



VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADOÇÃO DE COLHEITADEIRA AUTOMOTRIZ NA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE PLANTA INTEIRA DE MILHO EM SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO LEITEIRA

Letícia Gobbo Oliveira¹

Mariana Braga Jordão¹

Luiz Otávio Antunes Fonseca¹

Maria Eduarda Amaral Dornas¹

Ingrid Guidi Ribeiro¹

Ana Clara Nogueira Gonçalves¹

Rafahel Carvalho de Souza²

Alan Figueiredo de Oliveira²

INTRODUÇÃO: A silagem de milho é o principal volumoso utilizado em sistemas intensivos de produção leiteira, podendo representar parcela expressiva do custo total da dieta. Estima-se que a alimentação corresponda de 50 a 60% do custo de produção do leite, o que torna a qualidade e a eficiência de produção dos volumosos determinantes para a rentabilidade do sistema. Nesse contexto, a qualidade da silagem de milho é um fator-chave para o desempenho produtivo de vacas leiteiras. Entretanto, perdas de matéria seca e de valor nutritivo podem ocorrer desde a colheita até o armazenamento, reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes e elevando o custo real do volumoso (Borreani *et al.*, 2018). Assim, práticas que minimizem essas perdas e preservem a qualidade da silagem são fundamentais para melhorar a resposta animal e a eficiência econômica do sistema. As práticas de colheita exercem papel central nesse processo, uma vez que o adequado processamento do grão, o comprimento de corte e o teor de matéria seca no momento da colheita influenciam diretamente a digestibilidade do amido, o consumo de matéria seca e a produção de leite (Ferraretto; Shaver, 2012). Avanços tecnológicos em colheitadeiras de forragem têm sido associados à melhoria do aproveitamento da planta inteira, redução de perdas e maior eficiência de compactação no silo, favorecendo condições de conservação mais adequadas e menor presença de oxigênio. Esses fatores são essenciais para a preservação do valor nutritivo e aumentar a estabilidade aeróbia da silagem

¹ Discente do curso de Medicina Veterinária na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

² Docente do curso de Medicina Veterinária na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

(Wilkinson; Fenlon, 2014; Ferraretto *et al.*, 2018). Apesar dos benefícios técnicos relatados na literatura, há carência de estudos que quantifiquem, em termos econômicos, o impacto da substituição de colheitadeiras de arrasto por automotrizs em sistemas comerciais de produção de leite no Brasil. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar, por meio de simulações econômicas, a viabilidade da substituição de colheitadeira de arrasto por colheitadeira automotriz na produção de silagem de milho e seus efeitos sobre o custo do volumoso e produção de leite em sistema intensivo. **MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi conduzido por meio de simulações econômicas em planilhas eletrônicas elaboradas pelos autores, considerando parâmetros produtivos baseados em dados da literatura internacional e preços de insumos e produtos de referência no mercado nacional com cotações da região metropolitana de Minas Gerais. Foi considerado um sistema intensivo de produção leiteira com 1.000 vacas em lactação e produção média inicial de 40 L/vaca/dia. O consumo de silagem de milho foi estimado em 42,5 kg de matéria natural (MN) por vaca por dia, ao longo de 365 dias, resultando em uma demanda anual de 15.512.500 kg de MN. A produtividade agrícola adotada para a cultura de milho destinada à silagem foi de 50.000 kg de MN por hectare, o que exigiu uma área total de 310,25 hectares para suprimento do volumoso ao rebanho. Foram comparados dois sistemas de colheita de silagem de milho: colheitadeira de arrasto e colheitadeira automotriz. A análise contemplou os custos de produção agrícola (manejo de solo, adubação e defensivos), operações mecanizadas (plantio, colheita e compactação do silo) e custos de armazenagem (lona de cobertura, inoculante e barreira de oxigênio). Os custos totais de produção de silagem para cada sistema estão apresentados na Tabela 1.

