

## **Efeitos da nutrição e do manejo periparto na eficiência reprodutiva de vacas de leite<sup>1</sup>**

**José Eduardo P. Santos**

Veterinary Medicine Teaching and Research Center,  
School of Veterinary Medicine, UC - Davis,  
18830 Road 112, Tulare, CA - 93274

### **RESUMO**

A nutrição tem um importante impacto sobre o desempenho reprodutivo de bovinos leiteiros. A energia é o principal nutriente exigido pelos bovinos adultos e o consumo inadequado de energia tem um impacto prejudicial sobre a atividade reprodutiva da fêmea bovina. As vacas sob balanço energético negativo têm uma diminuição na glicemia, nos níveis plasmáticos de insulina e fator-I de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), uma redução do pico de frequência de pulsos de LH, menores níveis plasmáticos de progesterona e um comprometimento da atividade ovariana. A incidência de anovulação após o parto e fertilidade reduzida é ampliada por perda de condição corporal durante o início do período pós-parto. A retomada dos ciclos ovulatórios está associada com o balanço energético, mas parece ser mediada por uma elevação no IGF-I plasmático, que está ligado ao status nutricional e concentrações de insulina no sangue. O uso de dietas que promovem níveis de glicemia e insulina plasmática mais elevados pode melhorar o status metabólico e endócrino das vacas. A adição de gordura suplementar à dieta melhora a ingestão de energia, modula a secreção de PGF<sub>2α</sub> pelo útero, afeta a dinâmica ovariana, intensifica a função lútea e melhora a fertilidade. Mais especificamente, alguns ácidos graxos poderiam ter um impacto sobre a taxa de fertilização e a qualidade embrionária nas vacas leiteiras. Ainda que a ingestão de gossipol pareça não afetar o desempenho das vacas leiteiras na lactação, pode afetar a fertilidade quando as concentrações plasmáticas de gossipol forem excessivas. A ingestão de proteína bruta ou de proteína degradável no rúmen em excesso aumenta a concentração de nitrogênio urêmico no sangue e nos tecidos e altera a função uterina, que pode comprometer as taxas de concepção. Ainda que as evidências sugiram que a proteína possa interferir com a reprodução, as alterações da dieta não devem ser feitas em detrimento da produção e da rentabilidade.

---

## INTRODUÇÃO

A seleção de bovinos leiteiros para o rendimento de leite associou os controles endócrino e metabólico do balanço nutricional com os eventos reprodutivos de tal forma que a reprodução nos bovinos de leite está comprometida durante os períodos de deficiência nutricional, como no início da lactação. Ainda que os custos energéticos para sintetizar e secretar hormônios, para ovular e para sustentar um embrião na fase inicial de desenvolvimento provavelmente sejam mínimos se comparados às necessidades energéticas para manutenção e lactação. Contudo, os estímulos metabólicos e endócrinos associados ao balanço energético negativo (BEN) comprometem a retomada dos ciclos ovulatórios, a qualidade do oócito e do embrião, o estabelecimento e a manutenção da gestação em bovinos de leite.

Na medida em que aumentam as demandas pela síntese de leite, as funções reprodutivas podem ser diminuídas quando uma ingestão compensatória de nutrientes não for conseguida. Numerosos estudos recentes relataram que o desempenho reprodutivo é comprometido pelas demandas nutricionais quando são obtidos altos níveis de produção. O rendimento de leite aumenta com mais rapidez nas primeiras 4 a 6 semanas depois do parto do que a ingestão de energia, e as vacas de alta produção apresentam algum grau de balanço negativo de energia e outros nutrientes durante o início do período pós-parto. Quando as vacas passam por um período de BEN, aumentam as concentrações de ácidos graxos não esterificados no sangue, ao mesmo tempo em que a glicemia e os níveis do fator-I de crescimento semelhante à insulina (IGF-I) e da insulina estão baixos. Estas alterações nos níveis de metabólitos e hormônios no sangue poderiam comprometer a função ovariana e a fertilidade. Também foi relatado que o balanço energético e a ingestão de matéria seca (MS) poderiam afetar as concentrações plasmáticas de progesterona (Vasconcelos et al., 2003; Villa-Godoy et al., 1988), que podem interferir com o desenvolvimento folicular e a manutenção da gestação.

Durante as últimas décadas, a seleção genética e o melhor manejo dos rebanhos aumentaram dramaticamente a produção de leite das vacas leiteiras, ao mesmo tempo em que a fertilidade diminuiu (Butler, 1998). A seleção para uma maior produção em bovinos leiteiros mudou os perfis endócrinos das vacas, de forma que houve um aumento nas concentrações de somatotropina bovina e de prolactina no sangue, ao passo que houve uma diminuição na insulina (Bonczek et al., 1988). Estas mudanças hormonais e o aumento das demandas nutricionais para a produção poderiam ter um impacto negativo sobre a reprodução das vacas leiteiras. Foi demonstrado, entretanto, que uma nutrição adequada e um bom manejo podem compensar a queda da fertilidade dos rebanhos com uma produção média de leite acima de 12.000 kg/vaca/ano (Nebel e McGilliard, 1993; Jordan e Fourdraine, 1993).

