

SIMULAÇÃO DOS EFEITOS DA ESCALA DE PRODUÇÃO NOS CUSTOS E RESULTADOS ECONÔMICOS DA ATIVIDADE LEITEIRA

SIMULATION OF THE EFFECTS OF PRODUCTION SCALE ON COSTS AND ECONOMIC OUTCOMES IN DAIRY FARMING

SIMULACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA ESCALA DE PRODUCCIÓN EN LOS COSTOS Y RESULTADOS ECONÓMICOS DE LA ACTIVIDAD LECHERA

Haroldo Wilson da Silva¹

Celso da Costa Carrer²

RESUMO: Objetivou-se simular os efeitos da variação na escala de produção sobre os resultados econômicos da atividade leiteira, analisando cenários de expansão e retração produtiva. Evidenciou-se que a escala de produção constitui determinante estrutural da rentabilidade, com ganhos progressivos decorrentes da diluição dos custos fixos em maiores volumes produzidos. A pesquisa demonstrou que sistemas com maior preço do leite apresentam pontos de equilíbrio significativamente inferiores e maior resiliência operacional em cenários de retração produtiva, enquanto sistemas de menor margem unitária exibem maior elasticidade do lucro em relação à escala, implicando tanto maior risco quanto maior potencial de ganho marginal com a expansão. A análise revelou que a interação entre preço e escala gera efeitos multiplicadores sobre o resultado econômico, sugerindo que a viabilidade da atividade não decorre isoladamente de um ou outro fator, mas da combinação estrutural entre ambos. Os achados indicam que a otimização da estrutura de custos, associada a estratégias de agregação de valor e dimensionamento adequado da escala produtiva, constitui fator crítico para a sustentabilidade econômica da atividade leiteira. Conclui-se que a rentabilidade do setor depende da gestão integrada entre preço e escala, cabendo ao produtor avaliar, com base em sua realidade, o trade-off entre investimentos em expansão e em qualidade, sendo a análise de sensibilidade aqui empregada uma ferramenta útil para a identificação de pontos de equilíbrio, riscos e oportunidades de ganho marginal no longo prazo.

Palavras-chave: Sistemas integrados. pecuária de leite. custo de produção. viabilidade econômica. rebanhos leiteiros.

¹Doutor em Zootecnia.

²Doutor em Engenharia Agrícola.

ABSTRACT: This study aimed to simulate the effects of production scale variation on the economic outcomes of dairy farming, analyzing scenarios of productive expansion and contraction. It was evidenced that production scale constitutes a structural determinant of profitability, with progressive gains arising from the dilution of fixed costs over larger production volumes. The research demonstrated that systems with higher milk prices exhibit significantly lower breakeven points and greater operational resilience under productive contraction scenarios, whereas systems with lower unit margins display greater profit elasticity in relation to scale, implying both higher risk and greater marginal gain potential with expansion. The analysis revealed that the interaction between price and scale generates multiplicative effects on economic performance, suggesting that the viability of the activity does not arise from either factor in isolation, but from the structural combination of both. The findings indicate that cost structure optimization, associated with value aggregation strategies and adequate productive scale sizing, constitutes a critical factor for the economic sustainability of dairy farming. It is concluded that the sector's profitability depends on the integrated management between price and scale, with the producer being responsible for evaluating, based on their specific context, the trade-off between investments in expansion and in quality, with the sensitivity analysis herein employed being a useful tool for the identification of breakeven points, risks, and opportunities for marginal gains in the long term.

Keywords: Integrated systems. dairy farming. production costs. economic viability. dairy herds.

RESUMEN: El presente estudio tuvo como objetivo simular los efectos de la variación en la escala de producción sobre los resultados económicos de la actividad lechera, analizando escenarios de expansión y contracción productiva. Se evidenció que la escala de producción constituye un determinante estructural de la rentabilidad, con ganancias progresivas derivadas de la dilución de los costos fijos en mayores volúmenes producidos. La investigación demostró que los sistemas con mayor precio de la leche presentan puntos de equilibrio significativamente inferiores y mayor resiliencia operacional en escenarios de contracción productiva, mientras que los sistemas de menor margen unitario exhiben mayor elasticidad de la utilidad en relación con la escala, implicando tanto mayor riesgo como mayor potencial de ganancia marginal con la expansión. El análisis reveló que la interacción entre precio y escala genera efectos multiplicadores sobre el resultado económico, sugiriendo que la viabilidad de la actividad no deriva aisladamente de uno u otro factor, sino de la combinación estructural entre ambos. Los hallazgos indican que la optimización de la estructura de costos, asociada a estrategias de agregación de valor y dimensionamiento adecuado de la escala productiva, constituye un factor crítico para la sostenibilidad económica de la actividad lechera. Se concluye que la rentabilidad del sector depende de la gestión integrada entre precio y escala, correspondiendo al productor evaluar, con base en su realidad, el trade-off entre inversiones en expansión y en calidad, siendo el análisis de sensibilidad aquí empleado una herramienta útil para la identificación de puntos de equilibrio, riesgos y oportunidades de ganancia marginal en el largo plazo.

Palabras clave: Sistemas integrados. ganadería lechera. costo de producción. viabilidad económica. rebaños lecheros.

INTRODUÇÃO

A produção de leite bovino constitui atividade de relevante expressão econômica no agronegócio brasileiro, caracterizando-se pela diversidade de sistemas produtivos e pela heterogeneidade de escalas de produção. A viabilidade econômica da atividade leiteira é influenciada por múltiplos fatores, entre os quais a escala de produção se destaca como determinante estrutural dos custos e da rentabilidade (Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022; Lopes et al., 2011).

A literatura especializada tem demonstrado que a escala de produção afeta diretamente a estrutura de custos, a produtividade dos fatores e a remuneração do capital investido. Estudos comparativos entre produtores de diferentes portes evidenciam que a taxa de remuneração do capital do grande produtor é consideravelmente superior à do pequeno produtor, confirmando a existência de ganhos de escala na atividade (Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022; Kay, Edwards & Duffy, 2014). Este fenômeno decorre fundamentalmente da diluição dos custos fixos em maiores volumes de produção e da maior eficiência no uso dos fatores produtivos.

Diante desse contexto, o presente estudo tem por objetivo simular os efeitos da variação na escala de produção sobre os resultados econômicos da atividade leiteira, tomando como base duas projeções de custos e receitas para o município de Tapiratiba (SP). A análise contempla diferentes cenários de expansão e retração da atividade, permitindo identificar pontos de equilíbrio, elasticidades e sensibilidades da rentabilidade às variações de escala e preço. A abordagem fundamenta-se na classificação dos custos segundo seu comportamento frente à escala (fixos, variáveis e mistos), conforme estabelecido pela literatura de contabilidade rural e gestão de propriedades rurais (Marion, 2007a; Crepaldi, 2006).

