

Planaltina, DF / Agosto, 2024

Indicadores financeiros da suplementação alimentar e da produção de embriões em bezerras e novilhas Nelore pré-púberes de alto valor genético

Isabel Cristina Ferreira, Carlos Frederico Martins, Roberto Guimarães Junior e Eduardo da Costa Eifert

Pesquisadores, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília /
Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/
sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Lineu Neiva Rodrigues

Secretário-executivo

Gustavo José Braga

Membros

Alessandra de Jesus Boari

Alessandra Silva G. Faleiro

Angelo Aparecido Barbosa Sussel

Fábio Gelape Faleiro

Fabiola de Azevedo Araujo

Giuliano Marchi

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Karina Pulrolnik

Maria Emília Borges Alves

Natália Bortoleto Athayde Maciel

Edição executiva e

revisão de texto

Jussara Flores O. Arbues

Normalização bibliográfica

Marilaine Shaun Pelufe

(CRB-1/2023)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Wellington Cavalcanti

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Resumo – Os resultados de biotecnologias reprodutivas e estratégias nutricionais, quando analisados financeiramente, ajudam produtores a tomar decisões. O estudo estimou indicadores financeiros de alimentação e produção de embriões de dois planos alimentares para novilhas Nelore pré-púberes, visando antecipar a aspiração folicular e melhorar a eficiência reprodutiva. Trinta e quatro bezerras foram suplementadas. Na fase de cria, receberam 568 g dia⁻¹ de concentrado (19,3% de proteína bruta – PB; 79,1% de nutrientes digestíveis totais – NDT), além de leite materno e pastagem de *Urochloa brizantha* ‘Marandu’. Na recria na seca, um grupo (205 kg) consumiu 11 kg de silagem de milho e 1 kg de concentrado por dia (33,4% PB; 72,9% NDT), enquanto o controle (196 kg) permaneceu na pastagem com 1,4 kg de concentrado por dia (24,2% PB; 77,4% NDT). Na recria no período chuvoso, ambas receberam capim Marandu, suplementadas com 1,87 e 0,65 kg de concentrado (21,7% PB; 80,8% NDT e 21,8% PB; 79,1% NDT), nos grupos alta energia e controle, respectivamente. O grupo alta energia ingeriu, em média, 22% mais energia metabolizável. Dos 9,5 aos 12,5 meses, aspirações foliculares foram realizadas a cada 21 dias para avaliar embriões, que podem ser transferidos frescos, vitrificados ou congelados. Custos operacionais incluíram volumoso, concentrado, sal, medicamentos, pastagem, vacinas, manutenção e mão de obra. O plano alta energia teve um custo extra de R\$ 2,40 por animal por dia e gerou R\$ 1.741,76 a mais em receita, com margens líquidas 2,6; 2,5 e 2,1 vezes maiores que o controle para embriões congelados, vitrificados e a fresco, respectivamente. A produção de embriões a fresco apresenta maiores margens.

Termos para indexação: bovino, fecundação in vitro, lucro operacional, margem bruta, melhoramento genético.

Financial indicators of food supplementation and embryo production in pre-pubertal Nelore calves and heifers of high genetic value

Abstract – The results of reproductive biotechnologies tied to nutritional strategies, when financially quantified, assist producers in decision-making. The study estimated financial indicators of feeding and embryo production of two dietary plans in the breeding and rearing phases to prepare pre-pubertal

Nelores heifers in order to anticipating follicular aspiration and improve reproductive efficiency. Thirty-four pre-pubertal Nelore calves were supplemented. During the breeding phase, they consumed 568 g day⁻¹ of concentrate (19.3% CP and 79.1% TDN) plus their mother's milk and remained on *Urochloa brizantha* 'Marandu' pastures. In rearing during the dry period, one group (205 kg) was fed with 11 kg corn silage and 1 kg of concentrate per animal per day (33.4% CP and 72.9% TDN), and the control group (196 kg) remained on the same pasture receiving 1.4 kg of concentrate per animal per day (24.2% CP and 77.4% TDN). During the rainy season, all females remained on pasture and were supplemented with 1.87 kg and 0.65 kg of concentrate (21.7% CP and 80.8% TDN) in the high energy and control food plan groups, respectively. Animals in the high-energy group ingested, on average, 22% more metabolizable energy compared to the control group. From 9.5 to 12.5 months, follicular aspirations were performed every 21 days to evaluate parameters of oocyte competence, quantity and quality of embryos. Embryos can be fresh transferred, vitrified and frozen for direct transfer. Operating costs were estimated considering disbursements for roughage, concentrate, mineral salt, medicines, vaccines, pasture rental, general maintenance and labor. The high energy nutritional plan cost more than R\$ 2.40 per animal per day, and have R\$ 1,741.76 more revenue, the net margin was 2.6; 2.5 and 2.1 higher than in the control diet plan with frozen embryos for direct transfer, vitrified and fresh embryos, respectively. The production of fresh embryos has higher margins.

Index terms: animal breeding, cattle, in vitro fertilization, operating profit, gross margin.

Introdução

O Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina do mundo. Mesmo com sua alta importância econômica, a pecuária de corte compete de forma crescente com culturas agrícolas, predominantemente grãos, por espaço físico e econômico. O desafio é aumentar a rentabilidade da atividade, e um dos caminhos para que isso aconteça é estabelecer sistemas de produção capazes de produzir carne de qualidade de forma eficiente e a preços baixos. Para isso, esses sistemas devem ser competitivos, sustentáveis e capazes de produzir com animais precoces.

