

Influência da nutrição na taxa de prenhez em receptoras de embrião bovino: revisão narrativa

Influence of nutrition on pregnancy rate in bovine embryo recipients

Ana Clara Azola Marques¹ e Érika de Fátima Carvalho¹

¹Universidade Professor Edson Antônio Velano – UNIFENAS, Faculdade de Medicina Veterinária, Alfenas, Minas Gerais, Brasil

¹Rodovia MG-179 Km 0, s/n, Alfenas, Minas Gerais, Brasil. Cel: (35) 99813-2274

Resumo

A transferência de embriões (TE) em bovinos é uma biotecnologia amplamente utilizada para acelerar o ganho genético e a produtividade dos rebanhos, sendo o manejo nutricional das fêmeas receptoras um dos principais fatores determinantes para o sucesso reprodutivo. Este estudo teve como objetivo revisar a influência dos aspectos nutricionais sobre a taxa de prenhez em receptoras de embrião bovino, com ênfase nos macronutrientes (proteínas, carboidratos e lipídeos), micronutrientes (minerais e vitaminas), escore de condição corporal (ECC) e equilíbrio metabólico. Evidências indicam que receptoras com ECC entre 2,75 e 3,5 (escala de 1 a 5) apresentam melhores taxas de prenhez, enquanto desequilíbrios nutricionais, especialmente balanço energético negativo e excesso proteico, estão associados à redução da função luteal, alterações no ambiente uterino e aumento da mortalidade embrionária. A adequada oferta de energia e proteína, aliada ao equilíbrio mineral e vitamínico, contribui para a manutenção da ciclicidade ovariana e da secreção de progesterona, fatores essenciais para a sobrevivência embrionária. Conclui-se que o manejo nutricional estratégico, ajustado às exigências fisiológicas e ao tipo genético das receptoras, é fundamental para maximizar a eficiência dos programas de TE.

Palavras-chave: condição corporal; metabolismo energético; nutrição de ruminantes; reprodução animal; transferência de embriões.

Abstract

Embryo transfer (ET) in cattle is a widely used biotechnology to accelerate genetic gain and herd productivity, and the nutritional management of recipient females is a key factor for reproductive success. This study aimed to review the influence of nutritional aspects on pregnancy rates in bovine embryo recipients, focusing on macronutrients (proteins, carbohydrates, and lipids), micronutrients (minerals and vitamins), body condition score (BCS), and metabolic balance. Evidence indicates that recipients with a BCS between 2.75 and 3.5 (scale from 1 to 5) show higher pregnancy rates, whereas nutritional imbalances, particularly negative energy balance and excess protein intake, are associated with reduced luteal function, alterations in the uterine environment, and increased embryonic mortality. Adequate energy and protein supply, combined with proper mineral and vitamin balance, contributes to the maintenance of ovarian cyclicity and progesterone secretion, which are essential for embryo survival. It is concluded that strategic nutritional management, adjusted to physiological requirements and genetic type of recipients, is fundamental to maximize the efficiency of ET programs.

Keywords: body condition score; energy metabolism; ruminant nutrition; animal reproduction; embryo transfer.

Introdução

O Brasil ocupa posição de destaque na produção de embriões bovinos, com mais de 180 mil embriões produzidos em 2024, segundo dados da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ, 2024). Esse cenário reflete o avanço das biotecnologias reprodutivas e a ampla utilização da transferência de embriões (TE) como estratégia para acelerar o ganho genético e aumentar a produtividade dos rebanhos (Baruselli et al., 2006).

Apesar de sua ampla adoção, a eficiência da TE é influenciada por diversos fatores, dentre os quais se destaca o manejo das fêmeas receptoras, especialmente em relação ao seu estado nutricional. A nutrição

*Correspondência: carvalhoerika820@gmail.com

Recebido: 25/02/2026

Aceito: 27/04/2026

exerce papel determinante sobre o metabolismo energético e o equilíbrio hormonal, influenciando a função ovariana, a qualidade do ambiente uterino e a manutenção da gestação inicial (Bemfica, 2017; Butler, 1998; Detmann et al., 2014).

Nesse contexto, desequilíbrios nutricionais, especialmente relacionados à energia, proteína e minerais, estão associados a alterações na atividade reprodutiva, comprometendo a ciclicidade ovariana e a manutenção da gestação (Mertens, 1997; NRC, 2001; Niciura, 2008; Sartori; Barros, 2011; Schwab, 2000; Thatcher et al., 2006). Entretanto, observa-se que, na prática, programas de TE ainda priorizam protocolos hormonais, enquanto o manejo nutricional é frequentemente subestimado (Detmann et al., 2016).

Diante desse cenário, torna-se fundamental integrar estratégias nutricionais aos programas de manejo reprodutivo, considerando as particularidades fisiológicas das receptoras e as condições dos sistemas produtivos. Assim, o presente estudo tem como objetivo unificar a informação do nível mínimo de proteína, energia e principais macrominerais na dieta de receptoras de embrião, a fim de promover uma influência positiva da nutrição sobre a taxa de prenhez em fêmeas bovinas receptoras de embrião.

Material e métodos

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa de literatura, com o objetivo de reunir, analisar e discutir criticamente evidências científicas relacionadas à influência da nutrição sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas bovinas receptoras de embrião.