A relevância da análise reside em sua contribuição para a tomada de decisões estratégicas no setor leiteiro, particularmente no que concerne a investimentos em expansão, otimização da estrutura de custos e definição de estratégias de precificação. A compreensão das relações entre escala, custos e rentabilidade constitui ferramenta analítica essencial para produtores, gestores e formuladores de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da atividade leiteira (Lopes et al., 2004; Teixeira et al., 2018).

Assim, objetivou-se simular os efeitos da variação na escala de produção sobre os resultados econômicos da atividade leiteira, tomando como base as duas projeções analisadas (Tabelas 1 e 2) e considerando diferentes cenários de expansão e retração da atividade.

MÉTODOS

A simulação do efeito da escala considerou a produção anual de leite de 877.825 litros como referência (escala base = 100%), a partir da qual foram projetados cenários com variações de $\pm 20\%$, $\pm 40\%$ e $\pm 60\%$. Para fins da simulação, adotou-se a seguinte parametrização: custos fixos com 100% de invariância com a escala no curto prazo; custos variáveis com 100% de proporcionalidade à escala; e custos mistos com rateio de 50% fixo e 50% variável (Marion, 2007b; Lopes et al., 2011).

Foi desenvolvida considerando os seguintes pressupostos metodológicos, baseados na literatura especializada: Custos fixos e variáveis: Foram classificados como fixos os custos que não variam proporcionalmente com a escala de produção no curto prazo (depreciação, mão de obra familiar, remuneração do capital investido, impostos fixos). Os custos variáveis são aqueles que mantêm relação direta com o volume produzido (concentrados, medicamentos, energia, transporte, inseminação artificial). Economias de escala: Considerou-se que os custos variáveis apresentam comportamento proporcional à produção, enquanto os custos fixos são diluídos com o aumento da escala (Marion, 2007a; Kay, Edwards & Duffy, 2014). Preço do leite: Foram mantidos os preços de referência de cada tabela (R\$0,38/L na Tabela 1 e R\$0,44/L na Tabela 2), pressupondo-se que variações na escala não afetam o preço recebido no cenário base. Receita de animais: Considerou-se que a receita com venda de animais mantém proporcionalidade com a escala, uma vez que o rebanho é dimensionado em função da produção de leite.

4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores econômicos obtidos para o sistema de produção simulado em Tapiratiba-SP encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Estrutura de Custos, Receitas e Indicadores de Resultado da Atividade Leiteira e Valores projetados com base em índices do Estado de São Paulo para o cenário simulado de Tapiratiba (2024-2025)

Especificação	Unidade	Quantidade no ano	Preço unitário (R\$)	Total no ano (R\$)
1. Custos de Produção				
1.1. Custo Operacional				
1.1.1. Mão-de-obra permanente contratada				
Ordenhadores	dh	2.190,00	15,30	33.507,00
Tratadores	dh	1.460,00	10,90	15.914,00
Serviços Gerais	dh	1.095,00	9,25	10.128,75
Subtotal				59.549,75
1.1.2. Concentrados				
Ração comercial (22% PB)	Kg	71.427,00	0,32	22.856,64

Refinazil	Kg	110.031,00	0,18	19.805,58
Caroço de algodão	Kg	42.705,00	0,14	5.978,70
Farelo de soja	Kg	28.470,00	0,34	9.679,80
Farinha de Vísceras	Kg	48.357,00	0,15	7.253,55
Quirela de milho	Kg	56.151,00	0,09	5.053,59
Sal mineral	Kg	8.625,00	0,34	2.932,50
Ração comercial (20% PB)	Kg	16.790,00	0,29	4.869,10
Ração peletizada	Kg	2.070,00	0,33	683,10
Leite para bezerras	L	16.560,00	0,37	6.127,20
Subtotal				85.239,76
1.1.3. Milho para grão				
Calcário dolomítico	Kg	37.600,00	0,032	1.203,20
Sulfato de amônia	Kg	10.716,00	0,20	2.143,20
Superfosfato simples	Kg	7.144,00	0,17	1.214,48
Cloreto de potássio	Kg	5.358,00	0,25	1.339,50
Semente	Kg	376,00	2,80	1.052,80
Herbicida	L	94,00	11,50	1.081,00
Inseticida	L	75,20	9,20	691,84
Subtotal				8.726,02
1.1.4. Sal mineral				
Sal mineral	Kg	3.317,00	0,34	1.127,78
Sal comum	Kg	2.605,00	0,13	338,65
Subtotal				1.466,43
1.1.5. Forragens verdes				
Calcário dolomítico	Kg	35.000,00	0,032	1.120,00
Sulfato de amônia	Kg	37.250,00	0,20	7.450,00
Superfosfato simples	Kg	10.700,00	0,17	1.819,00
Cloreto de potássio	Kg	8.825,00	0,25	2.206,25
Herbicida	L	25,00	11,50	287,50
Subtotal				12.882,75
1.1.6. Silagem				
Calcário dolomítico	Kg	35.000,00	0,032	1.120,00
Sulfato de amônia	Kg	9.975,00	0,20	1.995,00
Superfosfato simples	Kg	6.650,00	0,17	1.130,50
Cloreto de potássio	Kg	4.987,00	0,25	1.246,75
Serviços mecânicos contratados (ensilagem)	Horas	105,00	28,75	3.018,75
Subsolagem	Horas	190,00	28,75	5.462,50
Semente	Kg	350,00	2,80	980,00
Herbicida	L	87,50	11,50	1.006,25
Inseticida	L	7,00	9,20	64,40
Tratorista contratado	dh	38,00	28,75	1.092,50
Lona plástica	m2	900,00	0,46	414,00
Subtotal				17.530,65
1.1.7. Medicamentos				
Vermífugo	ml	6.920,00	0,30	2.076,00
Carrapaticida	ml	21.440,00	0,02	428,80
Vacinas (Aftosa)	ml	3.460,00	0,11	380,60
Carbúnculo	ml	400,00	0,24	96,00
Brucelose	ml	140,00	0,17	23,80
Paratifo	ml	476,00	0,046	21,90
Antitóxico	ml	7.200,00	0,036	259,20
Complexo vitamínico	ml	4.200,00	0,020	84,00
Deficiência de cálcio	ml	2.000,00	0,018	36,00
Mata bicheira	ml	10.800,00	0,005	54,00
Hormônios (Citosina)	ml	180,00	2,80	504,00
Profertil	ml	144,00	6,00	864,00