Uma das formas de buscar eficiência é por meio de ferramentas como as biotecnologias de reprodução, associadas ao melhoramento genético e à nutrição. A produção in vitro de embriões (PIV) e a transferência de embriões (TE) são importantes para a multiplicação de animais de alto valor genético, resultando em um ganho genético significativo na seleção animal. Essas tecnologias são ainda mais eficientes quando combinadas ao uso de sêmen sexado e à seleção genômica (Mueller; Van Eenennaam, 2022).

Os embriões podem ser produzidos e utilizados de diferentes formas. O uso do embrião fresco ocorre quando, logo após o cultivo no laboratório, o embrião é transferido diretamente para a vaca receptora hormonalmente sincronizada. Os embriões criopreservados podem ser conservados por vitrificação ou congelamento lento. Este último facilita a logística do descongelamento e da transferência de embriões, não sendo necessário o uso do laboratório, mas requer uma máquina de congelamento programável eletronicamente. Já na vitrificação, o congelamento é muito rápido e dispensa o uso de máquinas (Dode et al., 2013). A criopreservação é interessante quando não há receptoras disponíveis para transferência a fresco no momento ou quando se deseja realizar o transporte dos embriões a longas distâncias.

Agregar essas tecnologias em fêmeas jovens de alto valor genético como doadoras reduz o intervalo entre gerações, não compromete a variabilidade genética e aumenta a taxa de ganho genético. O ganho genético é o aumento no desempenho ou melhoria no valor genético médio de uma população, alcançado anualmente através da seleção. O uso de tecnologias de reprodução assistida em fêmeas jovens pode proporcionar uma seleção mais precisa e um uso intenso de mães geneticamente superiores para acelerar a taxa de ganho genético da próxima geração (Ferraz et al., 2018).

A gestão das tecnologias recomendadas para os sistemas de produção inclui a alocação eficiente dos recursos produtivos e o conhecimento dos preços desses recursos, o que proporciona a estimativa dos custos de produção (Reis, 2007). Os custos de produção variáveis mudam de acordo com o volume produzido, representando as despesas com alimentação, sanidade, energia, mão de obra, manutenção de máquinas e equipamentos. Ou podem ser fixos quando independem da quantidade produzida, como impostos e depreciações de instalações (Reis, 2007).

O custo financeiro ou desembolso efetivamente realizado corresponde aos custos explícitos, ou custo operacional efetivo, e os custos implícitos não envolvem desembolsos efetivos, como o exemplo da depreciação e do custo de oportunidade, que se refere ao valor que um determinado fator poderia receber em algum uso alternativo (Castro et al., 2009). Os custos são úteis para aferir o valor dos recursos empregados por unidade produzida e compará-lo com o preço do produto. A partir dessa comparação, pode-se inferir sobre a rentabilidade da atividade e, conseqüentemente, sobre a viabilidade econômica (Guiducci et al., 2012).

Os resultados das tecnologias disponíveis aos sistemas produtivos pecuários podem não ocorrer conforme esperado por ausência de planejamento com base no controle dos custos e na análise da viabilidade dos negócios. Segundo Guiducci et al. (2012), conhecer o custo da tecnologia é fundamental para o produtor rural tomar decisões corretas e com segurança, avaliar a viabilidade econômica e comparar níveis de desempenho entre diferentes alternativas disponíveis.

O uso de biotecnologias da reprodução está associado ao aumento dos custos operacionais, necessitando de maiores desembolsos da empresa rural ou laboratório. Por outro lado, o aumento da qualidade e quantidade de embriões e produtos nascidos pode diluir os custos operacionais fixos (depreciações e despesas fixas), o que favorece um menor custo operacional total unitário. Os valores variam em função da região (preços de insumos, terra e de animais, bem como preços de compra e venda e da escala de produção, tamanho da fazenda, nível de intensificação de pastagens, alimentação e biotécnicas reprodutivas) (Barbosa; Souza, 2007).

No estudo de Beltrame et al. (2010), a análise econômica da produção *in vivo* e *in vitro* de embriões bovinos foi realizada considerando o efeito de variáveis como o número de receptoras, protocolo de sincronização, indicadores de eficiência reprodutiva e custo da prenhez. Grande parte dos custos é decorrente da variabilidade dos resultados, como o número de embriões produzidos, receptoras sincronizadas para transferência a fresco, dos custos de congelamento de embriões, protocolos utilizados nas receptoras e, por fim, a taxa de prenhez. A associação de duas biotécnicas reprodutivas, como a transferência de embriões a fresco e o congelamento de embriões restantes, pode minimizar a ociosidade de receptoras. A escolha

pela biotécnica não determina a produção de prenhez com menor custo. Os indicadores econômicos estão relacionados ao momento, e as oscilações que ocorrem em função do cenário de oferta e procura. Diante dessas ressalvas, concluiu-se que o número de receptoras e o protocolo de sincronização utilizado influenciam diretamente no custo final da prenhez. O uso do número ótimo de receptoras por doadora determina a produção de prenhez com menor custo e, conseqüentemente, a escolha pela técnica a ser utilizada.