A busca bibliográfica foi realizada entre março e abril de 2025 nas bases de dados PubMed, Web of Science, Scopus, SciELO e Google Scholar. Para a estratégia de busca, foram utilizados descritores padronizados exclusivamente em inglês, a fim de garantir maior abrangência e recuperação de estudos internacionais. Os principais termos empregados incluíram: *ruminant nutrition*, *bovine reproduction*, *embryo transfer*, *embryo recipient*, *body condition score*, *progesterone*, *energy balance* e *embryo survival*, combinados por operadores booleanos (AND, OR).

Não foi estabelecido recorte temporal para inclusão dos estudos, considerando a relevância de trabalhos clássicos na área de nutrição de ruminantes e fisiologia reprodutiva, os quais ainda fundamentam o conhecimento atual. No entanto, buscou-se priorizar a inclusão de estudos mais recentes, de modo a contemplar avanços científicos e atualizações conceituais.

Foram incluídos artigos originais, revisões de literatura, livros e capítulos de livros publicados em português, inglês ou espanhol, disponíveis na íntegra, que abordassem a relação entre nutrição e desempenho reprodutivo em bovinos, com ênfase em receptoras de embrião. Foram excluídos estudos que não apresentavam relação direta com o tema, trabalhos com acesso restrito ao texto completo e pesquisas envolvendo outras espécies sem aplicabilidade ao contexto bovino.

Os estudos selecionados foram analisados de forma descritiva e interpretativa, sendo organizados por eixos temáticos, como fisiologia reprodutiva, balanço energético, macronutrientes, micronutrientes e escore de condição corporal, com o objetivo de integrar os achados e promover uma compreensão mais abrangente da influência nutricional sobre a taxa de prenhez em programas de transferência de embriões.

Referencial Teórico

Fisiologia reprodutiva em fêmeas bovina

A eficiência reprodutiva em fêmeas bovinas é regulada pelo eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, cuja atividade é altamente sensível ao estado metabólico do animal (Guáqueta, 2009; Niciura, 2008; Thatcher et al., 2006). A secreção de GnRH pelo hipotálamo controla a liberação de LH e FSH pela hipófise, hormônios essenciais para a dinâmica folicular e ovulação (Bemfica, 2017; Guáqueta, 2009; Thatcher et al., 2006).

Evidências indicam que o escore de condição corporal e a disponibilidade de energia modulam a atividade desse eixo por meio de sinais metabólicos, como insulina, IGF-I e leptina, que atuam sobre o hipotálamo, especificamente via neurônios produtores de kisspeptina, que funcionam como o mediador central integrando o estado metabólico à liberação pulsátil de GnRH, alterando assim sua frequência de pulsos (Cardoso, 2018; Hipólito, 2018; Ferreira et al., 2016; Gonçalves et al., 2018; Lima et al., 2009; Williams, 2010). Dessa forma, o equilíbrio nutricional é determinante para a transição do anestro à ciclicidade ovariana e para o adequado funcionamento luteal (Ferreira et al., 2016; Gonçalves et al., 2018).

Em receptoras de embrião, a sensibilidade do eixo reprodutivo às variações nutricionais assume

papel ainda mais relevante, uma vez que a manutenção da gestação inicial depende de adequada secreção de progesterona e estabilidade do ambiente uterino (Thatcher et al., 2006; Ferreira et al., 2016). Estudos indicam que alterações no metabolismo energético podem impactar a função luteal de forma mais pronunciada do que previamente descrito.

A relação entre estado nutricional e fisiologia reprodutiva em fêmeas bovinas está diretamente associada aos mecanismos metabólicos que regulam o eixo hipotálamo-hipófise-gônadas. Em condições de balanço energético negativo (BEN), a redução nas concentrações de insulina e leptina acarreta uma menor estimulação dos neurônios Kiss1 (Hipólito, 2018). A diminuição do tônus de kisspeptina resulta na falha de sinalização para os neurônios de GnRH, o que compromete a secreção pulsátil de LH e, consequentemente, o crescimento folicular e a função luteal (Hipólito, 2018; Williams; Amstalden, 2010; Sartori; Barros, 2011). Essa condição resulta em menor produção de progesterona pelo corpo lúteo, hormônio essencial para a manutenção do ambiente uterino adequado à sobrevivência embrionária (Thatcher et al., 2006).

Além disso, alterações no metabolismo energético podem reduzir a qualidade oocitária e comprometer a competência embrionária, evidenciando que a nutrição não apenas influencia a ciclicidade ovariana, mas também exerce papel determinante na manutenção da gestação inicial (Butler, 1998; Ferreira et al., 2016). Dessa forma, o adequado equilíbrio metabólico das receptoras constitui um fator essencial para a eficiência reprodutiva em programas de transferência de embriões.

Anatomia, Ciclo estral e Dinâmica folicular em Fêmeas Bovinas

O sucesso da transferência de embriões em fêmeas bovinas depende da integridade anatômica e funcional do trato reprodutivo, especialmente do útero, responsável pela manutenção do ambiente adequado ao desenvolvimento embrionário (Niciura, 2008; Thatcher et al., 2006). Alterações morfofisiológicas uterinas podem comprometer a fixação embrionária e a manutenção da gestação, mesmo quando os protocolos hormonais são corretamente aplicados (Guáqueta, 2009; Niciura, 2008).

Nesse contexto, a avaliação reprodutiva das receptoras deve integrar os critérios de seleção, assegurando adequada conformação uterina e funcionalidade do sistema reprodutivo, fatores essenciais para a obtenção de elevadas taxas de prenhez em programas de transferência de embriões (Niciura, 2008; Van Soest, 1994; Thatcher et al., 2006).