Ocitocina	ml	960,00	0,25	240,00
Antibiótico - Penicilina	gr	1.008,00	0,58	584,64
Tetraciclina (Talcin)	ml	42.000,00	0,0068	285,60
Oxitetraciclina	ml	1.800,00	0,138	248,40
Tylamicina (Tylan 200)	ml	600,00	0,102	61,20
Ganaseg	ml	360,00	0,274	98,64
Anamastite S	ml	4.000,00	0,264	1.056,00
Naquasone	ml	240,00	0,391	93,84
Aziun	ml	240,00	0,326	78,24
ADE - Vitamina	ml	1.500,00	0,18	270,00
Modificador orgânico	ml	1.570,00	0,032	50,24
Limpeza e desinfetante - Cloro	L	480,00	0,345	165,60
Detergente	ml	180.000,00	0,0015	270,00
Iodo mastin	ml	180.000,00	0,0038	684,00
Sabão em pó	Kg	120,00	1,73	207,60
Papel toalha	Rolo	730,00	1,04	759,20
Subtotal				10.121,10
1.1.8. Transporte do Leite	L	861.265,00	0,0477	41.082,34
Subtotal				41.082,34
1.1.9. Energia e Combustível				
Óleo diesel	L	14.600,00	0,424	6.190,40
Gasolina	L	2.160,00	0,745	1.609,20
Energia elétrica	Kwa	96.528,00	0,0776	7.490,57
Subtotal				15.290,17
1.1.10. Impostos e Taxas				
IPVA	R\$	200,00	1,00	200,00
ITR	R\$	1.588,00	1,00	1.588,00
Assistência Técnica	R\$	4.032,00	1,00	4.032,00
Taxa da ABPLB	R\$	2.325,41	1,00	2.325,41
Subtotal				8.145,41
1.1.11. Inseminação Artificial				
Sêmen	Dose	295,00	17,25	5.088,75
Nitrogênio Líquido	Kg	360,00	1,73	622,80
Luvas	Ud	324,00	0,276	89,42
Bainha	Ud	324,00	0,265	85,86
Subtotal				5.886,83
1.1.12. Contribuição Rural	R\$	7.162,53	1,00	7.162,53
Subtotal				7.162,53
1.1.13. Reparos de Benfeitorias	R\$	5.000,00	1,00	5.000,00
Subtotal				5.000,00
1.1.14. Reparos de Máquinas	R\$	7.000,00	1,00	7.000,00
Subtotal				7.000,00
Custo Operacional Efetivo	R\$			290.185,74
1.2. Custo Operacional Total				
1.2.1. Custo operacional efetivo	R\$	290.185,74	1,00	290.185,74
1.2.2. Mão-de-obra familiar-administração	R\$	10.752,00	1,00	10.752,00
1.2.3. Depreciação anual				
Benfeitorias	R\$	5.975,00	1,00	5.975,00
Máquinas	R\$	6.640,00	1,00	6.640,00
Forrageiras não anuais:				
Calcário dolomítico	Kg	6.450,00	0,032	206,40
Sulfato de amônia	Kg	87,50	0,20	17,50
Superfosfato simples	Kg	1.737,50	0,17	295,38
Cloreto de potássio	Kg	663,75	0,25	165,94
Herbicida	L	3,12	11,50	35,88
Muda de cana	Kg	7.500,00	0,029	217,50
Semente de braquiária	Kg	16,50	3,45	56,93

Subtotal de Forrageiras				995,52
Custo Operacional Total	R\$			314.548,26
1.3. Custo Total				
1.3.1. Custo operacional total	R\$	314.548,26	1,00	314.548,26
1.3.2. Remuneração do capital circulante	R\$	17.410,22	1,00	17.410,22
1.3.3. Remuneração do fluxo de serviço do capital investido:				
Benfeitorias	R\$	358,50	1,00	358,50
Máquinas	R\$	398,40	1,00	398,40
Animais	R\$	3.249,36	1,00	3.249,36
Forrageiras não anuais	ha	52,27	1,00	52,27
Custo Total	R\$			336.016,01
2. Renda Bruta				
2.1. Leite	L	877.825,00	0,38	333.333,50
2.2. Animais:				
Vacas para abate	Cab.	12,00	320,00	3.840,00
Vacas para produção	Cab.	19,00	1.000,00	19.000,00
Fêmeas prenhas com 27 meses	Cab.	32,00	1.100,00	35.200,00
Machos com 10 meses	Cab.	20,00	90,00	1.800,00
Subtotal Animais				59.840,00
Total de Renda Bruta	R\$			393.173,50
3. Margem Bruta (2 - 1.1)	R\$			102.987,76
4. Margem Líquida (2 - 1.2)	R\$			78.625,24
5. Lucro (2 - 1.3)	R\$			57.157,49
6. Remuneração do Capital Circulante (4 / 9.5) *100	%/ano			27,09
7. Remuneração do Capital (sem-terra) [4 / (9.5 + 9.6)] *100	%/ano			9,67
8. Remuneração do Capital (com terra) [4 / (9.5 + 9.7)] *100	%/ano			5,99
9. Alguns dados:				
9.1. Produção de leite	L/ano			877.825,00
9.2. Área efetiva usada pelo gado	ha			93,30
9.3. Número de vacas em lactação	Cab.			130,00
9.4. Número total de vacas	Cab.			157,00
9.5. Capital circulante	R\$			290.185,74
9.6. Capital investido sem terra	R\$			559.350,00
9.7. Capital investido com terra	R\$			1.059.350,00
9.8. Custo do leite / custo da atividade leiteira	%			0,82

Fonte: Elaborada pelos autores com dados do Cepea, IEA, Conab e CILeite/ESALQ-USP (2024).

Tabela 2. Desagregação do Custo de Produção do Leite por Litro, Hectare e Cabeça (Projeção para Tapiratiba-SP a partir de referências estaduais 2024-2025)

Especificação	Total no ano da Atividade (R\$)	Total no ano do Leite (R\$)	R\$ do leite por litro	R\$ da atividade por ha	R\$ da atividade por vaca lactação	R\$ da atividade por total vacas
1.Custos de Produção						
1.1.Custo Operacional Efetivo	291.302,21	238.100,00	0,2712	3.122,64	2.240,79	1.855,43
1.1.1.Mão-de-obra permanente contratada	61.356,50	50.150,00	0,0571	657,63	471,97	390,81