---

Diversas estratégias nutricionais foram propostas para melhorar a reprodução dos bovinos de leite sem que haja um efeito prejudicial sobre o desempenho da lactação. Espera-se que a reprodução de bovinos de leite seja beneficiada quando se maximiza a ingestão de matéria seca (IMS) durante o período de transição, minimiza a incidência de problemas no parto, adiciona gordura suplementar às dietas, manipula o teor de ácidos graxos das fontes de gordura, balanceando as dietas para que haja quantidades adequadas de proteínas degradáveis no rúmen (PDR) e não degradáveis no rúmen (PNDR), otimizando o suprimento de carboidratos fermentáveis ruminalmente durante a fase final da gestação e início da lactação. Contudo, fatores como uma alta incidência de doenças metabólicas no início do pós-parto, baixo escore de condição corporal (ECC) na primeira inseminação, alto teor de nitrogênio urêmico no leite e concentrações plasmáticas excessivas de gossipol são prejudiciais para a fertilidade dos bovinos de leite.

## **RETOMADA DA CICLICIDADE NO PÓS-PARTO**

O início da lactação cria um enorme desgaste de nutrientes em vacas leiteiras de alta produção e, em muitos casos, antagoniza a retomada dos ciclos ovulatórios. Durante o início do período pós-parto, a reprodução é protelada em favor da sobrevivência individual. Por isso, no caso da vaca leiteira, a lactação torna-se uma prioridade em detrimento das funções reprodutivas.

Durante os períodos de restrição energética, combustíveis oxidáveis consumidos na dieta são prioritariamente direcionados para os processos essenciais como a manutenção das células, circulação e atividade neural (Figura 1; Wade e Jones, 2004).

---

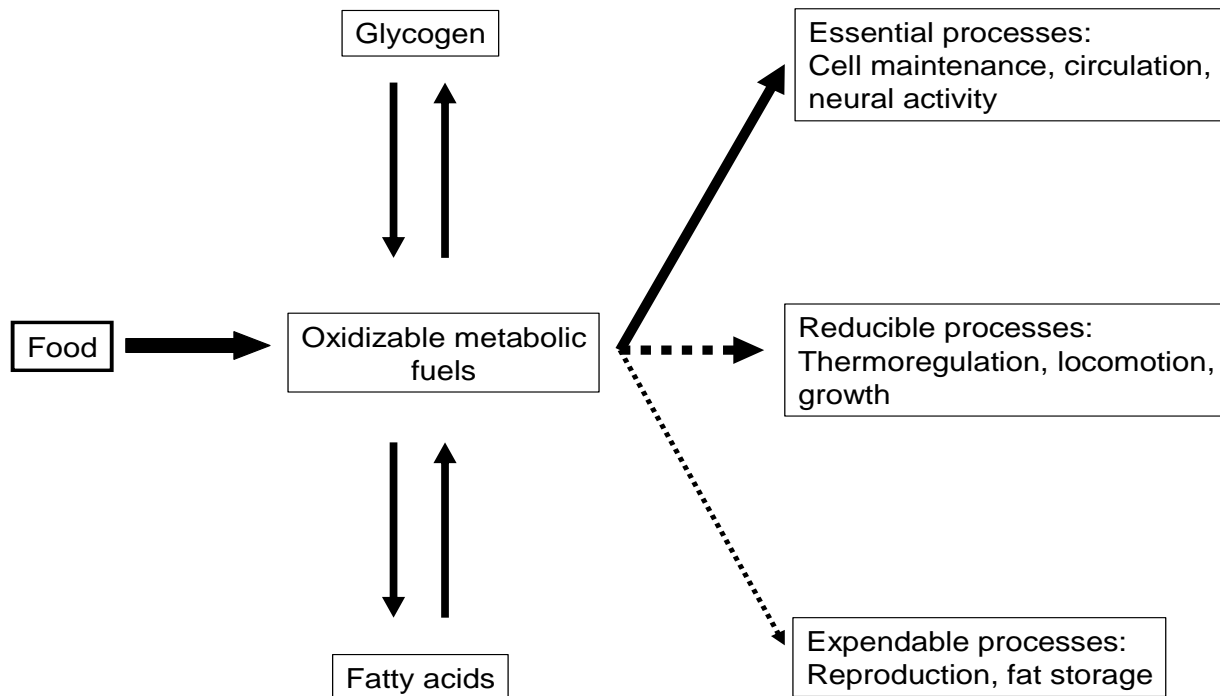


Figure 1. Partitioning of metabolic fuels according to priority (Wade and Jones, 2004).

Figura 1. Distribuição dos combustíveis metabólicos de acordo com a prioridade (Wade e Jones, 2004)

No início da lactação, os controles homeorréticos garantem que os tecidos corporais, principalmente as reservas adiposas, sejam mobilizadas em favor da produção de leite. Por isso, quando no início da lactação a vaca leiteira não consegue consumir nutrientes energéticos em quantidade suficiente para atender as necessidades de produção e manutenção, ela irá manter uma alta produção de leite e de componentes do leite às expensas de tecidos corporais. Isto representa um problema para a reprodução uma vez que a ovulação tardia tem sido repetidamente relacionada com o status energético (Beam e Butler, 1998; Beam e Butler, 1997; Canfield et al., 1990; Butler e Smith, 1989). A privação de energia reduz a frequência dos pulsos de hormônio luteinizante (LH), comprometendo desta forma a maturação do folículo e a ovulação. Além disso, a desnutrição inibe o comportamento estral porque reduz a responsividade do sistema nervoso central ao estradiol por reduzir o número de receptores  $\alpha$  de estrogênio no cérebro (Figura 2; Hileman et al., 1999).