O ciclo estral de fêmeas bovinas apresenta duração média de 21 dias e é regulado por mecanismos endócrinos que envolvem a alternância entre a fase folicular, dominada pelo estrógeno, e a fase lútea, dominada pela progesterona (Niciura, 2008; Van Soest, 1994; Thatcher et al., 2006). A regularidade desse ciclo e a adequada função luteal são determinantes para o sucesso reprodutivo em programas de transferência de embriões (Niciura, 2008; Thatcher et al., 2006).

Evidências indicam que o estado nutricional exerce influência direta sobre a dinâmica do ciclo estral, especialmente por da disponibilidade de metabólitos que modulam a secreção hormonal (Niciura, 2008; Van Soest, 1994). Em condições de balanço energético negativo, observa-se aumento da incidência de anestro, alterações na duração do diestro e comprometimento da função luteal, reduzindo as taxas de prenhez (Niciura, 2008; Thatcher et al., 2006).

Em sistemas tropicais, essas alterações podem ser intensificadas pela sazonalidade da oferta de nutrientes (Van Soest, 1994; Niciura, 2008). Além disso, diferenças genéticas entre fêmeas taurinas e zebuínas resultam em padrões distintos de secreção hormonal e duração do estro, aspecto que deve ser considerado no manejo nutricional e na sincronização de receptoras de embrião (Niciura, 2008; Guáqueta, 2009).

O desenvolvimento folicular em fêmeas bovinas ocorre de forma ondulatória, caracterizado pelo crescimento simultâneo de múltiplos folículos, dos quais apenas um se estabelece como dominante, enquanto os demais sofrem atresia (Baruselli et al., 2006; Niciura, 2008). A seleção do folículo dominante depende da interação entre gonadotrofinas e esteroides ovarianos, culminando na ovulação e subsequente formação do corpo lúteo, responsável pela secreção de progesterona (Niciura, 2008; Mello, 2009; Sartori, 2011).

Evidências demonstram que a dinâmica folicular é fortemente modulada pelo estado nutricional e metabólico das fêmeas (Baruselli et al., 2006; Pereira et al., 2013). Em condições de balanço energético negativo, observa-se redução na pulsatilidade de LH e na sensibilidade das células da granulosa ao FSH, comprometendo a maturação folicular, a qualidade oocitária e a função luteal subsequente.

Diferenças no padrão de crescimento folicular e na secreção de estradiol entre fêmeas de aptidão

leiteira e de corte indicam que respostas endócrinas distintas devem ser consideradas no manejo nutricional e na seleção de receptoras de embrião (Niciura, 2008; Fonseca, 2017). Dessa forma, a eficiência dos programas de sincronização e transferência de embriões depende da integração entre fisiologia folicular e estratégias nutricionais adequadas, visando garantir condições endócrinas favoráveis à ovulação e à manutenção da gestação inicial (Baruselli et al., 2006; Sartori, 2011).

A adequada dinâmica folicular e a funcionalidade do corpo lúteo no momento da transferência embrionária são determinantes para o sucesso da gestação, uma vez que influenciam diretamente a secreção de progesterona e a receptividade uterina. Evidências indicam que receptoras com corpo lúteo bem desenvolvido apresentam maiores taxas de prenhez, enquanto alterações na dinâmica folicular, frequentemente associadas a desequilíbrios nutricionais, comprometem a qualidade oocitária e a competência embrionária (Sartori; Barros, 2011; Thatcher et al., 2006). Do ponto de vista prático, a sincronização adequada do ciclo estral aliada a um manejo nutricional que favoreça o equilíbrio metabólico, especialmente no período pré-transferência, contribui para a formação de um ambiente uterino mais estável e propício à sobrevivência embrionária (Ferreira et al., 2016; Detmann et al., 2016). Dessa forma, a integração entre fisiologia reprodutiva e nutrição torna-se essencial para maximizar os índices de prenhez em programas de transferência de embriões bovinos.

Nutrição de Ruminantes

A nutrição exerce papel central na eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas receptoras de embrião, uma vez que o estado nutricional influencia diretamente o balanço energético, o metabolismo endócrino e o ambiente uterino. Dietas inadequadas, seja por deficiência ou excesso de nutrientes, podem comprometer a função ovariana, a secreção de progesterona e a sobrevivência embrionária, reduzindo as taxas de prenhez (Detmann et al., 2016; NRC, 2001; Valadares Filho et al., 2023).

Embora os princípios da nutrição de ruminantes estejam bem estabelecidos, observa-se na prática a adoção de dietas padronizadas, muitas vezes formuladas com base em exigências de vacas de alta produção, sem considerar as particularidades fisiológicas das receptoras. Vacas de aptidão leiteira apresentam maior demanda energética e metabolismo hepático mais acelerado, enquanto vacas de corte priorizam a deposição e mobilização de reservas corporais, apresentando menor turnover metabólico (Williams, 2010; NRC, 2001). Essa diferenciação torna indispensável o ajuste nutricional conforme a categoria fisiológica e o tipo genético das receptoras, evitando desequilíbrios metabólicos que possam comprometer a eficiência reprodutiva (Detmann et al., 2016; Valadares Filho et al., 2023).