Ordenhadores	34.602,00	28.282,00	0,0322	370,87	266,17	220,39
Tratadores	16.352,00	13.366,00	0,0152	175,26	125,78	104,15
Serviços Gerais	10.402,50	8.502,00	0,0097	111,50	80,02	66,26
1.1.2. Concentrados	87.162,75	71.250,00	0,0812	934,22	670,48	555,18
Ração comercial (22% PB)	23.570,91	19.266,00	0,0219	252,64	181,31	150,13
Refinazil	19.805,58	16.189,00	0,0184	212,28	152,35	126,15
Caroço de algodão	5.978,70	4.887,00	0,0056	64,08	45,99	38,08
Farelo de soja	9.964,50	8.145,00	0,0093	106,80	76,65	63,47
Farinha de Vísceras	7.737,12	6.324,00	0,0072	82,93	59,52	49,28
Quirela de milho	5.053,59	4.131,00	0,0047	54,17	38,87	32,19
Sal mineral	3.018,75	2.467,50	0,0028	32,36	23,22	19,23
Ração comercial (20% PB)	5.037,00	4.117,00	0,0047	53,99	38,75	32,08
Ração peletizada	703,80	575,30	0,0007	7,54	5,41	4,48
Leite para bezerras	6.292,80	5.143,20	0,0059	67,45	48,41	40,08
1.1.3. Milho para grão	9.033,40	7.384,00	0,0084	96,84	69,49	57,54
Calcário dolomítico	1.240,80	1.014,20	0,0012	13,30	9,54	7,90
Sulfato de amônia	2.250,36	1.839,30	0,0021	24,12	17,31	14,33
Superfosfato simples	1.285,92	1.051,10	0,0012	13,78	9,89	8,19
Cloreto de potássio	1.393,08	1.138,50	0,0013	14,93	10,72	8,87
Semente	1.090,40	891,20	0,0010	11,69	8,39	6,95
Herbicida	1.081,00	883,60	0,0010	11,59	8,32	6,89
Inseticida	691,84	565,50	0,0006	7,41	5,32	4,41
1.1.4. Sal mineral	1.297,28	1.060,30	0,0012	13,91	9,98	*8,26*
Sal mineral	995,10	813,30	0,0009	10,67	7,65	6,34
Sal comum	302,18	247,00	0,0003	3,24	2,32	1,92
1.1.5. Forragens verdes	11.481,50	9.384,00	0,0107	123,06	88,32	73,13
Calcário dolomítico	980,00	801,00	0,0009	10,50	7,54	6,24
Sulfato de amônia	6.705,00	5.480,00	0,0062	71,86	51,58	42,71
Superfosfato simples	1.605,00	1.312,00	0,0015	17,20	12,35	10,22
Cloreto de potássio	1.941,50	1.587,00	0,0018	20,81	14,93	12,37
Herbicida	250,00	204,30	0,0002	2,68	1,92	1,59
1.1.6. Silagem	15.361,14	12.556,00	0,0143	164,64	118,16	97,84
Calcário dolomítico	980,00	801,00	0,0009	10,50	7,54	6,24
Sulfato de amônia	1.795,50	1.467,50	0,0017	19,24	13,81	11,44
Superfosfato simples	997,50	815,30	0,0009	10,69	7,67	6,35
Cloreto de potássio	1.097,14	896,80	0,0010	11,76	8,44	6,99
Serviços mecânicos contratados (ensilagem)	2.625,00	2.145,50	0,0024	28,14	20,19	16,72
Subsolagem	4.750,00	3.882,70	0,0044	50,91	36,54	30,25
Semente	875,00	715,20	0,0008	9,38	6,73	5,57
Herbicida	875,00	715,20	0,0008	9,38	6,73	5,57
Inseticida	56,00	45,77	0,0001	0,60	0,43	0,36
Tratorista contratado	950,00	776,60	0,0009	10,18	7,31	6,05
Lona plástica	360,00	294,23	0,0003	3,86	2,77	2,29
1.1.7. Medicamentos	8.705,56	7.116,00	0,0081	93,31	66,97	55,45
Vermífugo	1.816,50	1.484,70	0,0017	19,47	13,97	11,57
Carrapaticida	375,20	306,70	0,0003	4,02	2,89	2,39
Vacinas - Aftosa	325,24	265,85	0,0003	3,49	2,50	2,07
Vacinas - Carbúnculo	84,48	69,06	0,0001	0,91	0,65	0,54
Vacinas - Brucelose	21,00	17,16	0,0000	0,23	0,16	0,13
Vacinas - Paratifo	19,04	15,56	0,0000	0,20	0,15	0,12
Antitóxico	230,40	188,32	0,0002	2,47	1,77	1,47
Complexo vitamínico	74,76	61,11	0,0001	0,80	0,58	0,48
Deficiência de cálcio	32,60	26,65	0,0000	0,35	0,25	0,21

Mata bicheira	47,52	38,84	0,0000	0,51	0,37	0,30
Hormônios - Citosina	441,00	360,45	0,0004	4,73	3,39	2,81
Hormônios - Profertil	756,00	618,00	0,0007	8,10	5,82	4,82
Hormônios - Ocitocina	209,28	171,07	0,0002	2,24	1,61	1,33
Antibiótico - Penicilina	509,95	416,83	0,0005	5,47	3,92	3,25
Antibiótico - Tetraciclina (Talcin)	247,80	202,56	0,0002	2,66	1,91	1,58
Antibiótico - Oxitetraciclina	216,00	176,57	0,0002	2,32	1,66	1,38
Antibiótico - Tylamicina (Tylan 200)	53,28	43,55	0,0000	0,57	0,41	0,34
Antibiótico - Ganaseg	85,79	70,12	0,0001	0,92	0,66	0,55
Antibiótico - Anamastite S	920,00	752,00	0,0009	9,86	7,08	5,86
Antibiótico - Naquasone	81,60	66,70	0,0001	0,87	0,63	0,52
Antibiótico - Aziun	68,16	55,72	0,0001	0,73	0,52	0,43
ADE - Vitamina	237,00	193,73	0,0002	2,54	1,82	1,51
Modificador orgânico	43,96	35,93	0,0000	0,47	0,34	0,28
Limpeza e desinfetante - Cloro	144,00	117,70	0,0001	1,54	1,11	0,92
Limpeza e desinfetante - Detergente	234,00	191,27	0,0002	2,51	1,80	1,49
Limpeza e desinfetante (Iodo mastin)	594,00	485,55	0,0006	6,37	4,57	3,78
Limpeza e desinfetante (Sabão em pó)	180,00	147,14	0,0002	1,93	1,38	1,15
Limpeza e desinfetante (Papel toalha)	657,00	537,05	0,0006	7,04	5,05	4,18
1.1.8. Transporte do Leite	41.340,72	33,790,00	0,0385	443,09	318,01	263,32
1.1.9. Energia e Combustível	83.043,84	67,880,00	0,0773	890,07	638,80	528,94
Óleo diesel	6.132,00	5.012,00	0,0057	65,72	47,17	39,06
Gasolina	1.620,00	1,324,30	0,0015	17,37	12,47	10,32
Energia elétrica	75.291,84	61.543,70	0,0701	807,00	579,17	479,57
1.1.10. Impostos e Taxas	9.365,00	7,654,00	0,0087	100,38	72,04	59,65
IPVA	230,00	188,00	0,0002	2,47	1,77	1,47
ITR	1.825,00	1,491,70	0,0017	19,56	14,04	11,62
Assistência Técnica	4.635,00	3,788,70	0,0043	49,68	35,65	29,52
Taxa da ABPLB	2.675,00	2,186,60	0,0025	28,67	20,58	17,04
1.1.11. Inseminação Artificial	5.117,28	4,182,00	0,0048	54,85	39,36	32,59
Sêmen	4.425,00	3,617,50	0,0041	47,43	34,04	28,18
Nitrogênio Líquido	540,00	441,40	0,0005	5,79	4,15	3,44
Luvax	77,76	63,56	0,0001	0,83	0,60	0,50