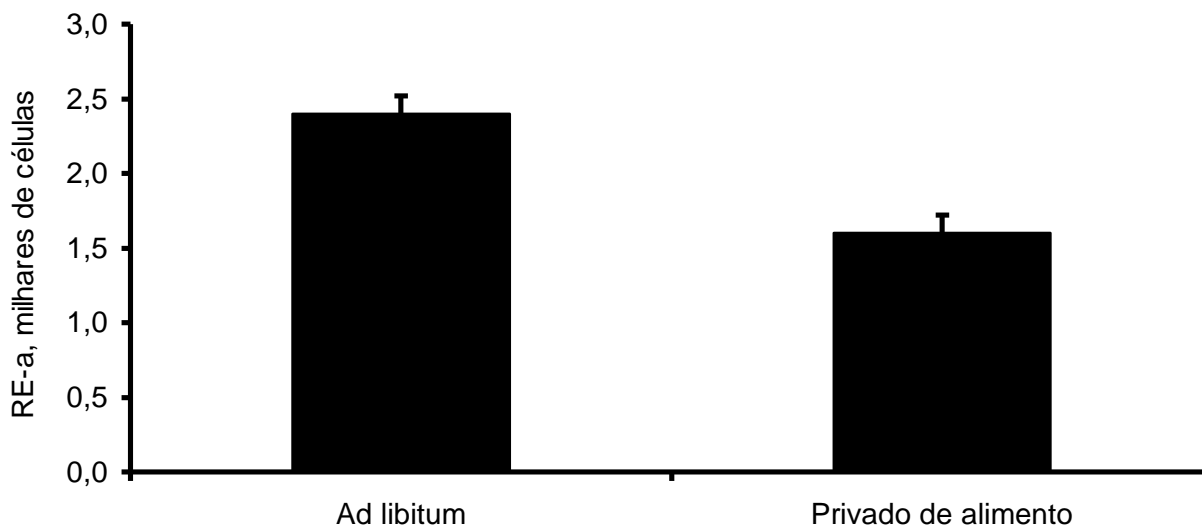


Figura 2, Alterações no número de células hipotalâmicas contendo receptores de estrogênio em resposta a restrição alimentar em ovelhas (Hileman et al., 1999).

Nos bovinos leiteiros, a primeira ovulação após o parto ocorre geralmente 10 a 14 dias depois do ponto mais negativo do BEN (Beam e Butler, 1998; Beam e Butler, 1997; Canfield et al., 1990; Butler e Smith, 1989), e as graves perdas de peso e de ECC causadas pela alimentação inadequada ou por doenças estão associadas em vacas leiteiras com anovulação e anestro. Na verdade, vacas com baixo ECC 60 dias após o parto têm maior probabilidade de serem anovulatórias (Figura 3; Santos et al., 2004a), o que compromete o desempenho reprodutivo na primeira inseminação após o parto.

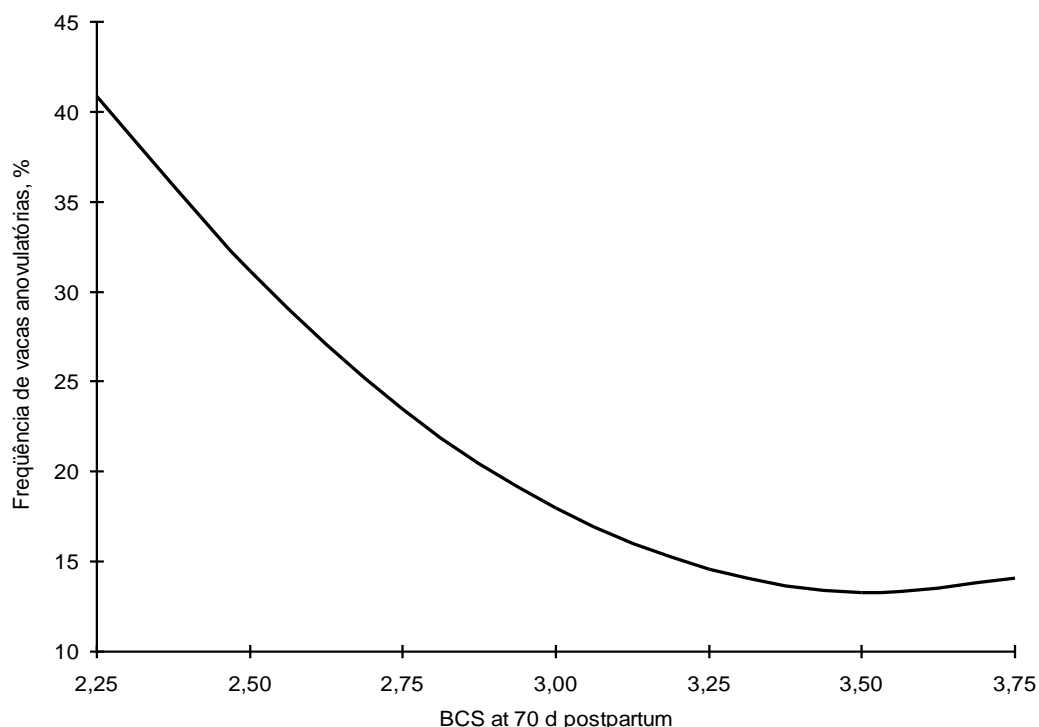


Figura 3: Relação entre a frequência de vacas leiteiras em lactação classificadas como anovulatórias/em anestro com base na progesterona plasmática ( $< 1,0$  ng/ml) com 51 e 63 dias em lactação (DEL) e escore de condição corporal (ECC) com 70 DEL (Santos et al., 2004a).