Apesar do avanço no entendimento da relação entre nutrição e reprodução em bovinos, observa-se que grande parte dos estudos apresenta caráter predominantemente descritivo, com limitada integração entre os achados metabólicos e os desfechos reprodutivos (Butler, 1998; Sartori et al., 2011). De forma convergente, diversos autores apontam que o balanço energético negativo compromete a atividade do eixo hipotálamo-hipófise-gônadas, reduzindo a secreção de GnRH e, consequentemente, a liberação de LH, o que impacta diretamente a função luteal e a produção de progesterona (Williams; Amstalden, 2010; Sartori; Barros, 2011). Entretanto, há divergências quanto à magnitude desse efeito, especialmente entre fêmeas de aptidão leiteira e de corte, indicando que fatores como genética, nível produtivo e manejo alimentar modulam essa resposta (Butler, 1998; Detmann et al., 2016).

Do ponto de vista fisiológico, o déficit energético promove alterações nas concentrações de insulina, IGF-I e leptina, reduzindo a sensibilidade ovariana às gonadotrofinas e comprometendo a formação e manutenção do corpo lúteo (Williams; Amstalden, 2010; Ferreira et al., 2016). Como consequência, ocorre redução da concentração plasmática de progesterona, hormônio essencial para a preparação e manutenção do ambiente uterino, afetando negativamente a sobrevivência embrionária nos estágios iniciais da gestação (Sartori; Barros, 2011; Thatcher et al., 2006). Além disso, dietas com excesso de proteína podem elevar os níveis de ureia circulante, alterando o pH uterino e prejudicando o desenvolvimento embrionário (Butler, 1998; NRC, 2001), o que reforça a necessidade de equilíbrio nutricional.

Sob a perspectiva prática, esses achados indicam que o manejo nutricional de receptoras deve priorizar a manutenção de um escore de condição corporal adequado, especialmente no período pré-transferência, fase crítica para o estabelecimento da gestação (Ferreira et al., 2016; Detmann et al., 2016). Estratégias que evitem oscilações metabólicas, como ajustes na densidade energética da dieta e suplementação mineral adequada, podem contribuir para a melhoria das taxas de prenhez (Valadares Filho et al., 2023). Contudo, ainda existem lacunas na literatura quanto à quantificação precisa do impacto de



diferentes estratégias nutricionais sobre os índices reprodutivos, bem como à interação entre nutrientes específicos e mecanismos endócrinos, evidenciando a necessidade de estudos mais integrados e aplicados à realidade dos sistemas tropicais de produção.

Proteínas

O fornecimento adequado de proteína é essencial para garantir a manutenção do escore corporal, a síntese hormonal e a qualidade do ambiente uterino em receptoras de embrião. Tanto a deficiência quanto o excesso proteico exercem efeitos deletérios sobre a fertilidade (Van Soest, 1994; NRC, 2001; Church, 1993). Dietas deficientes reduzem a síntese de proteína microbiana e o aporte de aminoácidos essenciais, enquanto dietas hiperproteicas elevam os níveis de ureia no sangue, alteram o pH uterino e reduzem a viabilidade embrionária (Butler, 1998; NRC, 2001).

Estudos demonstram que concentrações elevadas de ureia plasmática estão associadas à redução das taxas de concepção, especialmente quando receptoras recebem dietas formuladas para vacas de alta produção (Butler, 1998; NRC, 2001). Assim, recomenda-se que o teor proteico das dietas seja ajustado de acordo com o escore corporal, o estágio fisiológico e o tipo genético das fêmeas, mantendo-se teores de proteína bruta entre 7% e 9% da matéria seca para manutenção e gestação, ou entre 10% e 12% da matéria seca para fêmeas em lactação, priorizando o equilíbrio entre proteína degradável e não degradável no rúmen e evitando excessos que comprometam o desempenho reprodutivo (Detmann et al., 2016; Valadares Filho et al., 2023; BR-CORTE, 2023; NASEM, 2021).

Carboidratos

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia para bovinos e exercem influência direta sobre o balanço energético e a função reprodutiva. O equilíbrio entre carboidratos estruturais e não estruturais é fundamental para manter a estabilidade do ambiente ruminal e garantir adequada produção de energia metabolizável (NRC, 2001; Van Soest, 1994).

Dietas com excesso de carboidratos rapidamente fermentáveis podem induzir acidose ruminal subclínica, reduzindo o consumo de matéria seca e comprometendo a secreção de progesterona, fator essencial para a manutenção da gestação inicial. Em receptoras de embrião, tais alterações metabólicas estão associadas à redução da sobrevivência embrionária e da taxa de prenhez (NRC, 2001; Valadares Filho et al., 2023; Van Soest, 1994; Williams, 2010). Dessa forma, o manejo energético deve buscar o equilíbrio entre oferta de energia e saúde ruminal, ajustando a dieta conforme o escore corporal e a fase reprodutiva das fêmeas (Van Soest, 1994; Williams, 2010). Para mitigar riscos metabólicos, recomenda-se limitar o teor de carboidratos não fibrosos (CNF) a um máximo de 35% a 40% da matéria seca, garantindo que a densidade energética total (NDT) permaneça entre 55% e 62%, patamar que sustenta a função endócrina sem desencadear picos glicêmicos prejudiciais ao ambiente uterino (NASEM, 2021; BR-CORTE, 2023).