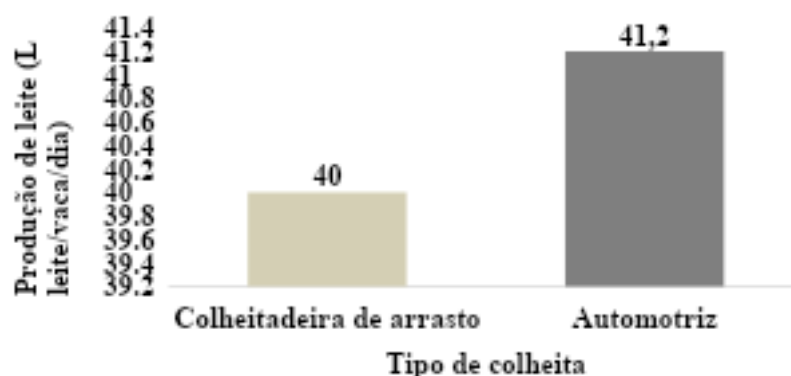
Tabela 1: Comparação dos custos de produção de silagem de milho entre colheitadeira automotriz e colheitadeira de arrasto.

Etapas do sistema	Item	Colheitadeira Automotriz	Colheitadeira de arrasto
Manejo do solo e plantio	Total da safra	2.792.079,14	2.792.079,14
Colheita	Custo com trator	232.687,50	88.642,86
Armazenamento	Máquina de compactação	93.075,00	132.964,25
	Inoculante	123.479,50	123.479,50
	Lona	48.000,00	48.000,00

	Barreira de O ₂	72.000,00	72.000,00
	Total armazenamento	336.554,50	376.443,79
Custo total da silagem (R\$)	Plantio + Colheita + Armazenamento	3.361.321,14	3.257.165,79
Custo por kg de silagem (R\$)	Custo final/kg produzido	0,22	0,21

O incremento esperado na produção de leite com o uso da colheitadeira automotriz foi estimado com base na literatura científica considerando o estudo de Ferraretto *et al.* (2018), que demonstra que melhorias no processamento físico do grão de milho durante a colheita aumentam a digestibilidade do amido, refletindo em maior produção de leite (Ferraretto; Shaver, 2012). Para as análises econômicas, foi considerado o preço médio do leite de R\$ 2,53 por litro (CEPEA/Esalq-USP, 2026) baseado na cotação da região metropolitana de Minas Gerais. Além disso, foi realizada uma análise de sensibilidade, avaliando diferentes cenários de aumento no custo da silagem e no incremento de produção de leite. O incremento esperado na produção de leite com a colheitadeira automotriz foi estimado com base em estudos que relacionam melhor processamento do grão de milho na colheita com maior digestibilidade do amido e aumento na produção de leite (Ferraretto; Shaver, 2012). Para a simulação principal, adotou-se um aumento médio de 1,2 L/vaca/dia. **RESULTADOS e DISCUSSÃO:** A substituição da colheitadeira de arrasto pela colheitadeira automotriz elevou a produção média de leite de 40,0 para 41,2 L/vaca/dia (+1,2 L/vaca/dia) (valor estimado) (Figura 1).

Figura 1: Produção de leite de acordo com o tipo de colheitadeira.



Para um rebanho de 1.000 vacas em lactação ao longo de 365 dias, esse incremento representou aproximadamente 438.000 litros adicionais de leite por ano e aumento de receita de R\$ 1.108.140,00 anuais, considerando o preço de R\$ 2,53/L. Mesmo com a elevação do custo de produção de silagem de R\$ 3.257.165,79 para R\$ 3.361.321,14 por safra (acréscimo de R\$ 104.155,35), sendo esse aumento majoritariamente decorrente da elevação do custo operacional do trator (acréscimo de R\$ 144.044,64), o sistema apresentou incremento expressivo na rentabilidade, com lucro adicional estimado em R\$ 1.003.984,65 ao ano. Em termos individuais, o ganho de 1,2 L/vaca/dia correspondeu a aproximadamente R\$ 3,04 adicionais por vaca por dia, reforçando a relevância econômica do uso da colheitadeira automotriz em sistemas de alta produção. A análise de sensibilidade demonstrou que a viabilidade econômica da automotriz é altamente dependente do incremento produtivo por vaca. Em cenários com aumento modesto de produção (0,5 L/vaca/dia), a rentabilidade torna-se negativa diante de pequenos acréscimos no custo da silagem. Por outro lado, incrementos produtivos iguais ou superiores a 1,0 L/vaca/dia permitem maior tolerância a aumentos no custo da silagem, mantendo resultados econômicos positivos em níveis intermediários de elevação de custo (Tabela 2).

