; Beber, P. M.; Silva, L. O.; Diniz, J. V. A.; Peixoto, R. M.; Silveira, E. S.; Rosa, B. L. & Bezerra, S. A. (2021). Composição físico-química de silagem da parte aérea e resíduos do processamento da mandioca. **Revista Conexão na Amazônia** 2 (2): 142-155.
- NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. (2001). 7th ed. Washington, D.C.: NAP.
- Santos, R. M. S.; Lana, R. P. Teixeira, C. R. V. (2017). Performance of Holstein-Gyr crossbred heifers on pasture of *Brachiaria decumbens* supplemented with multiple supplement or proteined salt. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** 39 (4): 371-376.
- Santos, G. T. S.; Modesto, E. C.; Souza, N. E.; Ítavo, L. C. V.; Lobim, C. C.; Silva-Kazama, D. C.; Valloto, A. A. & Massuda, E. M. (2009). Replacement of Corn Silage with Cassava Foliage Silage in the Diet of Lactating Dairy Cows: Milk Composition and Economic Evaluation. **Brazilian Archive of Biology and Technology** 52 (n. special): 259-267.
- Saraiva, T. A.; Monteiro, C. C. F.; Feitosa, E. M. S.; Moraes, G. S. O.; Joelson Netto, A.; Cardoso, D. B.; Magalhães, A. L. R. & Melo, A. A. S. (2020). Effect of association of fresh cassava root with corn silage in replacement for cactus cladodes on dairy cow performance. **Tropical Animal Health and Production**. 52: 927-933. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02087-7>.
- Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez, V.H. (1999). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. – Viçosa, MG. 359p.
- Silva, H. A.; Koehler, H. S.; Moraes, A.; Guimarães, V. A.; Kack, E. & Carvalho, P. C. F. (2008). Evaluation of the economic viability of milk production on pasture and supplements in the region of Campos Gerais - Paraná, Brazil. **Ciência Rural** 38 (2): 446-450.
- Teixeira, R. M. A.; Benfica, L. F.; Alessi, K. C.; Silva, E. A.; Fernandes, L. O.; Oliveira, A. S.; Faria, D. J. G. & Salvador, F. M. (2018). Productive, marginal and economic responses of Girolando cows under grazing of Tifton 85 receiving different concentrates. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia** 70 (5): 1605-1614.