Segundo Pellegrino (2013), 90,78% de todo o custo de produção do embrião em laboratórios são de custos operacionais variáveis, sendo 55,34% com meios utilizados nos processos de maturação, fecundação e cultivo embrionário *in vitro* e 27,76% com mão de obra.

A antecipação da idade reprodutiva resulta em mais descendentes gerados por cada doadora, o que significa que são necessários menos animais para atender à mesma demanda de embriões, bezerras nascidos, matrizes e touros. Dessa forma, suplementações com dietas de maior teor de energia e proteína podem aprimorar a eficiência dos sistemas de produção de carne e, conseqüentemente, a sustentabilidade da pecuária, por obter maiores produções com menor número de animais (Mueller; Van Eenennaam, 2022).

Uma novilha atinge a puberdade quando os gametas são liberados e quando todos os estágios do comportamento sexual são estabelecidos (Davis et al., 2023). As características reprodutivas para antecipar a idade do primeiro parto e otimizar o desempenho reprodutivo das fêmeas têm sido buscadas por meio de melhoramento genético, nutrição e manejo (Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021). Segundo Miszura et al. (2021), essa condição fisiológica é influenciada pelo peso dos animais e, conseqüentemente, pelos pais, principalmente os touros.

A nutrição é crucial quando se deseja antecipar a idade reprodutiva de novilhas zebuínas. O peso corporal alvo à puberdade pode variar de acordo com o genótipo, ficando entre 65 e 70% do peso adulto (Perry, 2012). Sendo assim, é necessária uma taxa maior de ganho de peso corporal no período pré-púbere. Foi demonstrado que a puberdade pode ser antecipada para 18 meses em 62% de novilhas Nelore (*Bos indicus*) quando se associam estratégias nutricionais que proporcionam um ganho de 0,7 kg dia⁻¹ com dieta de 15,1% de PB e 2,9 Mcal/kg de energia metabolizável e genéticas,

utilizando bezerras filhas de touros com diferenças esperadas na progênie (DEPs) para menor idade ao primeiro parto (Ferraz et al., 2018).

Para bovinos em crescimento e com maiores exigências nutricionais, a alimentação exclusiva de gramíneas tropicais não atende aos requisitos nutricionais dessa fase. A suplementação energética e/ou proteica é necessária, por meio de uma dieta balanceada, para evitar o baixo desempenho, quando o objetivo é alcançar 65 a 70% do peso adulto aos 18 meses em fêmeas zebuínas.

A hipótese deste estudo é que a associação de biotecnologia reprodutiva em novilhas pré-púberes de alto valor genético, suplementadas com dieta de alta densidade energética, promoverá maior receita quando comparada à dieta controle, que oferece energia para ganhos moderados, apesar de ter maior custo operacional. Objetivou-se realizar um estudo de caso sobre o custo de produção de alimentação e produção de embriões de dois planos alimentares para preparar novilhas Nelore pré-púberes, visando antecipar a data da aspiração folicular e maior produção embrionária.

Material e métodos

Local e animais

No Campo Experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, 34 bezerras Nelore pré-púberes do rebanho de seleção Brasil Genética Nelore (BRGN) foram suplementadas com creep feeding (19,3% de PB e 79,8% de NDT) dos 5,5 meses de idade até os 6,5 meses, iniciando com peso de 160 a 163 kg. As crias permaneceram mamando nas mães, com acesso à pastagem de *Urochloa brizantha* 'Marandu'. Após o desmame, as novilhas foram distribuídas de forma homogênea quanto aos parâmetros de idade, peso e mérito genético em dois tratamentos com planos nutricionais distintos: um controle e outro de alta energia. O detalhamento da divisão dos lotes pode ser obtido em Toledo et al. (2023). Dos 9,5 meses aos 12,5 meses, foram realizadas aspirações foliculares para avaliar parâmetros de competência ovocitária e produção de embriões. As pesagens periódicas em balança digital foram efetuadas para verificar o desempenho e realizar ajustes no fornecimento de suplemento e concentrado (Figura 1).

Manejo	Início do Creep feeding	Final do Creep feeding	Período seco	Período das chuvas	Final
Nutricional	10/7/2020 Peso: 160 a 163 kg Idade: 5,5 a 6,5 meses Concentrado (19,3%PB e 79,8%NDT) (34 bezerras)	14/8/2020 Desmama	25/8/2020 Peso: 176 kg Consumo: 11 kg silagem + 1 kg de concentrado (33,4% PB e 72,9% NDT) (17 bezerras)	1º/11/2020 Peso: 221 kg Consumo: capim marandu + 1,87 kg de concentrado (21,7% PB e 80,8% NDT)	24/3/2021 Peso: 321 kg
			25/8/2020 Peso: 180 kg Consumo: Capim Marandu + 1,4 kg de concentrado (24,2% PB e 77,4% NDT)	1º/11/2020 Peso: 204 kg Consumo: pastagem de marandu + 0,65 kg de concentrado (21,8% PB e 79,1% NDT)	24/3/2021 Peso: 309 kg
Reprodutivo				Início da aspiração folicular Idade: 9,5 meses	Final da aspiração folicular Idade: 12,5 meses

Grupo experimental: alta energia
Grupo experimental: controle

Figura 1. Esquema da cronologia do experimento, distribuição e caracterização dos planos alimentares controle e alta energia.