Tabela 2: Análise de sensibilidade econômica da adoção de automotriz na produção de silagem de milho em função do aumento do custo da silagem e do incremento na produção de leite.

Aumento da produção de leite (L/Vaca/dia)

		0,5	1,0	1,2	1,4
Aumento no custo da produção da silagem com automotriz (centavos/kg)	0	R\$ 461.287,00	R\$ 922.574,00	R\$ 1.107.088,80	R\$ 1.291.603,60
	1	R\$ 306.162,00	R\$ 767.449,00	R\$ 951.963,80	R\$ 1.136.478,60
	3	-R\$ 4.088,00	R\$ 457.199,00	R\$ 641.713,80	R\$ 826.228,60
	6	-R\$ 469.463,00	-R\$ 8.176,00	R\$ 176.338,80	R\$ 360.853,60
	10	-R\$ 1.089.963,00	-R\$ 628.676,00	-R\$ 444.161,20	-R\$ 259.646,40

L= Litros; Kg = Quilogramas.

À medida que o incremento produtivo aumenta (1,2 e 1,4 L/vaca/dia), o sistema apresenta maior robustez econômica, com retorno positivo mesmo diante de acréscimos mais expressivos no custo de produção da silagem. Entretanto, quando o custo adicional da silagem atinge patamares muito elevados, mesmo cenários com maiores ganhos produtivos passam a apresentar resultados negativos, evidenciando que o equilíbrio entre custo e resposta produtiva é determinante para a sustentabilidade econômica da tecnologia. Os resultados observados foram consistentes com aqueles relatados na literatura internacional (Ferraretto et al., 2018) e com cenários atuais de propriedades leiteiras de Minas Gerais, uma vez que os preços utilizados nas simulações foram baseados em valores praticados na região metropolitana do estado. Esses achados indicam que práticas de colheita capazes de otimizar o processamento físico da silagem de milho favorecem maior digestibilidade do amido e, conseqüentemente, aumento na produção de leite e melhor relação custo-benefício para o produtor (Ferraretto; Shaver, 2012). O adequado rompimento da matriz proteica que envolve os grânulos de amido favorece a ação microbiana ruminal, ampliando a disponibilidade energética da dieta e a eficiência de utilização dos nutrientes. Adicionalmente, tecnologias de colheita mais eficientes estão associadas à redução das perdas de MS durante a ensilagem e à melhor preservação dos constituintes nutricionais da forragem, especialmente carboidratos fermentescíveis e energia líquida (Borreani et al., 2018; Ferraretto et al., 2018). **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** A adoção da colheitadeira automotriz mostrou-se economicamente viável no sistema avaliado, promovendo aumento na produção de leite e melhoria na eficiência de utilização da silagem de milho. Os resultados indicam que o benefício econômico está associado à melhor digestibilidade do amido e à redução de perdas de matéria seca durante a ensilagem. No entanto, a viabilidade depende do equilíbrio entre custo adicional da tecnologia e ganho produtivo por vaca. Assim, investimentos

em colheita automotriz são recomendados para sistemas intensivos de alta produção, especialmente quando associados a boas práticas de manejo e conservação da silagem.

Palavras-chave: Silagem de milho.colheita mecanizada.produção de leite.digestibilidade do amido.viabilidade econômica.

Keywords: Corn silage.mechanized harvesting.milk production.starch digestibility.economic viability.

REFERÊNCIAS

BORREANI, G. et al. **Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages.** Journal of Dairy Science, v. 101, p. 3952–3979, 2018.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicadores do mercado de leite.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2026.

FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D. **Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows.** The Professional Animal Scientist, v. 28, p. 193–201, 2012.

FERRARETTO, L. F. et al. **Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting.** Journal of Dairy Science, v. 101, n. 5, p. 3937–3951, 2018.

WILKINSON, J. M.; FENLON, J. S. **A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage.** Grass and Forage Science, v. 69, n. 3, p. 385–392, 2014.