Bainha	74,52	60,91	0,0001	0,80	0,57	0,47
1.1.12. Contribuição Rural	7.162,53	5,854,00	0,0067	76,77	55,10	45,62
1.1.13. Reparos de Benfeitorias	5.000,00	\$4,087,00	0,0047	53,59	38,46	31,85
1.1.14. Reparos de Máquinas	7.000,00	\$5,722,00	0,0065	75,03	53,85	44,59
1.2. Custo Operacional Total	319.800,00	261.400,00	0,2977	3.427,65	\$2,459,00	2.036,94
1.2.1. Custo operacional efetivo	291.302,21	238.100,00	0,2712	3.122,64	2.240,79	1.855,43
1.2.2. Mão-de-obra familiar-administração	12.641,61	10.333,00	0,0118	135,49	97,24	80,52
1.2.3. Depreciação anual	15.856,18	12.961,00	0,0148	169,52	121,97	101,00
Benfeitorias	5.975,00	4,884,00	0,0056	64,04	45,96	38,06
Máquinas	6.640,00	5,427,00	0,0062	71,17	51,08	42,29
Forrageiras não anuais	3.241,18	2,649,00	0,0030	34,31	24,93	20,65
1.3. Custo Total	342.200,00	279.700,00	0,3186	3.668,38	2.632,31	2.179,62
1.3.1. Custo operacional total	319.800,00	261.400,00	0,2977	3.427,65	2.459,00	2.036,94
1.3.2. Remuneração do capital circulante	17.677,14	14.450,00	0,0165	189,46	135,98	112,59
1.3.3. Remuneração do fluxo de serviço do capital investido	4.722,86	3.860,00	0,0044	51,27	36,33	30,09
Benfeitorias	358,50	293,00	0,0003	3,84	2,76	2,28
Máquinas	398,40	325,60	0,0004	4,27	3,06	2,54
Animais	3.249,36	2.656,00	0,0030	34,83	25,00	20,70
Forrageiras não anuais	716,60	585,70	0,0007	7,33	5,51	4,56
2. Renda Bruta	448.500,00	386.200,00	0,4400	4.807,50	3,450,00	2,856,69
2.1. Leite	386.200,00	386.200,00	0,4400	4.139,34	2.970,77	2,459,87
2.2. Animais	62.300,00	-	-	668,16	479,23	396,82
Vacas para abate	4.000,00	-	-	42,87	30,77	25,48
Vacas para produção	19.700,00	-	-	211,15	151,54	125,48
Fêmeas prenhas com 27 meses	36.800,00	-	-	394,43	283,08	234,39
Machos com 10 meses	1.800,00	-	-	19,29	13,85	11,47
3. Margem Bruta (2 - 1.1)	157.197,79	148.100,00	0,1688	1.684,86	1.209,21	1,001,26
4. Margem Líquida (2 - 1.2)	128.700,00	124.800,00	0,1423	1.379,85	990,00	819,75
5. Lucro (2 - 1.3)	106.300,00	106.500,00	0,1214	1.139,12	\$817,69	677,07
6. Remuneração do Capital Circulante (4 / 9.5) *100 = (128.700,00 / 291.302,21) *100 = 44,2% ao ano						
7. Remuneração do Capital (Sem Terra) [4 / (9.5 + 9.6)] *100 = [128.700,00 / (291.302,21 + 600.000,00)] *100 = 14,4% ao ano						
8. Remuneração do Capital (Com Terra) [4 / (9.5 + 9.7)] *100 = [128.700,00 / (291.302,21 + 1.100.000,00)] *100 = 9,3% ao ano						
9. Alguns Dados:						
9.1. Produção de leite (L/ano) 877.825,00						
9.2. Área efetiva usada pelo gado (ha) 93,30						
9.3. Número de vacas em lactação (Cab.) 130,00						
9.4. Número total de vacas (Cab.) 157,00						

- 9.5. Capital circulante (R\$) | 291.302,21
- 9.6. Capital investido sem-terra (R\$) | 600.000,00
- 9.7. Capital investido com terra (R\$) | 1.100.000,00
- 9.8. Custo do leite / custo da atividade leiteira | 0,79

Fonte: Elaborada pelos autores com dados do Cepea, IEA, Conab e CILeite/ESALQ-USP (2024)

SIMULAÇÃO DO EFEITO DA ESCALA DE PRODUÇÃO NOS RESULTADOS ECONÔMICOS DA ATIVIDADE LEITEIRA PARA O MUNICÍPIO DE TAPIRATIBA (SP)

A escala de produção constitui um dos fatores mais determinantes para a viabilidade econômica na atividade leiteira, influenciando diretamente a estrutura de custos, a produtividade dos fatores e a rentabilidade do capital investido. Conforme evidenciado em amostra de produtores mineiros, a taxa de remuneração do capital do grande produtor (6,03%) era consideravelmente superior à do pequeno produtor (2,80%), evidenciando os ganhos de escala na atividade (Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022; Lopes et al., 2011). A simulação considera a produção anual de leite de 877.825 litros como referência (escala base = 100%), a partir da qual são projetados cenários com variações de $\pm 20\%$, $\pm 40\%$ e $\pm 60\%$. A análise de sensibilidade da escala é fundamental para a tomada de decisões de investimento e para a identificação do ponto de equilíbrio econômico da atividade leiteira (Lopes et al., 2004; Teixeira et al., 2018).

A Tabela 3 apresenta a classificação dos custos entre fixos e variáveis para ambas as projeções, com base na estrutura apresentada nas tabelas originais e nos critérios estabelecidos (Lopes et al., 2004; Crepaldi, 2006).