Anovulação ou anestro prolongado no pós-parto alonga o período do parto até a primeira inseminação artificial e reduz a fertilidade durante o primeiro serviço após o parto (Stevenson et al., 2001). Na verdade, as vacas anovulatórias não apresentam apenas uma redução na detecção de estro e nas taxas de concepção, há também um comprometimento da sobrevivência do embrião (Santos et al., 2004b). Por outro lado, é importante que haja um retorno precoce à ciclicidade com vistas a uma concepção também precoce. O momento da primeira ovulação após o parto determina e limita o número de ciclos estrais que ocorrem antes do início do período de inseminação. Em geral, na maioria dos rebanhos leiteiros, menos de 20% das vacas devem ser anovulatórias 60 dias após o parto (Stevenson, 2001). A expressão do estro, a taxa de concepção e a sobrevivência do embrião melhoraram quando as vacas estavam ciclando antes de um programa de sincronização de estro para a primeira inseminação no pós-parto (Santos et al., 2004a; Santos et al., 2004b).

A retomada da atividade ovariana em vacas leiteiras de alta produção é determinada pelo status energético do animal. Por isso, o manejo nutricional que minimiza as perdas de condição corporal durante o início do período pós-parto e a incidência de transtornos metabólicos durante o início da lactação deve aumentar o

número de vacas que têm uma primeira ovulação nas primeiras 4 a 6 semanas após o parto.

## ENERGIA E REPRODUÇÃO

A ingestão de energia parece ter o maior impacto sobre o status energético de vacas leiteiras em lactação. Villa-Godoy et al. (1988) relataram que a variação no balanço energético pós-parto em vacas Holandesas foi influenciada de forma mais acentuada pela IMS ( $r = 0,73$ ) e menos pela produção de leite ( $r = -0,25$ ). Por isso, as diferenças entre as vacas com relação à gravidade do balanço energético estão mais relacionadas com a quantidade de energia que consomem do que com a quantidade de leite que produzem.

Durante períodos de BEN, as concentrações de glicose, insulina e IGF-I no sangue são baixas, assim como a frequência de pulso de GnRH e LH. As concentrações plasmáticas de progesterona também são afetadas pelo balanço energético das vacas leiteiras. Foi demonstrado que estes metabólitos e hormônios afetam a foliculogênese, a ovulação e a produção esteróide *in vitro* e *in vivo*. O mecanismo exato pelo qual a energia afeta a secreção de hormônios liberadores e gonadotropinas não está bem definido, mas está claro que níveis mais baixos de glicose, insulina e IGF-I no sangue podem mediar este processo.

Tem sido sugerido que BEN influencia a reprodução de vacas leiteiras por ter um impacto sobre a qualidade e a viabilidade do oócito do folículo ovulatório e do CL resultante da ovulação daquele folículo. Como há evidências substanciais de que os fatores metabólicos podem influenciar o desenvolvimento folicular inicial, é concebível que as alterações no metabolismo durante períodos de BEN poderiam influenciar os folículos pré-antrais destinados a ovular semanas mais tarde, durante o período de monta. Para testar esta hipótese, Kendrick et al. (1999) dividiram aleatoriamente 20 vacas leiteiras em dois grupos de tratamento formulados de forma que as vacas consumissem 3,6% (alta energia) ou 3,2 % (baixa energia) de seu peso corporal. Os folículos foram aspirados por via transvaginal duas vezes por semana, e os oócitos classificados com base na densidade do cumulus e homogeneidade do ooplasma. As vacas em melhor balanço energético (alta energia) tiveram IGF-I intrafolicular e progesterona plasmáticas mais elevados e tendiam a produzir mais oócitos classificados como bons. Por isso, o BEN não só retarda a retomada dos ciclos ovulatórios, podendo também influenciar a qualidade dos oócitos quando as vacas são inseminadas.

---

## Manipulação Nutricional para Aumentar a Ingestão de Energia

Os esforços nutricionais para minimizar a extensão e a duração do BEN podem melhorar o desempenho reprodutivo. A disponibilidade de alimento é o primeiro e o mais importante entre os fatores que afetam a ingestão de energia das vacas leiteiras (Grant e Albright, 1995). Por isso, as vacas leiteiras devem ter disponível o tempo todo uma dieta palatável de alta qualidade, para assegurar uma ingestão máxima de MS. A ingestão de MS, entretanto, é limitada durante a fase final da prenhez e início da lactação, o que pode comprometer a ingestão total de energia e o desempenho reprodutivo. Diversas estratégias de manejo nutricional foram propostas para aumentar a ingestão de energia durante o início da lactação. Utilizar forragens de alta qualidade, aumentar a relação concentrado:forragem ou adicionar gordura suplementar às dietas das vacas são algumas das maneiras mais comuns para melhorar a ingestão de energia.