Lipídeos

A suplementação lipídica tem sido utilizada como estratégia para aumentar a densidade energética da dieta, especialmente em situações de maior exigência metabólica. Além de fornecer energia, os lipídeos participam da modulação de processos hormonais e inflamatórios relacionados à reprodução (NRC, 2001; Baruselli et al., 2006; Bemfica, 2017).

O Quadro 1 resume as recomendações práticas segundo a categoria animal.

Quadro 1: Recomendação de inclusão de gordura em dietas de ruminantes

Categoria animal	Gordura total na MS	Gordura suplementar recomendada	Tipo recomendado
Vacas em lactação	6–7%	2–3%	Sais de AGs, gordura protegida
Novilhas em crescimento	Até 5%	Até 2%	Gordura vegetal protegida
Bovinos de corte	Até 4%	1–2%	Óleo de soja, gordura animal

Fonte: Adaptado de NRC (2001) e NASEM (2021).



Evidências indicam que fontes de gordura protegida podem melhorar a qualidade oocitária, a função luteal e a taxa de prenhez, por meio da modulação da secreção de prostaglandinas e esteroides (Jenkins, 1993; NRC, 2001; Detmann et al., 2016). No entanto, a inclusão excessiva de lipídeos pode reduzir o consumo de matéria seca e a digestibilidade da fibra, gerando efeitos adversos sobre o metabolismo e a fertilidade (NRC, 2001; Detmann et al., 2016). Assim, a suplementação lipídica em receptoras de embrião deve ser criteriosa, priorizando fontes by-pass e respeitando os limites fisiológicos do rúmen.

Fibras

A fibra dietética exerce papel fundamental na manutenção da estabilidade ruminal e no equilíbrio metabólico de fêmeas bovinas, influenciando indiretamente o desempenho reprodutivo. A proporção e a efetividade física da fibra afetam o consumo de matéria seca, a produção de ácidos graxos voláteis e a homeostase do ambiente ruminal, fatores determinantes para o adequado suprimento energético (Van Soest, 1994; INRA, 2018).

Dietas com teores excessivamente baixos de fibra comprometem a estabilidade ruminal, podendo induzir distúrbios metabólicos que afetam o metabolismo da glicose e da insulina, com reflexos negativos sobre o eixo hipotálamo-hipófise-gônadas e a secreção de progesterona (Mertens, 1997; Nasem, 2021; Valadares Filho et al., 2023). Por outro lado, dietas com elevado teor de fibra de baixa digestibilidade reduzem a ingestão de energia, podendo prolongar períodos de anestro e comprometer a ciclicidade ovariana (INRA, 2018; Valadares Filho et al., 2023).

Em receptoras de embrião, o manejo adequado da fibra deve buscar o equilíbrio entre efetividade física e digestibilidade, assegurando ambiente ruminal estável sem limitar o aporte energético necessário à manutenção da função luteal e à sobrevivência embrionária (NASEM, 2021; Valadares Filho et al., 2023). Nesse sentido, as diretrizes recomendam que a dieta total contenha um teor mínimo de Fibra em Detergente Neutro (FDN) entre 25% e 28% da matéria seca, garantindo que pelo menos 15% a 20% deste total seja de fibra efetiva (FDNe) para estimular a mastigação e o tamponamento ruminal. Adicionalmente, deve-se priorizar forragens com alta digestibilidade da fibra potencialmente degradável (FDNpd), visando maximizar o consumo de energia sem causar o enchimento físico excessivo que limitaria a ingestão de nutrientes fundamentais à gestação (BR-CORTE, 2023; NASEM, 2021).

Micronutrientes

Os micronutrientes exercem papel essencial na eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas, atuando como cofatores enzimáticos, moduladores da esteroidogênese e agentes antioxidantes envolvidos na proteção de gametas e embriões. Desequilíbrios minerais e vitamínicos, mesmo em níveis subclínicos, podem comprometer a função ovariana, a luteinização e a manutenção da gestação inicial (McDowell, 2003).

Em sistemas de produção tropicais, deficiências de minerais como selênio, cobre e zinco são frequentes e estão associadas à redução da taxa de concepção e ao aumento da mortalidade embrionária precoce (McDowell, 2003). De forma complementar, a adequada suplementação vitamínica, especialmente de vitaminas A e E, contribui para a melhoria da qualidade oocitária, da função luteal e da estabilidade do ambiente uterino (NRC, 2001).

Dessa forma, o manejo mineral e vitamínico em receptoras de embrião deve ser preventivo e específico. Enquanto receptoras de corte requerem aportes moderados, como 25-35g de Cálcio e 15-20g de Fósforo (BR-CORTE, 2023), vacas leiteiras de alta produção demandam até o triplo desses valores (NASEM, 2021). Para o suporte embrionário, as diretrizes recomendam níveis diários de Zinco (250-350mg), Selênio (2-3,5mg) e aportes vitamínicos de 40.000 a 50.000 UI de Vitamina A e até 1.000 UI de Vitamina E, garantindo a proteção contra o estresse oxidativo (McDowell, 2003; NRC, 2001; BR-CORTE, 2023).

Quadro 2: Parâmetros nutricionais comparativos de macrominerais, microminerais e vitaminas para receptoras de corte e leite.