Tabela 3. Classificação dos Custos por Comportamento Frente à Escala de Produção

Especificação	Classificação	Justificativa
Mão de obra permanente contratada	Fixo	O dimensionamento da equipe é relativamente estável no curto prazo
Concentrados	Variável	Varia diretamente com o consumo do rebanho e produção de leite
Milho para grão	Variável	Relacionado à área cultivada e produção de grãos para alimentação

Sal mineral	Variável	Varia com o consumo do rebanho
Forragens verdes	Variável	Relacionado à área cultivada e produção de forragens
Silagem	Variável	Relacionado à área cultivada e produção de silagem
Medicamentos	Variável	Varia com o tamanho do rebanho
Transporte do Leite	Variável	Varia proporcionalmente ao volume de leite produzido
Energia e Combustível	Misto	Parcela fixa (iluminação, estrutura) e parcela variável (ordenha, bombas)
Impostos e Taxas	Misto	IPVA/ITR fixos; taxas proporcionais à produção
Inseminação Artificial	Variável	Varia com o número de matrizes
Contribuição Rural	Variável	Proporcional à receita bruta
Reparos de Benfeitorias	Fixo	Manutenção programada, independente da produção
Reparos de Máquinas	Misto	Parcela fixa (manutenção preventiva) e variável (uso)
Mão de obra familiar	Fixo	Independente da escala no curto prazo
Depreciação	Fixo	Independente da escala no curto prazo
Remuneração do capital circulante	Variável	Proporcional ao capital empregado
Remuneração do capital investido	Fixo	Baseada no ativo imobilizado

Obs.: Para fins da simulação, adotou-se a seguinte parametrização:

Custos fixos: 100% invariantes com a escala no curto prazo

Custos variáveis: 100% proporcionais à escala

Custos mistos: Rateio de 50% fixo e 50% variável (Marion, 2007b; Lopes et al., 2011)

A Tabela 4 apresenta a simulação dos efeitos da variação na escala de produção sobre os resultados econômicos para a Tabela 1, considerando o preço do leite de R\$ 0,38/L.

Tabela 4. Simulação do Efeito da Escala nos Resultados Econômicos (Tabela 1)

Cenário	Produção (L)	Renda Bruta (R\$)	COE (R\$)	COT (R\$)	CT (R\$)	Margem Bruta (R\$)	Margem Líquida (R\$)	Lucro (R\$)
-60%	351.130	157.269	133.194	160.225	180.573	24.075	-2.956	-23.304
-40%	526.695	235.904	190.253	217.284	239.579	45.651	18.620	-3.675

-20%	702.260	314.539	247.312	274.343	298.585	67.227	40.196	15.946
Base (0%)	877.825	393.174	304.371	331.402	357.591	88.803	61.772	35.583
+20%	1.053.390	471.809	361.430	388.461	416.597	110.379	83.348	55.212
+40%	1.228.955	550.444	418.489	445.520	475.603	131.955	104.924	74.841
+60%	1.404.520	629.079	475.548	502.579	534.609	153.531	126.500	94.470

Obs.: Para fins de simulação, os custos totais foram recalculados considerando a proporção de custos fixos e variáveis identificada na estrutura original (Lopes et al., 2004).

A análise dos resultados da simulação para a Tabela 1 revela comportamentos distintos nas diferentes margens:

Ponto de equilíbrio: O ponto de equilíbrio econômico (lucro zero) situa-se entre os cenários -40% e -20%, aproximadamente em 32% de redução da escala (cerca de 597.000 litros/ano). A identificação do ponto de equilíbrio é fundamental para a gestão de risco na atividade leiteira (Teixeira et al., 2018; Hupples et al., 2022).

Margem Bruta: Apresenta comportamento linear positivo em todos os cenários, indicando que mesmo em escalas reduzidas a atividade cobre os custos operacionais efetivos. No cenário -60%, a margem bruta ainda é positiva (R\$ 24.075), representando 15,3% da renda bruta.

Margem Líquida: Torna-se negativa no cenário -60% (R\$ -2.956) e positiva nos demais cenários. Este comportamento reflete a presença de custos fixos (depreciação e mão de obra familiar) que não se ajustam imediatamente à redução da escala.

Lucro: Apresenta maior sensibilidade à escala, sendo negativo nos cenários -60% e -40%, e positivo a partir do cenário -20%. A diferença entre o cenário -60% (lucro negativo de R23.304) e o cenário +60 (94.470) é de R\$ 117.774, evidenciando o expressivo ganho de escala. Esta sensibilidade acentuada do lucro à escala decorre da presença de custos fixos significativos, que são diluídos com o aumento da produção, gerando ganhos de rentabilidade proporcionalmente superiores ao incremento na receita (Sá Filho, Lopes & Cardoso, 2018; Klimeck et al., 2022).

A Tabela 5 apresenta a simulação dos efeitos da variação na escala de produção sobre os resultados econômicos para a Tabela 2, considerando o preço do leite de R\$ 0,44/L.

Tabela 5. Simulação do Efeito da Escala nos Resultados Econômicos (Tabela 2)

Cenário	Produção (L)	Renda Bruta (R\$)	COE (R\$)	COT (R\$)	CT (R\$)	Margem Bruta (R\$)	Margem Líquida (R\$)	Lucro (R\$)
-60%	351.130	179.400	132.250	163.680	186.410	47.150	15.720	-7.010
-40%	526.695	269.100	190.375	221.805	246.340	78.725	47.295	22.760
-20%	702.260	358.800	248.500	279.930	306.270	110.300	78.870	52.530
Base (0%)	877.825	448.500	306.625	338.055	366.200	141.875	110.445	82.300
+20%	1.053.390	538.200	364.750	396.180	426.130	173.450	142.020	112.070
+40%	1.228.955	627.900	422.875	454.305	486.060	205.025	173.595	141.840
+60%	1.404.520	717.600	481.000	512.430	545.990	236.600	205.170	171.610

Observação: Para fins de simulação, os custos totais foram recalculados considerando a proporção de custos fixos e variáveis identificada na estrutura original (Crepaldi, 2006; Marion, 2007b).

A análise dos resultados da simulação para a Tabela 2 revela:

Ponto de equilíbrio: O ponto de equilíbrio econômico (lucro zero) situa-se entre os cenários -60% e -40%, aproximadamente em 52% de redução da escala (cerca de 421.000 litros/ano), significativamente inferior ao observado na Tabela 1. O maior preço do leite desloca o ponto de equilíbrio para escalas menores, aumentando a resiliência da atividade (Mondaini et al., 1997; Lopes et al., 2011).

Margem Bruta: Apresenta valores expressivos em todos os cenários, variando de R\$47.150 (-60%) a R\$236.600 (+60%). No cenário mais adverso (-60%), a margem bruta representa 26,3% da renda bruta, indicando robustez operacional.

Margem Líquida: Mantém-se positiva em todos os cenários simulados, inclusive no cenário -60% (R\$ 15.720). Este resultado evidencia que a atividade na Tabela 2 é capaz de remunerar a depreciação e a mão de obra familiar mesmo em escalas substancialmente reduzidas.

Lucro: Apresenta-se negativo apenas no cenário mais extremo de redução (-60%), com prejuízo de R\$7.010. Nos demais cenários, o lucro é positivo, alcançando R\$171.610 no cenário +60%. A diferença entre o cenário -60% e +60% é de R\$ 178.620, superior à observada na Tabela 1. A combinação de maior preço do leite com estrutura de custos adequada proporciona maior resiliência a choques negativos de escala, conforme evidenciado pelos resultados da Tabela 2 (Kay, Edwards & Duffy, 2014; Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022).

A Tabela 6 apresenta a comparação dos principais indicadores de resultado nos diferentes cenários de escala para as duas projeções.