A ingestão de energia aumenta de forma linear com o aumento dos grãos na dieta até 55 a 60% da MS. As dietas com mais do que 60% de concentrado e teor limitado de fibra estão associadas com osmolaridade ruminal mais elevada, menor pH do rúmen, aumento de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen e no sistema porta e uma diminuição da IMS.

As dietas com maiores teores de concentrado têm um maior teor de carboidratos não-fibrosos (CNF). Amido é o CNF mais importante nas dietas de bovinos de alta produção. A degradação do amido no rúmen aumenta a proporção de propionato em relação a outros AGV e intensifica a síntese hepática de glicose. Tanto a glicose como o propionato são precursores da insulina e as dietas com alto teor de amido degradável no rúmen aumentam a produção hepática de glicose (Theurer et al., 1999) e as concentrações plasmáticas de glicose e insulina (Santos et al., 2000).

Diversos estudos demonstraram a importância da insulina como um sinal mediando os efeitos das mudanças agudas na ingestão de nutrientes sobre os parâmetros reprodutivos em bovinos leiteiros. Nos bovinos leiteiros sob BEN no início do período pós-parto, a reduzida expressão do receptor hepático 1A do hormônio de crescimento (GHR-1A) parece ser responsável pelas concentrações plasmáticas mais baixas de IGF-I (Radcliff et al., 2003). Como o IGF-I é um importante sinal hormonal que influencia os eventos reprodutivos como o estímulo da mitogênese celular, produção hormonal e desenvolvimento embrionário, entre outras funções, é importante aumentar a concentração de IGF-I no início do pós-parto para que haja a retomada precoce da ciclicidade e o estabelecimento de uma prenhez. É interessante notar que a insulina media a expressão de GHR-1A em vacas leiteiras (Butler et al., 2003; Roads et al., 2004), que resulta em maiores concentrações de IGF-I no plasma. Como o IGF-I e



a insulina são importantes na reprodução bovina, a utilização de dietas que promovam maiores concentrações de insulina deve beneficiar a fertilidade.

Gong et al. (2002) alimentaram vacas de baixo e alto mérito genético com dietas isocalóricas, mas que eram diferentes com relação à indução de altas ou baixas concentrações de insulina no plasma. Os autores observaram que as dietas que induziam altos teores de insulina reduziam o intervalo até a primeira ovulação após o parto, aumentaram a proporção de vacas ovulando nos primeiros 50 dias após o parto e melhoraram a taxa de concepção na primeira IA (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de dietas formuladas para alterar as concentrações plasmáticas de insulina sobre os parâmetros reprodutivos de vacas de alto e baixo mérito genético no pós-parto (Gong et al., 2002).

Mérito genético	Dieta			
	Insulina baixa		Insulina alta	
	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Insulina plasmática, <sup>1</sup> ng/ml	0,34	0,21	0,48	0,32
Ovulação nos primeiros 50 DPP, <sup>1</sup> %	60	50	100	80
Dias até primeira ovulação	43	54	28	41
Taxa de concepção na primeira IA, %	62,5	37,5	66,7	44,4

<sup>1</sup> Efeito da dieta de alta insulina ( $P < 0,05$ ).

Recentemente, a monensina (Rumensin 80<sup>®</sup>, monensina sódica, Elanco, Greenfield, IN) teve seu uso em vacas leiteiras em lactação aprovado para intensificar a eficiência da produção de leite. Entretanto, ainda que não conste da bula a indicação para o tratamento de cetose subclínica, a suplementação de vacas leiteiras em fase de transição com monensina aumenta os níveis de glicemia e reduz a cetose subclínica. Como a monensina aumenta a produção de propionato no rúmen e os níveis de glicemia, espera-se que a suplementação com monensina melhore as concentrações plasmáticas de insulina e tenha um impacto sobre o desempenho reprodutivo. Quando as vacas foram tratadas com uma cápsula de liberação controlada, que administra aproximadamente 335 mg de monensina/dia, houve uma redução do risco de cetose, de deslocamento do abomaso e de múltiplas doenças, mas os parâmetros reprodutivos não foram alterados (Tabela 2; Duffield et al., 1999).

Tabela 2. Efeito da monensina em uma cápsula de liberação controlada sobre as taxas de concepção de vacas leiteiras (Duffield et al., 1999).

	Tratamento	
	Monensina	Controle
Vacas, No	406	403
Taxa de concepção, %		
Primeira IA	35,2	34,5
Segunda IA	37,6	41,5
Terceira IA	40,7	38,6
> 3 IA	60,0	64,1

## Uso de gordura e ácidos graxos

O uso de gordura na alimentação é um método comum para aumentar a densidade energética da dieta. Entretanto, as fontes de gordura suplementar não proporcionam apenas calorias, também exercem um impacto sobre o metabolismo celular por alterar a expressão gênica (ácidos graxos poliinsaturados; Sumida et al., 1993) ou por fornecer precursores (acetil Co-A) para a síntese de outros ácidos graxos ou esteróides (Staples et al., 1998), ou ainda por competir com outros componentes celulares (Thatcher et al. 2004).