Nutriente	Receptora de Corte	Vaca Leiteira
Cálcio (Ca)	25 – 35 g	70 – 150 g
Fósforo (P)	15 – 20 g	40 – 70 g
Zinco (Zn)	250 – 350 mg	600 – 1000 mg
Selênio (Se)	2,0 – 3,5 mg	~ 0,3 mg/kg MS
Vit. A	40.000 – 55.000 UI	70.000 – 100.000 UI

Fonte: Adaptada do BR-CORTE 2023 e NASEM 2021.

Nota Técnica sobre a Aplicabilidade das Tabelas: É fundamental cautela ao utilizar as recomendações do NASEM (2021) em sistemas tropicais. Diferentemente do BR-CORTE (2023), que é formulado sobre o metabolismo de animais adaptados ao calor e solos com altos teores de Ferro (antagonista mineral), o NASEM baseia-se em animais de clima temperado e alta exportação mamária. Em condições tropicais, o uso rigoroso das métricas do NASEM pode levar a uma superalimentação mineral dispendiosa ou, inversamente, falhar em prever a baixa biodisponibilidade causada por interações minerais típicas de pastagens tropicais, comprometendo a saúde da receptora e a sobrevivência do embrião.

Interações entre Nutrientes e o Rúmen

A fermentação ruminal exerce papel central no aproveitamento dos nutrientes da dieta e na produção de metabólitos essenciais ao metabolismo energético e endócrino de fêmeas bovinas (Van Soest, 1994; Detmann et al., 2014). O equilíbrio entre carboidratos fibrosos e não fibrosos influencia diretamente a estabilidade do ambiente ruminal, determinando a eficiência da produção de ácidos graxos voláteis e de proteína microbiana (NRC, 2001; Mertens, 1997).

Dietas com elevado teor de nutrientes rapidamente fermentáveis podem comprometer a estabilidade ruminal, reduzindo a digestibilidade da fibra e o aporte energético disponível ao animal (Detmann et al., 2014; Detmann et al., 2016). Essas alterações metabólicas refletem-se negativamente na síntese hormonal e na função ovariana, afetando a manutenção da gestação inicial (NRC, 2001).

Assim, a integridade da microbiota ruminal deve ser considerada um dos pilares da eficiência reprodutiva em receptoras de embrião, uma vez que o equilíbrio fermentativo determina o fornecimento de energia e nitrogênio necessários à adequada secreção de progesterona e à sobrevivência embrionária (Van Soest, 1994; Mertens, 1997; NRC, 2001). Para manter essa estabilidade, a dieta deve garantir um aporte constante de nitrogênio amoniacal (mínimo de 8-10 mg/dL) em sincronismo com a oferta de energia, evitando picos glicêmicos que desestabilizem o pH. Além disso, a presença de fibra efetiva (FDNe) é indispensável para promover o tamponamento salivar, enquanto o suprimento de enxofre e cobalto atua como cofator essencial para a síntese de proteína microbiana e vitaminas do complexo B, garantindo o suporte metabólico à sobrevivência embrionária (NASEM, 2021; BR-CORTE, 2023).

Receptoras de Embrião: Conceito, Importância e Fatores Nutricionais

Na transferência de embriões, a fêmea receptora exerce papel determinante ao fornecer um ambiente uterino adequado à sobrevivência e ao desenvolvimento embrionário (Baruselli et al., 2006). Evidências indicam que o sucesso da técnica está diretamente relacionado ao estado nutricional e ao equilíbrio metabólico da receptora (Pereira et al., 2013).

Desequilíbrios nutricionais, especialmente relacionados ao balanço energético, comprometem a função luteal e reduzem a produção de progesterona, prejudicando a manutenção da gestação e aumentando as perdas embrionárias precoces (Lima et al., 2009). Deficiências minerais subclínicas, embora nem sempre interfiram na ovulação, podem afetar a receptividade uterina e resultar em falhas silenciosas na implantação embrionária (Spears, 1996).

A condição corporal constitui um indicador prático e confiável do estado nutricional das receptoras. Escores corporais extremos estão associados a maiores taxas de falhas reprodutivas, enquanto valores intermediários favorecem a resposta aos protocolos hormonais e a manutenção da gestação (Ferreira et al., 2016; Williams, 2010).

Apesar do reconhecimento da importância da receptora nos programas de transferência de embriões, observa-se que o manejo nutricional dessas fêmeas ainda é frequentemente conduzido de forma padronizada, sem considerar suas particularidades fisiológicas. Essa abordagem compromete a eficiência reprodutiva, reforçando a necessidade de manejo nutricional individualizado, contínuo e ajustado à categoria, ao tipo genético e à condição fisiológica das receptoras (Baruselli et al., 2006; Pereira et al., 2013).

Estratégias Nutricionais para Receptoras de Embrião

A suplementação nutricional em receptoras de embrião deve ser planejada de forma estratégica e integrada aos protocolos reprodutivos, considerando o escore de condição corporal, o equilíbrio metabólico e o momento fisiológico da fêmea. Evidências indicam que ajustes nutricionais realizados no período pré-

transferência influenciam diretamente a função luteal, a receptividade uterina e a manutenção da gestação inicial (NRC, 2001; Pereira et al., 2013; Souza et al., 2014).

Dietas inadequadas, seja por deficiência ou excesso energético, comprometem o metabolismo hormonal, alterando a produção de progesterona e a eficiência do corpo lúteo (Butler, 1998; Thatcher et al., 2006; Gonçalves et al., 2018). O excesso de energia, em especial, pode induzir resistência à insulina e prejudicar a receptividade uterina, enquanto deficiências nutricionais reduzem a disponibilidade de metabólitos essenciais à esteroidogênese e à sobrevivência embrionária (Thatcher et al., 2006).