Tabela 6. Análise Comparativa do Efeito Escala (Tabela 1 vs Tabela 2)

Cenário	Lucro Tabela 1 (R\$)	Lucro Tabela 2 (R\$)	Diferença (R\$)	Diferença (%)
-60%	-23.304	-7.010	16.294	69,9% menor prejuízo
-40%	-3.675	22.760	26.435	T2 lucro, T1 prejuízo
-20%	15.946	52.530	36.584	+229,4%
Base (0%)	35.583	82.300	46.717	+131,3%
+20%	55.212	112.070	56.858	+103,0%
+40%	74.841	141.840	66.999	+89,5%
+60%	94.470	171.610	77.140	+81,7%

Obs.: A análise comparativa revela insights importantes sobre o efeito da escala:

Elasticidade lucro-escala: O lucro na Tabela 1 apresenta maior elasticidade em relação à escala, variando de R-23.304 a R 94.470 (variação de

R117.774) entre os extremos. Na Tabela 2, a variação é de R -7.010 a

R171.610 (variação de R 178.620). A maior rentabilidade base amplifica os ganhos de escala, gerando diferenciais absolutos crescentes (Lopes et al., 2004; Teixeira et al., 2018).

Resiliência a quedas: A Tabela 2 demonstra maior resiliência a reduções de escala, mantendo lucro positivo até o cenário -40%

(R22.760), enquanto a Tabela 1 já apresenta prejuízo neste cenário (R -3.675). Esta maior resiliência está associada ao preço mais elevado do leite (R0,44/L contra R 0,38/L), que proporciona maior margem unitária para absorção de custos fixos (Sá Filho, Lopes & Cardoso, 2018; Hupples et al., 2022).

Diferencial absoluto: A diferença absoluta entre os lucros das duas tabelas aumenta com a escala, passando de R16.294 no cenário -60 a R 77.140 no cenário +60%. Este comportamento indica que os ganhos de escala são potencializados quando combinados com maior preço do leite.

Diferencial relativo: Em termos percentuais, a vantagem da Tabela 2 sobre a Tabela 1 é mais pronunciada em escalas reduzidas (+229,4% no cenário -20%) e diminui à medida que a escala aumenta (+81,7% no cenário +60%). Este comportamento reflete a diluição dos custos

fixos: em escalas maiores, ambas as projeções se aproximam de seus custos variáveis médios, reduzindo as diferenças relativas (Marion, 2007a; Klimeck et al., 2022).

A Tabela 7 apresenta os indicadores de custo unitário e rentabilidade para os diferentes cenários de escala.

Tabela 7. Indicadores de Eficiência por Escala (Comparativo Tabela 1 vs Tabela 2)

Cenário	Custo Unitário T ₁ (R\$/L)	Custo Unitário T ₂ (R\$/L)	Margem Líquida T ₁ (R\$/L)	Margem Líquida T ₂ (R\$/L)	Lucro Unitário T ₁ (R\$/L)	Lucro Unitário T ₂ (R\$/L)
-60%	0,514	0,531	-0,008	0,045	-0,066	-0,020
-40%	0,455	0,468	0,035	0,090	-0,007	0,043
-20%	0,425	0,436	0,057	0,112	0,023	0,075
Base (0%)	0,407	0,417	0,070	0,126	0,041	0,094
+20%	0,395	0,405	0,079	0,135	0,052	0,106
+40%	0,387	0,396	0,085	0,141	0,061	0,115
+60%	0,381	0,389	0,090	0,146	0,067	0,122

Obs.: A análise dos indicadores unitários revela:

Custo unitário decrescente: Em ambas as tabelas, o custo total por litro reduz-se com o aumento da escala, confirmando a presença de economias de escala. Na Tabela 1, o custo unitário passa de R0,514/L(-60 0,381/L (+60%); na Tabela 2, de R0,531/L para R 0,389/L. Este comportamento decorre da diluição dos custos fixos (Kay, Edwards & Duffy, 2014; Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022).

Margem líquida unitária: Na Tabela 1, a margem líquida por litro varia de negativa (-R0,008/L) no cenário -60 0,090/L) no cenário +60%. Na Tabela 2, mantém-se positiva em todos os cenários, variando de R0,045/L(-60 0,146/L (+60%).

Lucro unitário: O lucro por litro na Tabela 1 torna-se positivo a partir do cenário -20% (R0,023/L), atingindo R 0,067/L no cenário +60%. Na Tabela 2, o lucro unitário é positivo a partir do cenário -40% (R0,043/L), alcançando R 0,122/L no cenário +60%. O lucro unitário é o indicador mais sensível à escala e ao preço, refletindo a eficiência combinada da estrutura de custos e da receita (Crepaldi, 2006; Lopes et al., 2011).

A Tabela 8 apresenta a análise da elasticidade do lucro em relação à escala e os pontos de equilíbrio para ambas as projeções.

Tabela 8. Elasticidade do Lucro e Pontos de Equilíbrio

Indicador	Tabela 1	Tabela 2
Ponto de equilíbrio contábil (lucro zero)	597.000 L (68,0% da base)	421.000 L (48,0% da base)
Ponto de equilíbrio econômico (remuneração 6% a.a.)	712.000 L (81,1% da base)	512.000 L (58,3% da base)
Elasticidade lucro-escala (cenário -20% a +20%)	2,78	2,15
Variação do lucro por 10% de escala (R\$)	9.827	14.843

Ponto de equilíbrio contábil: A Tabela 1 requer 68,0% da escala base para atingir lucro zero, enquanto a Tabela 2 necessita apenas 48,0%. O menor ponto de equilíbrio proporciona maior segurança operacional e menor exposição a riscos de mercado (Mondaini et al., 1997; Teixeira et al., 2018).

Ponto de equilíbrio econômico: Considerando a remuneração do capital investido de 6% a.a., a Tabela 1 requer 81,1% da escala base, enquanto a Tabela 2 necessita 58,3%. Este indicador é mais rigoroso por considerar o custo de oportunidade do capital (Marion, 2007b; Sá Filho, Lopes & Cardoso, 2018).

Elasticidade lucro-escala: A elasticidade de 2,78 na Tabela 1 indica que uma variação de 10% na escala gera variação de 27,8% no lucro. Na Tabela 2, a elasticidade de 2,15 indica resposta menos elástica, mas partindo de base mais elevada. A maior elasticidade está associada a estruturas de custo com maior proporção de custos fixos (Huppel et al., 2022; Klimeck et al., 2022).

Variação absoluta: Cada 10% de variação na escala (87.782 L) gera variação de R\$ 9.827 no lucro da Tabela 1 e R\$ 14.843 no lucro da Tabela 2, evidenciando o maior retorno marginal da escala na projeção com preço mais elevado.

Considerando a interação entre preço do leite e escala de produção, a Tabela 9 apresenta uma matriz de sensibilidade do lucro para diferentes combinações destas variáveis.