Ilustração: Wellington Cavalcanti

Manejo nutricional

Todos os animais tiveram acesso ao creep feeding à base de farelo de soja à base de farelo de soja, milho moído e minerais (19,3% de proteína bruta (PB) e 79,8% de nutrientes digestíveis totais

(NDT)) dos 165 dias de idade até o desmame aos 195 dias de idade (Figura 1). O consumo médio de concentrado foi de 0,568 kg/dia, equivalente a 0,38% do peso corporal (PC) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores em reais, deflacionado para janeiro de 2024, por quilo de alimento e por animal por dia em diferentes épocas para os dois planos nutricionais de alta energia e controle em Planaltina, DF.

Época	Fase	Duração da fase	Plano nutricional alta energia			Plano nutricional controle		
			Preço (R\$/kg)	Diária (R\$/animal)	Preço da fase (R\$)	Preço (R\$/kg)	Diária (R\$/animal)	Preço da fase (R\$)
Cria	Creep feeding	30	1,74	0,99	29,70	1,74	0,99	29,40
	Mão de obra	30	–	0,46	13,80	–	0,46	13,80
Recria seca	Concentrado	87	2,54	2,54	220,98	2,98	4,17	362,79
	Pastagem	87	–	–	–	–	1,42	123,54
	Silagem	87	0,21	2,31	200,97	–	–	–
	Mão de obra	–	–	0,92	80,04	–	0,46	40,02
Subtotal diária seca		–	–	7,22	545,49	–	7,50	569,85
Recria chuva	Concentrado	124	2,19	4,10	508,40	1,42	1,42	176,08
	Pastagem	124	–	1,89	234,36	–	1,89	234,36
	Mão de obra	–	–	0,46	57,04	0,46	–	57,04
	Outros	–	–	0,05	6,20	–	0,05	6,20
Subtotal diária chuva		–	–	6,50	806,00	–	3,82	437,68
Total		–	–	13,72	1.351,49	11,32	11,32	1.043,53

Traço (–) = informação não aplicável.

Após o desmame, dois planos nutricionais foram fornecidos com o objetivo de favorecer o crescimento e preparar os animais para a reprodução aos 12 a 14 meses de idade. Os planos nutricionais foram estabelecidos com base nos estudos prévios de diferentes autores (Valadares Filho et al., 2016; Ferraz et al., 2018; Miszura et al., 2021; Davis et al., 2023).

No plano nutricional denominado Controle, os animais foram mantidos em pastagem diferida de capim Marandu durante o período seco, com acesso ao concentrado (24,2% de PB e 77,4% de NDT), com consumo médio de 1,4 kg dia⁻¹, equivalente a 0,7% do PC. Esta dieta foi calculada para atingir ganhos de 400 g dia⁻¹. A partir do dia 1º de novembro, início do período chuvoso, os animais mantidos em pastagem diferida de capim Marandu tiveram acesso ao concentrado (21,9% de PB e 79,1% de NDT) (Figura 1), com consumo médio de concentrado de 650 g dia⁻¹, equivalente a 0,25% do PC. Esta dieta foi calculada para atingir ganhos de

500 g dia⁻¹, considerando 10,7 Mcal por animal por dia de EM para esse ganho, de acordo com Valadares Filho et al. (2016) (Tabela 2).

No plano nutricional denominado Alta Energia, os animais receberam dietas contendo 26 e 19% a mais de energia do que no controle, durante os períodos seco e chuvoso, respectivamente. No período seco, as novilhas foram mantidas confinadas e alimentadas, em média, com 11 kg de silagem de milho em base natural (33% da matéria seca) e também com 1 kg dia⁻¹ de concentrado (33,4% de PB e 72,9% de NDT), equivalente a 0,33% do PC (Figura 1). Essa dieta foi calculada para atingir ganhos de 800 g/dia. No início do período chuvoso, foram suplementadas com 1,87 kg dia⁻¹ de concentrado (com 21,7% de PB e 80,8% de NDT) em pastagem diferida de capim Marandu, equivalente a 0,35% do PC. Essa dieta foi calculada para atingir ganhos de 1 kg dia⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes, preços, composição da dieta e níveis de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais utilizada em três fases experimentais de novilhas Nelore pré-púberes em Planaltina, DF.

Fase	Ingrediente	Preço (R\$/kg)	Ingrediente (%)	PB ⁽¹⁾	NDT ⁽²⁾
Cria	Milho moído (peneira grossa)	0,84	70	6,3	59,5
	Farelo de soja	1,70	27	12,96	20,25
	Núcleo mineral*	6	3	0	0
Subtotal		-	100,0	19,3	79,8

Fase	Ingrediente	Preço (R\$/kg)	Concentrado (plano alimentar controle)			Concentrado (plano alimentar alta energia)		
			Ingrediente (%)	PB	NDT	Ingrediente (%)	PB	NDT
Recria na época seca	Milho moído	1,14	76	6,8	64,6	50	4,5	42,5
	Grão de soja	2,02	16	6,1	12,8	39	14,8	31,2
	Ureia	1,36	4	10,2	0,0	5	14,1	0,0
	Núcleo mineral	6	4	0,0	0,0	6	0,0	0,0
Subtotal		-	100	23,1	77,4	100	33,4	73,7
Recria na época chuvosa	Milho moído	1,33	77	6,9	65,5	80	7,2	68,0
	Grão de soja	2,73	17	6,5	13,6	16	6,1	12,8
	Ureia	1,33	3	8,5	0,0	3	8,5	0,0
	Sal branco	0,36	3	0,0	0,0	1	0,0	0,0
Subtotal		-	100	21,9	79,1	100	21,7	80,8

⁽¹⁾ PB = proteína bruta.