Existem diferentes fontes comerciais de gorduras inertes no rúmen, incluindo ácidos graxos hidrogenados e sais cálcicos de ácidos graxos. Estas fontes de gordura foram originalmente formuladas para aumentar a ingestão calórica de vacas leiteiras com um impacto mínimo sobre a atividade microbiana do rúmen. Mais recentemente, houve um maior interesse pela formulação de fontes de gordura ricas em ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -6 (ácido linolêico, *cis*-9 *cis*-12 C18:2<sub>n6</sub>) e  $\omega$ -3 (ácido linolênico, C18:3<sub>n3</sub>; eicosapentaenóico - EPA, C20:5<sub>n3</sub>; docosahexaenóico - DHA, C22:6<sub>n3</sub>), para absorção no intestino grosso. Como a atividade microbiana no rúmen resulta em lipólise e a biohidrogenação altera a composição das fontes de gordura ricas em ácidos graxos poliinsaturados, foram desenvolvidos métodos para proteger os ácidos graxos contra a atividade microbiana do rúmen. Staples et al. (1998) revisaram a literatura sobre os efeitos da alimentação com gordura sobre a reprodução em vacas leiteiras e indicaram que o aumento da gordura da dieta geralmente resultou em melhoras no desempenho reprodutivo das vacas. Os autores indicaram que os efeitos benéficos da gordura suplementar foram observados apesar do suprimento de calorias (Staples et al., 1998).

Infelizmente, os métodos comerciais disponíveis hoje para “proteger” os lipídios contra a biohidrogenação microbiana não são muito eficientes na prevenção da saturação de ácidos graxos poliinsaturados no rúmen (Lundy III et al., 2004). Apesar disso, tentamos aumentar o suprimento de ácidos graxos poliinsaturados sob forma de um sal de cálcio em 4 experimentos para melhorar o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras em lactação (Bruno et al., 2004; Cerri et al., 2004; Juchem et al., 2004a, Juchem et al., 2004b, Juchem et al., 2002).

### *1. Efeito de Sais de Cálcio de Óleo de Peixe e de Palma sobre o Desempenho Lactacional e Reprodutivo de Vacas Leiteiras*

Setecentas e trinta e oito vacas Holandesas multíparas de uma granja leiteira comercial foram divididas entre duas dietas diferentes em um desenho experimental de blocos casualizados (Juchem et al., 2002). As vacas foram divididas em blocos de acordo com a paridade e a produção de leite na lactação anterior e, dentro de cada bloco, aleatoriamente encaminhadas para um dos dois tratamentos, uma dieta contendo sebo (1,65 % da MS da dieta) ou uma dieta com sais cálcicos de óleo de peixe e óleo de palma (SCaOP, 1,8 % da MS da dieta), de forma que contivessem teores iguais de ácidos graxos. Todas as vacas receberam uma dieta pré-tratamento durante os primeiros 25 dias em lactação, que consistiu em uma mistura de cada suplemento de gordura (0,8 % de sebo + 0,9 % de SCaOP). Permaneceram recebendo as dietas do tratamento até 145 dias em lactação. As fontes de gordura suplementares foram formuladas de maneira a não fornecer ácidos graxos  $\omega$ -3 sob forma de eicosapentaenóico (EPA, C20:5<sub>n3</sub>) e docosahexaenóico (DHA, C22:6<sub>n3</sub>) quando o sebo estava na dieta ou aproximadamente 10 g de EPA e 10 g de DHA quando os sais de cálcio eram usados. Com base em estudos anteriores (Thatcher et al., 2004), formulamos a hipótese de que a administração de um sal de cálcio de ácidos graxos  $\omega$ -3 modularia a síntese uterina de prostaglandina e beneficiaria a sobrevivência do embrião em vacas leiteiras em lactação.

Os rendimentos de leite com gordura corrigida para 3,5% e gordura do leite foram maiores para as vacas alimentadas com SCaOP durante a estação de termoneutralidade (TN). As vacas alimentadas com sebo, entretanto, produziram mais leite e leite com gordura corrigida para 3,5% durante o estresse térmico (ST). Os rendimentos de gordura do leite e proteína verdadeira também foram mais altos para as vacas alimentadas com sebo durante o ST. O perfil de ácidos graxos do leite foi alterado pela alimentação com SCaOP, com aumentos em ácido linolêico, EPA, DHA, e *trans*-9 *cis*-11 CLA. O escore de condição corporal foi mais baixo para as vacas alimentadas com SCaOP no dia 70 do pós-parto durante TN e nos dias 70, 98 e 123 pós-parto durante ST. A ingestão de MS individual das vacas usando alcanos com 52 e 100 dias após o parto foi similar ( $P = 0,50$ ) para SCaOP e sebo, com uma média de 26

kg/dia. A digestibilidade da matéria seca no trato total foi mais elevado para as vacas alimentadas com SCaOP, mas a eficiência alimentar (leite com gordura corrigida para 3,5% / ingestão de matéria seca) foi similar para os dois tratamentos. Nenhum efeito dos tratamentos foi observado sobre a glicemia e as concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados.