Deficiências nutricionais também reduzem a disponibilidade de metabólitos essenciais à esteroidogênese e à sobrevivência embrionária. A carência subclínica de micronutrientes, como zinco, cobre e manganês, compromete a função ovariana, a luteinização e a manutenção do corpo lúteo, podendo resultar em falhas silenciosas na implantação embrionária (Spears, 1996; McDowell, 2003; Pereira et al., 2013).

Dessa forma, a suplementação deve ser conduzida como parte integrante do manejo reprodutivo, e não como intervenção isolada. A adoção de estratégias de nutrição de precisão, ajustadas à fisiologia e ao período reprodutivo das receptoras, é fundamental para maximizar as taxas de prenhez e reduzir perdas embrionárias (Ferreira et al., 2016; Sartori; Barros, 2011; Souza et al., 2014), conforme sintetizado na Tabela abaixo.

Quadro 3: Síntese dos efeitos de fatores nutricionais na função luteal e na sobrevivência embrionária.

Fator nutricional	Alteração fisiológica	Impacto reprodutivo
Balanco energético negativo	Diminuição da Insulina, IGF-1 e progesterona	Aumento perdas embrionárias precoces
ECC inadequado	Alterações metabólicas e hormonais	Redução na taxa de prenhez
Deficiência mineral subclínica	Comprometimento da esteroidogênese e imunidade	Falha de implantação embrionária
Dieta desequilibrada	Ambiente uterino desfavorável	Menor sobrevivência embrionária

Fonte: Adaptado de Butler (1998); Thatcher et al. (2006); Gonçalves et al. (2018); Ferreira et al. (2016); Sartori & Barros (2011); McDowell (2003); Spears (1996); Pereira et al. (2013); Baruselli et al. (2006); Souza et al. (2014).

Consequências da Má Alimentação sobre a Taxa de Prenhez

A taxa de prenhez em receptoras de embrião é diretamente influenciada pelo estado nutricional e metabólico no período pré e pós-transferência embrionária. Desequilíbrios energéticos, proteicos e minerais comprometem a função luteal, a receptividade uterina e a sobrevivência embrionária inicial, resultando em maiores perdas gestacionais (Baruselli et al., 2006; Pereira et al., 2013; Souza et al., 2014).

O balanço energético negativo reduz a disponibilidade de sinais metabólicos essenciais à manutenção da atividade reprodutiva, como insulina e IGF-1, culminando em menor produção de progesterona e aumento das perdas embrionárias precoces (Butler, 1998; Thatcher et al., 2006; Gonçalves et al., 2018). Da mesma forma, escores de condição corporal abaixo ou acima da faixa ideal estão associados a alterações metabólicas e hormonais que prejudicam a resposta aos protocolos hormonais e a manutenção da gestação (Ferreira et al., 2016a; Ferreira et al., 2016b; Sartori; Barros, 2011).

Deficiências minerais subclínicas, comuns em sistemas a pasto, afetam silenciosamente a esteroidogênese, a função imunológica e a qualidade do ambiente uterino, mesmo em fêmeas com ciclicidade aparente. Esses desequilíbrios nutricionais refletem-se diretamente na função luteal e na preparação do endométrio, tornando o ambiente uterino inadequado para a implantação embrionária (McDowell, 2003; Spears, 1996; Pereira et al., 2013). Assim, a má alimentação representa um dos principais fatores limitantes da eficiência reprodutiva em programas de transferência de embriões, reforçando a necessidade de manejo nutricional integrado e preventivo (Baruselli et al., 2006; Lima et al., 2009; Williams; Amstalden, 2010).

Conclusão

A presente revisão evidencia que o manejo nutricional constitui um dos principais determinantes



da taxa de prenhez em receptoras de embrião bovino, influenciando diretamente a função ovariana, a atividade luteal e a qualidade do ambiente uterino. Entre os fatores-chave, destacam-se o equilíbrio entre macronutrientes, especialmente energia e proteína, o adequado fornecimento de micronutrientes, como minerais e vitaminas, e o escore de condição corporal (ECC), sendo valores entre 2,75 e 3,5 associados a melhores resultados reprodutivos. Alterações como balanço energético negativo, excesso proteico e deficiências minerais comprometem a secreção de progesterona, a ciclicidade ovariana e a sobrevivência embrionária, resultando em redução das taxas de prenhez.

Do ponto de vista prático, ressalta-se a importância do manejo nutricional no período pré-transferência, fase crítica para a preparação metabólica das receptoras, bem como a necessidade de ajustes dietéticos contínuos ao longo do ciclo reprodutivo. A integração entre nutrição e protocolos hormonais deve ser priorizada nos programas de transferência de embriões, considerando as particularidades fisiológicas e genéticas dos animais, especialmente em sistemas de produção tropicais. Nesse contexto, ressalta-se que o manejo nutricional de receptoras em ambiente tropical exige uma integração crítica entre as diretrizes do NASEM (2021) e do BR-CORTE (2023). Enquanto o primeiro provê a base para o alto potencial produtivo de raças taurinas, o segundo ajusta essas exigências para a realidade metabólica de Zebuínos e mestiços sob condições de estresse térmico e solos tropicais. Portanto, a suplementação deve considerar que a alta concentração de ferro nas forragens locais atua como antagonista mineral, exigindo ajustes que as tabelas de países de clima temperado frequentemente não preveem.