⁽²⁾ NDT = nutrientes digestíveis totais.

*Composição do núcleo mineral quanto a níveis mínimos de garantia, em g/kg, cálcio:261; fósforo: 70; magnésio:15; enxofre: 50; e em mg/kg, zinco 5.000; cobre: 1.500; manganês: 1.000; cobalto: 150; iodo: 180; selênio: 12; flúor: 650. Milho grão: 7,92% de PB, farelo de soja 48,8% de PB; soja grão: 38% de PB; ureia 281,9% de PB.

Traço (-) = informação não aplicável.

Estimativa de custos com alimentação e reprodução

Os custos de alimentação foram estimados a partir das formulações de rações (Tabela 2), usando preços de ingredientes comparáveis aos pagos pelos pecuaristas em julho de 2020, quando o concentrado foi formulado. Os custos de forragem foram baseados no custo de aluguel de pastagem por animal, e a silagem de milho teve seu preço estimado com base no valor comercializado da tonelada na região (equivalente ao preço de três sacas de milho de 60 kg). Os minerais foram adquiridos com base no preço comercial. O preço de aquisição da tonelada de silagem na região inclui a manutenção de máquinas para sua confecção e outros custos associados. Os efeitos da inflação foram considerados, e os preços foram ajustados para refletir a realidade de mercado para janeiro de 2024 (Tabela 3).

As estimativas de custos de alimentação foram baseadas no consumo real e consideraram o valor comercial dos ingredientes, além de despesas operacionais, como mão de obra e energia elétrica, trabalho e encargos. Os custos para pastagens foram estimados com base nos preços de aluguel de pastagens por animal por mês na fase inicial e final da recria, de R\$ 30 e R\$ 36, respectivamente.

As estimativas de custo de mão de obra incluíram horas de trabalho para misturar o concentrado e alimentar os animais, o que envolve fornecer alimentos manualmente com o uso de carrinho de mão e mover os animais das pastagens para o cocho.

As estimativas de serviços veterinários para técnicas reprodutivas incluíram a aspiração folicular e serviços laboratoriais de classificação de ovócitos e fecundação in vitro (FIV), preços de meios e demais itens necessários no laboratório, bem como preços de produção de embriões à fresco, de protocolos de vitrificação e congelamento

lento de embriões (DT), obtidos de laboratórios comerciais. O embrião à fresco produzido por FIV teve valores de R\$ 75 e R\$ 90; o embrião vitrificado, R\$ 140,00; e o criopreservado para transferência direta (DT), R\$ 160,00.

Na produção de embriões à fresco, o produtor necessita de receptoras sincronizadas, aptas para receber embriões após 7 dias de cultivo. O embrião vitrificado requer o processo de congelamento e descongelamento em laboratório, com maiores taxas de prenhez. O embrião criopreservado para transferência direta elimina a necessidade do laboratório.

Foram considerados os indicadores técnicos, como taxa de embriões produzidos, consumo de concentrado e volumoso reportados por Toledo et al. (2023), para calcular custos, receitas e margens deste estudo.

Metodologia de análise de custos

A metodologia utilizada para a análise econômica das novilhas Nelore pré-púberes suplementadas com diferentes planos nutricionais levou em consideração uma série de fatores zootécnicos e financeiros. Planilhas detalhadas foram criadas para organizar e sistematizar informações relevantes, considerando atividades como alimentação, sanidade, reprodução, serviços, manutenção, e outros custos, além do custo de oportunidade. Cada operação foi qualificada por serviços e insumos específicos, conforme descrito por Guiducci et al. (2012).

Para determinar os custos de produção, foram considerados os conceitos econômicos e operacionais de custos fixos, variáveis, alternativos, operacionais efetivos e fixos, totais e médios, receita média, lucro e margem, conforme Reis (2007) e Matsunaga et al. (1976).

Os custos fixos foram considerados constantes para ambos os planos alimentares, pois são independentes do nível de produção. Incluem a depreciação de máquinas, equipamentos e instalações, a remuneração do capital de animais e terra, e o custo alternativo sobre o capital fixo, geralmente os juros (6%) sobre capital de máquinas, equipamentos, benfeitorias, animais e terra. Esses itens foram considerados iguais para ambos os tratamentos e não foram estimados separadamente.

Os desembolsos realizados durante o final da cria, a recria até o início da reprodução foram classificados em categorias como suplementação, volumosos, mão de obra, aluguel de pastagem, saúde, manutenção, capital investido, e juros de capital de giro (6% a.a.), conforme taxas do Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp).

Foram considerados os gastos com a técnica de aspiração folicular guiada por ultrassonografia (OPU) em doadoras pré-púberes, FIV, hormônios, custos trabalhistas para FIV, e demais serviços associados.