De maneira geral, o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras não foi afetado pelos tratamentos (Tabela 3), mas foram observadas interações entre o tratamento e a estação de parição. As taxas de prenhez foram mais altas para as vacas alimentadas com SCaOP durante a estação TN, mas mais baixas durante ST. Da mesma forma, a perda de prenhez durante os primeiros 63 dias de gestação foi similar para os dois tratamentos, mas as vacas alimentadas com SCaOP tenderam a apresentar menor perda embrionária precoce durante a estação TN, mas mais elevada durante ST do que as vacas alimentadas com sebo.

Tabela 3. Efeito das fontes de gordura com diferenças no perfil de ácidos graxos sobre o desempenho reprodutivo em vacas Holandesas múltiparas em lactação (Juchem et al., 2002).

Item	Estação <sup>1</sup>				P <		
	TN		ST		Gordura	Estação	Gordura x Estação
	SCaOP	Sebo	SCaOP	Sebo			
Ciclando (%)	83,8	81,3	80,9	85,2	0,08	0,54	0,11
Taxa de prenhez							
Dia 28	41,6	37,6	31,2	43,7	0,45	0,37	0,02
Dia 39	39,2	33,5	25,0	37,7	0,69	0,32	0,04
Dia 63	32,4	28,5	21,4	35,4	0,98	0,23	0,03
Segunda IA	23,4	26,0	17,2	19,2	0,03	0,10	0,50
Perda prenhez							
Dia 28 a 39	4,8	10,8	19,3	13,7	0,65	0,12	0,21
Dia 39 a 63	12,7	14,0	13,0	4,5	0,26	0,35	0,31
Dia 28 a 63	17,2	23,4	29,8	17,9	0,66	0,71	0,22

<sup>1</sup> TN = estação de termoneutralidade; ST = estação de estresse térmico. <sup>2</sup> SCaOP = sais de cálcio de óleo de peixe e palma.

Depois de analisar as amostras de sais de cálcio, determinamos que a quantidade de gordura livre diminuiu com o aumento do tempo de armazenagem. Nos primeiros dias depois da fabricação, o conteúdo de gordura livre era de aproximadamente 12% e diminuiu para menos de 6% depois de 60 dias. Como no início do estudo, durante a estação TN, os sais de Ca tinham sido armazenados por várias semanas antes de serem dados às vacas, e durante a estação ST foram utilizados algumas semanas depois da fabricação, suspeitamos que alguns dos efeitos negativos observados durante a estação ST sejam consequência da maior disponibilidade de ácidos graxos poliinsaturados livres no rúmen.

## *2. Efeito de Sais de Cálcio de Óleo de Peixe e de Palma sobre o Desempenho Lactacional e Reprodutivo de Vacas Leiteiras sob Estresse Térmico*

Por causa dos efeitos negativos observados em vacas recebendo SCaOP sob ST no experimento anterior e o conteúdo mais alto de gordura livre dos sais de cálcio administrados durante o período ST, repetimos o mesmo experimento no verão de 2003 (Bruno et al., 2004).

O tratamento dietético e o desenho experimental foram os mesmos descritos anteriormente. Trezentas e trinta e uma vacas Holandesas multíparas foram divididas entre os tratamentos de 1º de Maio a 31 de Agosto, e o estudo foi conduzido de Maio a Dezembro de 2003.

A média de ingestão de matéria seca do grupo foi de 25,7 kg/dia. Os rendimentos de leite, leite com gordura corrigida para 3,5% e gordura do leite foram similares para os dois tratamentos, mas as vacas alimentadas com SCaOP produziram leite com menores concentrações de proteína verdadeira, resultando em menores rendimentos de proteína do leite. De forma similar, as concentrações de lactose e sólidos não gordurosos também foram mais baixos para as vacas alimentadas com SCaOP. Determinado pelas taxas de concepção, perda de prenhez, dias vazia e proporção de vacas prenhez ao final do estudo, o desempenho reprodutivo foi similar para os dois tratamentos.

## *3. Efeito do Uso de Sais de Ca Ricos em Ácidos Graxos $\omega$ -6 e trans na Alimentação Durante a Transição sobre Lactação, Saúde e Reprodução de Vacas Leiteiras*

Quatrocentas e vinte e três vacas Holandesas no pré-parto foram divididas entre dois tratamentos que eram diferentes com relação à fonte de gordura suplementar

---

(Juchem et al., 2004a; 2004b). O estudo foi iniciado 25 dias antes da data esperada para a parição, e as vacas foram alimentadas com as fontes de gordura suplementar até 70 a 75 dias após o parto. As fontes de gordura suplementar foram adicionadas em quantidades iguais aos dois tratamentos durante os períodos pré-parto (1,9% da MS da dieta; ~250 g/vaca/dia) e pós-parto (1,5% da MS da dieta; ~250 g/vaca/dia), e consistiam de sais de Ca de óleo de palma (OP) ou sais de cálcio de ácido graxo linolêico e uma mistura de ácidos graxos monoenoico trans (AGLT). Os sais de cálcio foram a única fonte suplementar de gordura que as vacas receberam durante todo o estudo.