Apesar dos avanços, a literatura ainda apresenta limitações quanto à quantificação precisa dos efeitos de diferentes estratégias nutricionais sobre a taxa de prenhez, bem como lacunas relacionadas à interação entre nutrientes específicos e mecanismos endócrinos. Assim, são necessários estudos experimentais mais robustos e padronizados que permitam consolidar recomendações práticas e aprimorar a eficiência reprodutiva em programas de transferência de embriões bovinos.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão ao orientador Humberto Luis Del Hoyo Neri, pelo suporte técnico, paciência e pelas orientações fundamentais que direcionaram este trabalho. Estendemos nossos agradecimentos às professoras Ana Patrícia Alvez Leão e Camila de Paula Magalhães, cujas dicas e esclarecimentos foram essenciais para iluminar nossas dúvidas e aprimorar a qualidade científica desta revisão.

Referências

- Baruselli PS, et al.** Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*. 2006;65:77–88.
- Bemfica GP.** Dinâmica folicular e hormônios da reprodução: revisão de literatura [Trabalho de Conclusão de Curso]. Ituverava: Faculdade Dr. Francisco Maeda; 2017.
- Butler WR.** Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci*. 1998;60–61:449–457.
- Cardoso RC, et al.** Nutrition-mediated changes in the expression of GnRH and kisspeptin in the hypothalamic-pituitary-ovarian axis of beef cows. *Journal of Animal Science*, v. 96, n. 4, p. 1450-1462, 2018.
- Church DC.** Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2nd ed. Oregon: O & B Books; 1993.
- Detmann E, et al.** Sistema brasileiro de avaliação de alimentos para bovinos de corte – BR-CORTE. 3ª ed. Viçosa (MG): UFV; 2016.
- Ferreira RM, et al.** Efeito da condição corporal na fertilidade de novilhas e vacas receptoras de embrião. *Rev Bras Reprod Anim*. 2016;40(1):10–15.
- Ferreira RM, et al.** The role of nutrition in the management of the dairy cow reproduction. *Anim Reprod*. 2016;13(3):123–134.
- Fonseca AP.** Puberdade e características da dinâmica folicular de novilhas F1 Holandês x Gir com fenótipos divergentes para consumo alimentar residual [Dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2017.
- Funston RN.** Fat supplementation and reproduction in beef females. *J Anim Sci*. 2004;82(E-Suppl):E154–E161.
- Gonçalves TM, et al.** Endocrine and metabolic responses in beef heifers with different body condition



scores. *Theriogenology*. 2018;115:34–42.

Guáqueta H. Ciclo estral: fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Rev Fac Med Vet Zootec*. 2009;56(3):163–183.

Hipólito, CB. Mecanismos neuroendócrinos e metabólicos envolvidos na regulação do eixo reprodutivo em fêmeas bovinas. 2018. 85 f. [Dissertação - Mestrado em Zootecnia] – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2018.

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Feeding system for ruminants: INRA-CNIEL. Paris: Editions Quae; 2018.

Jenkins TC. Lipid metabolism in the rumen. *J Dairy Sci*. 1993;76(12):3851–3863.

Lima FS, et al. Nutrition and reproduction in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2009;92(1):306–312.

McDowell LR. Minerais para ruminantes em pastagens tropicais. 3ª ed. Gainesville: University of Florida; 2003.

Mello LC. Dinâmica folicular de vacas de corte tratadas com três protocolos de sincronização da ovulação [Dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2009.

Mertens DR. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci*. 1997;80:1463–1481.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). Nutrient requirements of dairy cattle. 8th rev ed. Washington (DC): National Academies Press; 2021.

National Research Council (NRC). Nutrient requirements of beef cattle. 7th ed. Washington (DC): National Academy Press; 2000.

National Research Council (NRC). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Washington (DC): National Academy Press; 2001.

Niciura SCM. Anatomia e fisiologia da reprodução de fêmeas bovinas. In: Série Tecnologia APTA: Boletim Técnico IAC. Campinas: Instituto Agrônomico; 2008. p. 15–27.

Pereira MHC, et al. Impact of nutrition on oocyte quality, embryo development and fertility in beef cattle. *Anim Reprod*. 2013;10(3):230–237.

Sartori R, Barros CM. Reproductive efficiency in large dairy herds in Brazil. *Rev Bras Reprod Anim*. 2011;35(2):168–173.

Schwab CG, et al. Application of amino acid balancing to monogastric and ruminant species. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers; 2000; Syracuse. Ithaca: Cornell University; 2000. p. 170–189.

Souza AH, et al. Nutrition and reproduction in dairy cattle: Advances and challenges. *J Dairy Sci*. 2014;97:1–16.

Spears JW. Micronutrients and immune function in cattle. *Proc Nutr Soc*. 1996;55:613–621.

Thatcher WW, et al. Metabolic hormones and regulation of ovarian function. *Reprod Domest Anim*. 2006;41:27–37.

Valadares Filho SC, et al. BR-CORTE 2023: sistema brasileiro de avaliação de alimentos para bovinos de corte. 4ª ed. Viçosa (MG): UFV; 2023.

Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994.

Williams GL, Amstalden M. Reproductive neuroendocrine dysfunction in nutritionally anestrus beef cows: a review. *J Anim Sci*. 2010;88:E51–E56.