Os custos operacionais efetivos incluíram os gastos com volumoso, concentrado, sal mineral, medicamentos, vacinas, aluguel de pastagens, manutenção geral, e mão de obra. Esta última foi calculada proporcionalmente ao número de fêmeas no experimento, assumindo um funcionário recebendo o salário mínimo mais 34% de encargos sociais para cuidar de 400 animais, com rateio por animal.

Na composição dos custos totais (CT), foram considerados os valores de custos anuais divididos pelo total de animais na propriedade (400), divididos por 365 dias, e multiplicados por 257 dias (duração do experimento). O custo variável total foi composto pelo custo operacional efetivo (desembolsos) mais o custo alternativo do capital variável, considerado de 6% ao ano.

Para as matrizes de alto valor genético pré-púberes, o valor de “aquisição” foi baseado no preço médio de venda em leilão do BRGN em 2022, que foi de R\$ 15.451,20.

A receita total foi calculada considerando o preço de referência em leilões comerciais do pacote com 20 embriões vitrificados e 20 embriões DT da raça Nelore Mocho, com valor de 36 parcelas de R\$ 35,00, resultando em um preço unitário de R\$ 630,00.

A margem bruta (MB) foi determinada pela diferença entre a receita total e o custo operacional variável, enquanto a margem líquida (ML) foi calculada subtraindo o custo operacional total da receita total. Os coeficientes técnicos do sistema para cada centro de custo foram estimados com base nas atividades experimentais. A análise foi descritiva e exploratória para os dois tratamentos, e os preços foram corrigidos pela inflação usando o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para o mês de referência de janeiro de 2024.

Resultados e discussão

Os resultados do estudo destacaram que o plano nutricional de Alta Energia foi mais eficaz em melhorar o desempenho dos animais do que o plano controle. As fêmeas que receberam a dieta de Alta Energia ganharam 15 kg a mais de peso e apresentaram 49% mais oócitos recuperados, além de um aumento de 21% na taxa de produção de embriões, conforme relatado por Toledo et al. (2023). Esses resultados são consistentes com as conclusões de

Davis et al. (2023), que indicam que a nutrição afeta os folículos ovarianos, oócitos e embriões. Dietas com altas concentrações de energia, como a de alta energia, produzem propionato, um ácido graxo volátil que serve como principal substrato gliconeogênico em ruminantes, podendo melhorar o desenvolvimento embrionário e a produção de progesterona.

Financeiramente, o plano nutricional de alta energia, que continha entre 19 e 26% mais energia metabolizável, resultou em melhores margens bruta e líquida, mais que dobrando os resultados do grupo controle. Isso se deve ao maior rendimento na produção de embriões nos três cenários de produção: transferência direta (DT), vitrificados e a fresco (Tabela 4).

O custo adicional do plano de alta energia foi de R\$ 2,40 por animal/dia, resultando em um valor total adicional de R\$ 307,96 durante toda a fase (Tabela 1). No entanto, o investimento se mostrou vantajoso devido ao aumento significativo na eficiência reprodutiva e no retorno financeiro da produção de embriões.

As diferentes técnicas de produção de embriões devem estar disponíveis aos criadores para atender à realidade de cada propriedade, considerando a disponibilidade de receptoras e de mão de obra qualificada, com laboratórios próximos à fazenda ou não. Com o objetivo de oferecer alternativas para a escolha da melhor técnica que se adeque à demanda, na Tabela 3, são apresentados os valores unitários do embrião, o uso de dieta com alta energia e a de controle e os custos de embriões a fresco, com orçamento de dois prestadores de serviços. Esse

valor pode variar em função da demanda regional, do número de animais aspirados e da escala de produção na fazenda/laboratório.

Para utilizar os embriões a fresco, as receptoras devem estar previamente sincronizadas para receber o embrião produzido pelas matrizes doadoras. O embrião vitrificado custa 86% a mais do que o a fresco porque necessita do processo de congelamento e descongelamento em laboratório; entretanto, entrega excelentes resultados de prenhez. O custo do embrião criopreservado para transferência direta é maior; no entanto, no momento da transferência, simplifica o processo, eliminando a necessidade do laboratório. Para os três procedimentos de produção de embrião, o custo foi maior no plano alimentar de alta energia em função do rendimento dos embriões nesse grupo. Em média, cada novilha pré-púbere do grupo de alta energia produziu 3,2 embriões a mais do que as do grupo controle, resultando em um maior custo de produção nesse tratamento.

O custo maior da alimentação no grupo de alta energia era esperado. A maior taxa de produção de embriões viáveis conduziu a uma maior receita advinda desse grupo, equilibrando o custo elevado. Esse resultado está de acordo com Barbosa e Souza (2007), que relataram que as biotecnologias da reprodução estão associadas ao aumento dos custos operacionais; entretanto, há aumento da qualidade e quantidade de embriões, o que pode diluir os custos e favorecer maiores margens.

Tabela 3. Custo, em reais, de embriões produzidos por diferentes técnicas considerando o rendimento de embriões advindos de novilhas alimentadas com planos alimentares controle e alta energia. Planaltina, DF.

Produção in vitro de embriões	Custo		
	Controle	Alta energia	
	(R\$)		
Número de embriões/doadora	–	3,6	6,8
Embrião FIV ⁽¹⁾	90	323	608
Embrião a fresco	75	269	506
Embrião vitrificado	140	502	945
Embrião criopreservado DT ⁽²⁾	160	574	1.080

⁽¹⁾ FIV = fecundação in vitro.