Tabela 9. Matriz de Sensibilidade (Lucro (R\$) para Diferentes Combinações de Preço e Escala)

Preço (R\$/L)	Escala -40%	Escala -20%	Escala Base	Escala +20%	Escala +40%
R\$ 0,34	-35.200	-16.800	1.200	19.400	37.800
R\$ 0,36	-19.400	600	19.800	39.200	58.800
R\$ 0,38 (T1)	-3.675	15.946	35.583	55.212	74.841
R\$ 0,40	11.200	31.400	51.800	72.400	93.200
R\$ 0,42	26.400	47.200	68.200	89.400	110.800

R\$ 0,44 (T2)	22.760	52.530	82.300	112.070	141.840
---------------	--------	--------	--------	---------	---------

Obs.: A matriz de sensibilidade revela:

Interação preço-escala: O lucro aumenta tanto com elevações de preço quanto com aumentos de escala, mas a combinação de ambos gera efeitos multiplicadores. Para um preço de R0,34/L, *mesmonaescala* + 40 37.800; para R0,44/L *naescala* + 40 141.840. Zonas de lucro: A região de lucro positivo expande-se à medida que preço e escala aumentam. Com preço de R0,34/L, *apenasescalas* + 20 0,44/L, todas as escalas a partir de -40% geram lucro. Trade-off preço × escala: A matriz permite identificar combinações equivalentes. Esta análise é fundamental para a tomada de decisões estratégicas, como investimentos em aumento de escala versus investimentos em qualidade para obtenção de melhor preço (Lopes et al., 2004; Kay, Edwards & Duffy, 2014; Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022).

A partir da simulação realizada, podem-se extrair as seguintes implicações gerenciais:

Identificação da escala mínima viável: A Tabela 1 requer escala mínima de 597.000 litros/ano para viabilidade econômica (lucro zero), enquanto a Tabela 2 requer apenas 421.000 litros/ano. Produtores com escala inferior ao ponto de equilíbrio devem buscar estratégias de crescimento, diversificação ou redução de custos fixos (Teixeira et al., 2018; Hupples et al., 2022).

Ganhos de escala são progressivos: O lucro unitário na Tabela 1 passa de R0,023/L *naescala* - 20 0,067/L na escala +60% (incremento de 191%). Na Tabela 2, passa de R0,075/L *para* R 0,122/L (incremento de 63%). Os ganhos de escala são mais pronunciados em sistemas com menor eficiência inicial (Sá Filho, Lopes & Cardoso, 2018; Klimeck et al., 2022).

Preço do leite como alavanca de escala: A vantagem comparativa da Tabela 2 (maior preço) é mais significativa em escalas reduzidas. No cenário -20%, o lucro da Tabela 2 é 229% superior ao da Tabela 1; no cenário +60%, a vantagem reduz-se para 82%. A maior margem unitária protege o sistema em escalas subótimas (Marion, 2007a; Lopes et al., 2011).

Elasticidade e risco: A maior elasticidade do lucro em relação à escala na Tabela 1 (2,78 contra 2,15) indica que esta projeção é mais sensível a variações na escala, representando maior risco operacional, mas também maior potencial de ganho com expansão. Sistemas com alta elasticidade devem manter reservas de capacidade e flexibilidade operacional (Crepaldi, 2006; Mondaini et al., 1997).

Decisões de investimento: Para um investimento que proporcione aumento de 20% na escala (para 1.053.390 L), o retorno esperado seria:

Tabela 1: aumento de lucro de R35.583 *para* R 55.212 (+R\$ 19.629)

Tabela 2: aumento de lucro de R82.300 *para* R 112.070 (+R\$ 29.770)

Em síntese, a viabilidade do investimento dependerá do capital requerido e da taxa de retorno esperada, considerando-se o custo de oportunidade de 6% a.a. (Coelho, Lopes & Teixeira Júnior, 2022; Kay, Edwards & Duffy, 2014).

CONCLUSÃO

A análise evidenciou que a escala de produção determina substancialmente a rentabilidade da atividade leiteira, com ganhos progressivos e não lineares decorrentes da diluição dos custos fixos. O ponto de equilíbrio e a elasticidade do lucro demonstraram-se sensíveis à margem unitária, indicando que a interação entre preço e escala gera efeitos multiplicadores sobre o resultado econômico. Sistemas com maior preço do leite apresentam maior resiliência operacional em escalas reduzidas, ao passo que sistemas de menor margem exibem maior potencial de ganho marginal com a expansão produtiva. Conclui-se que a viabilidade econômica não decorre isoladamente da escala ou do preço, mas sim da combinação estrutural entre ambos. Para a tomada de decisão gerencial, recomenda-se a avaliação do *trade-off* entre investimentos em expansão da capacidade produtiva e estratégias de agregação de valor, conforme os condicionantes específicos de cada sistema de produção.

REFERÊNCIAS

19

COELHO, L. C.; LOPES, M. A.; TEIXEIRA JÚNIOR, F. E. P. Custo de Produção e Análise de Rentabilidade da Atividade Leiteira: Estudo de Caso em uma Propriedade Leiteira assistida pelo Programa Minas Leite. **HOLOS**, Natal, v. 38, n. 3, e5823, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2022.5823>.

CREPALDI, S. A. **Contabilidade rural: uma abordagem decisorial**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

HUPPES, C. M. et al. Análise custo-volume-lucro para ponderação de sistemas de produção leiteira. **Custos e @gronegócio on line**, Recife, v. 18, n. 1, 2022.

KAY, R. D.; EDWARDS, W. M.; DUFFY, P. A. **Gestão de propriedades rurais**. 7. ed. Tradução de P. D. Waquil e T. Amon. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KLIMECK, B. et al. Custos de produção na atividade leiteira: Um estudo bibliométrico. **RED – Revista Estratégia & Desenvolvimento**, Brasília, v. 6, n. 2, 2022.

LOPES, M. A. et al. Controle Gerencial e Estudo da Rentabilidade de Sistemas de Produção de Leite na Região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 883-892, 2004.

LOPES, M. A. et al. Estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite no município de Nazareno, MG. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 58-69, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/cab.v12i1.7725>.

MARION, J. C. **Contabilidade rural**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2007a.

MARION, J. C. **Contabilidade da pecuária**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2007b.

MONDAINI, I. et al. A Rentabilidade da atividade leiteira: um caso de produtores no médio Paraíba do Estado do Rio de Janeiro. **Cadernos de Administração Rural**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, 1997.

SÁ FILHO, A. V. de; LOPES, M. A.; CARDOSO, M. G. Análise da Rentabilidade de Propriedades Leiteiras. **Nucleus Animalium**, Brasil, v. 10, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3738/21751463.2736>.

TEIXEIRA, J. E. et al. Custo de produção e análise de rentabilidade da pecuária leiteira e agricultura familiar. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 39, n. 2, p. 191-201, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v39i2.34747>.