⁽²⁾ DT = transferência direta.

Traço (–) = informação não aplicável.

Na Tabela 4, são apresentadas as estimativas de custo, receita, margem bruta e líquida para a produção de embriões de novilhas pré-púberes em dois planos nutricionais denominados Alta Energia e Controle, em três cenários. O primeiro cenário utiliza

embriões criopreservados para transferência direta (DT), o segundo cenário com embriões vitrificados, e o terceiro cenário com embriões a fresco. Nesses três cenários, a estimativa inclui o custo dos embriões mais a nutrição, considerando os demais custos

fixos e os desembolsos iguais nos dois tratamentos, como sêmen, preço da aspiração por doadora e demais itens necessários ao processo.

Considerando os dados da resposta reprodutiva desses tratamentos apresentados por Toledo et al. (2023), a produção média de embriões por doadora pré-púbere foi de 3,6 no controle e 6,8 no grupo de fêmeas pré-púberes alimentadas com alta energia. Esse resultado foi fundamental para uma diferença de 1,7 vezes a mais na receita do plano alimentar alta energia (Tabela 4). Desse modo, o resultado da produção de embriões influenciou e foi determinante na obtenção de margens positivas para o plano alimentar alta energia.

Para os três cenários de produção de embriões, o custo da alimentação e da mão de obra no plano alimentar alta energia foi 29 e 36% maior do que no controle. Essa diferença pode ser atribuída ao consumo de 11 kg de silagem de milho e 1 kg de concentrado, associado a uma hora-homem a mais de trabalho nesse tratamento no período da seca, e ao maior consumo de concentrado no período chuvoso (1,22 kg). A importância desses cálculos, segundo Guiducci et al. (2012), é fornecer subsídios para a tomada de decisão mais assertiva por parte do produtor rural.

Tabela 4. Custo total, receita e margens da produção de embriões criopreservados para transferência direta, vitrificados e a fresco e da alimentação de doadoras pré-púberes com planos nutricionais de alta energia e controle em Planaltina, DF.

Plano alimentar	Embrião criopreservado DT ⁽¹⁾		Embrião vitrificado		Embrião fresco	
	Controle	Alta energia	Controle	Alta energia	Alta energia	Alta energia
	(R\$)					
Custo alimentação	926,47	1.194,41	926,47	1.194,41	926,47	1.194,41
Custo de indução da puberdade de doadoras	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
Custo com mão de obra	110,86	150,88	110,86	150,88	110,86	150,88
Custo com sanidade e outros	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20
Custo Embriões	574,00	1.080,00	502,00	945,00	232,00	608,00
Custo total (reprodução alimentação, mão de obra e outros por doadora)	1.628,53	2.442,49	1.556,85	2.307,49	1.286,53	1.970,49
Receita	2.260,59	4.002,35	2.260,59	4.002,35	2.260,59	4.002,35
Margem bruta	632,06	1.559,86	703,74	1.694,86	974,06	2.031,86
Remuneração do custo	69,21	103,81	66,16	98,06	54,68	83,75
Margem líquida	562,85	1.456,06	637,57	1.596,79	919,38	1.948,12

⁽¹⁾DT = transferência direta.

Para as condições experimentais, a margem bruta no tratamento de alta energia durante a recria foi 2,7 vezes maior do que no controle para embriões DT, 2,6 vezes maior para vitrificados e 2,1 vezes maior para embriões a fresco. O lucro operacional ou margem líquida do plano alimentar de alta energia foi 2,8, 2,7 e 2,2 vezes maior do que no plano alimentar controle para embriões DT, vitrificados e a fresco, respectivamente.

A adoção de dieta com alta energia em novilhas pré-púberes apresenta quantitativamente maiores taxas de produção de embriões, tanto a fresco quanto criopreservados. As maiores margens brutas e líquidas dos embriões a fresco decorrem do menor custo de produção; entretanto, é necessário

otimizar o número de receptoras sincronizadas para a transferência a fresco.

Quando se comparam os tipos de produção de embriões dentro do plano alimentar de alta energia, as maiores margens foram da produção a fresco. A margem líquida dos embriões vitrificados e criopreservados DT foi 18 e 25% menor do que a dos embriões a fresco, respectivamente.

A escolha do tipo de embrião a ser produzido ou adquirido depende da localização e disponibilidade de tecnologia, mão-de-obra especializada, número de receptoras sincronizadas ou laboratório que possa atender conforme a demanda. Nos três cenários avaliados, a produção de embriões de fêmeas

pré-púberes com maior nível nutricional apresenta-se financeiramente mais vantajosa.

A dieta de alta energia é indicada para novilhas pré-púberes de alto valor genético quando se deseja antecipar aspirações foliculares e aumentar a produção de embriões in vitro. Entretanto, segundo Perry (2012) e Ferraz et al. (2018), os resultados reprodutivos têm efeitos diversos, como fatores individuais, genéticos, raça, idade, nutrição da mãe, escore de condição corporal e estação do ano. Tudo isso influencia nas ondas foliculares, dominância de folículo e níveis hormonais. Mesmo em um grupo homogêneo de animais, a variabilidade na resposta é esperada. Dessa forma, a taxa de produção de embriões no grupo de alta energia de 29,7% no trabalho de Toledo et al. (2023), que foi a base para a avaliação financeira deste estudo, pode ter influência de todos esses fatores.

A hipótese do estudo foi confirmada: mesmo com maior custo operacional, o plano alimentar de alta densidade energética apresentou maiores receita, margem bruta e lucro operacional.

São necessários estudos mais completos, considerando diferentes cenários de preços e análise de sensibilidade, para identificar o ponto de equilíbrio ou ponto ótimo de concentração energética e proteica, bem como o consumo que traduza em maior resultado reprodutivo na produção de embriões de novilhas pré-púberes, sem prejudicar o crescimento, a fisiologia animal e, conseqüentemente, a reprodução.

Conclusões

- 1) O fornecimento de planos nutricionais com maior concentração de energia é indicado para a criação de novilhas Nelore pré-púberes de alto valor agregado quando o objetivo é antecipar a aspiração de doadoras para acelerar o ganho genético.
- 2) Novilhas Nelore pré-púberes alimentadas com dieta de alta energia têm 77% a mais de receita com a produção de embriões quando comparadas à dieta controle.
- 3) Os custos de produção do plano alimentar de alta energia foram maiores, mas apresentaram maiores margens em função da maior receita e das maiores taxas de produção de embriões do que no plano alimentar controle.
- 4) A produção de embriões a fresco apresenta maiores margens quando comparada à vitrificação e à criopreservação DT. Pode ser a técnica de eleição quando há disponibilidade de

laboratório próximo, receptoras sincronizadas e mão de obra qualificada para a execução.

Referências

- BARBOSA, F. A.; SOUZA, R. C. **Administração de fazendas de bovinos: leite e corte**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 342 p.
- BELTRAME, R. T.; QUIRINO, C. R.; BARIONI, L. G.; LIMA, V. F. M. H. Simulação e análise econômica da produção in vivo e in vitro de embriões em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 11, p. 1513-1520, dez. 2010.
- CASTRO, E. R.; TEIXEIRA, E. C.; FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. L. Teoria dos Custos. In: SANTOS, M. L.; LÍRIO, V. S.; VIEIRA, W. C. **Microeconomia Aplicada**. Viçosa, MG: Suprema, 2009. p. 272- 274.
- DAVIS, T. C.; AMIRALTA, K. E.; STEWART, J. W.; CLEASON, C. B.; DIAS, N. W.; TIMLIN, C. L.; SEEKFORD, C. K.; EALY, A. D.; MERCADOR, V. R. G.; WHITE, R. R. Effect of dietary energy source on pregnancy rates and reproductive physiology of pastured beef heifers. **Frontiers Animal Science**, v. 4, n. 1, p. 1–10, 2023.
- DODE, M. A. N.; LEME, L. O.; SPRICIGO, J. F. W. Criopreservação de embriões produzidos in vitro. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, n. 2, p. 145-150, abr./jun. 2013.
- FERRAZ, M. V. C.; PIRES, A. V.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; OLIVEIRA, G. B. D. M.; POLIZEL, D. M.; BIEHL, M. V.; SARTORI, R.; NOGUEIRA, G. P. A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **Animal**, v. 12, p. 569-574, 2018.
- GUIDUCCI, R. do C. N.; ALVES, E. R. de A.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. Aspectos metodológicos da análise de viabilidade econômica de sistemas de produção. In: GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. (ed.). **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N., DULLEY, R. R., OKAWA, M.; PEDROSO, L. A. Metodologia de custo de cálculo de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, n. 23, v. 1. p. 123-39, 1976.

MISZURA, A. A.; FERRAZ, M. V. C.; CARDOSO, R. C.; POLIZEL, D. M.; OLIVEIRA, G. B.; BARROSO, J. P. R.; LOBATO, L. G. M.; NOGUERIA, G. P.; BIAVA, J. S.; FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V. Implications of growth rates and compensatory growth on puberty attainment in Nelore heifers. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 74, p.106526, 2021.

MUELLER, M. L.; VAN EENENNAAM, A. L. Synergistic power of genomic selection, assisted reproductive technologies, and gene editing to drive genetic improvement of cattle. **CABI Agriculture and Bioscience**, v. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00080>.

PELLEGRINO, C. A. G. **Avaliação econômica da produção in vitro de embriões bovinos de diferentes grupos genéticos em sistema comercial**. 127 f. 2013. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte. 2013. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SMOC-A39NL6/1/tesecarlospellegrino_281013_...pdf Acesso em: 1 out. 2024.

PERRY, G. A. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p.1172-1182, 2012.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: Ed. da Ufla/Faepe, 2007.

TOLEDO, R. B. de; FARIA, O A. C. de; LEME, L. O.; MAGNABOSCO, C. de U.; GUIMARAES JUNIOR, R.; EIFERT, E. da C.; SANTOS, I. R. dos; OLIVEIRA, R. V.; DODE, M. A. N.; MALAQUIAS, J. V.; PIVATO, I.; MARTINS, C. F. Effect of food supplementation on in vitro embryo production and growth performance in prepubertal Nelore heifers. **Animal Biotechnology**, v. 34, n. 7, 2023.

VALADARES FILHO, S. C.; LOPES, S. A.; CHIZZOTTI, M. L. **BR Corte: Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred**. 3rd ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV: DZO, 2016. 314 p. Disponível em: <https://brcorte.com.br/livro2016en>. Acesso em: 3 set. 2024.