Os rendimentos de leite foram similares para os dois tratamentos durante os 70 dias do experimento. Contudo, como o teor de gordura do leite diminuiu a partir de 3 semanas após o parto, a produção de leite com gordura corrigida para 3,5% foi mais baixa para as vacas alimentadas com AGLT. Os rendimentos de proteína do leite foram similares entre os tratamentos, mas o leite de vacas alimentadas com AGLT teve um conteúdo mais alto de proteína verdadeira (2,78 vs 2,74;  $P < 0,01$ ). O uso de AGLT já alterou o perfil de ácidos graxos da gordura do leite 2 semanas após o parto. Vacas alimentadas com AGLT tinham uma maior concentração de ácido linolêico, cis-9 cis-11 CLA, e ácidos graxos trans na gordura do leite. A taxa de concepção na primeira inseminação após o parto foi mais alta para as vacas alimentadas com AGLT do que para as alimentadas com OP (36,1 vs 28,1%;  $P = 0,09$ ).

#### *4. Efeito de Fontes de Gordura com Diferentes Perfis de Ácidos Graxos sobre a Taxa de Fertilização e Qualidade do Embrião de Vacas leiteiras em Lactação*

Por causa dos efeitos positivos de AGLT sobre as taxas de concepção de vacas leiteiras em lactação, avaliamos os efeitos destes ácidos graxos sobre a taxa de fertilização e qualidade do embrião. Cento e cinquenta e quatro vacas leiteiras Holandesas em lactação foram divididas para receber as dietas dos tratamentos descritos no experimento anterior. Depois de sincronizar o ciclo estral e a ovulação, as vacas foram inseminadas e 5 dias depois da IA foi feita uma lavagem uterina (Cerri et al., 2004). Foram detectadas 161 ovulações em 154 vacas, e 14 (18,7%) e 12 (15,2%) vacas alimentadas com OP e AGLT, respectivamente, tiveram ovulações duplas quando inseminadas. O número de estruturas recuperadas foi 45 e 41 para OP e AGLT, respectivamente, e a taxa de recuperação (número de estruturas/número de corpos lúteos) foi similar para os dois tratamentos com uma média de 53,4%. A taxa de fertilização tendeu a ser mais alta ( $P = 0,11$ ) para as vacas alimentadas com AGLT do que para as alimentadas com OP (87,2 vs 73,3%). De forma similar, o número de espermatozoides acessórios por estrutura coletada foi maior ( $P < 0,001$ ) para as vacas

---

alimentadas com AGLT do que com OP (34,3 vs 21,5), o que poderia explicar parcialmente a maior taxa de fertilização. Vacas alimentadas com sais de Ca de AGLT durante todo o período de transição e início da lactação tiveram uma maior ( $P = 0,06$ ) proporção de embriões classificados como de alta qualidade do que as vacas alimentadas com sais de Ca de OP (73,5 vs 51,5). Além disso, o número de células totais (19,4 vs 14,0;  $P = 0,13$ ) e a proporção de células vivas (94,2 vs 85,3%;  $P = 0,09$ ) tendeu a ser maior para as vacas alimentadas com AGLT do que para as alimentadas com OP. Os resultados deste experimento indicam que melhoras na fertilidade de vacas leiteiras à primeira IA no pós-parto observadas no estudo anterior poderiam ser atribuídas a melhoras na taxa de fertilização e qualidade do embrião quando as vacas eram alimentadas com fontes de gordura contendo ácidos graxos trans linolêico e monoenoico durante o período de transição.

## GOSSIPOL E REPRODUÇÃO

O gossipol foi inicialmente descoberto por cientistas chineses depois de observar que não tinha havido nenhum nascimento durante mais de uma década em uma aldeia onde as pessoas usavam óleo de caroço de algodão para cozinhar. Desde então, numerosos relatos na literatura confirmaram o efeito antifertilidade do gossipol em mamíferos. O gossipol interfere com o metabolismo da membrana celular, afeta a glicólise, influencia o metabolismo mitocondrial e energético da célula e aumenta a fragilidade das membranas celulares, como nas hemácias. Na verdade, a fragilidade eritrocitária tem sido um dos indicadores da potencial toxicidade por gossipol.

Risco et al. (1992) foram dos primeiros a mostrar que o gossipol pode ser tóxico e até mesmo matar bovinos em crescimento. Alimentaram bezerros machos com 200, 400 ou 800 mg/kg de gossipol livre (GL) durante 120 dias. As dietas com 400 e 800 mg/kg de GL foram consideradas tóxicas e poderiam potencialmente causar a morte de ruminantes em crescimento. Bezerros muito jovens têm pouca capacidade de desintoxicar o gossipol e a toxicidade pode ser facilmente induzida pelo uso de produtos de algodão na alimentação.

Os efeitos negativos do gossipol sobre a fertilidade de ruminantes são claras nos machos. Estudos realizados na University of Florida e Kansas State University mostraram que quantidades muito pequenas na alimentação de touros jovens, até mesmo 8 g/dia de GL, reduziram a qualidade dos espermatozoides e a atividade sexual (Chenoweth et al., 2000; Velazquez-Pereira et al., 1998).

Há poucas informações sobre os efeitos do caroço de algodão ou gossipol sobre a fertilidade de vacas leiteiras. Entre os ruminantes, a fêmea parece ser relativamente

---

insensível ao efeito antifertilidade do gossipol por causa da desintoxicação ruminal, mas dados *in vitro* indicam que há alguma inibição do desenvolvimento embrionário e esteroidogênese ovariana (Randel et al., 1992). Um recente estudo da University of Florida (Brocas et al., 1997), entretanto, observou um efeito evidente do gossipol sobre gametas e embriões de bovinos. Administrar farelo de caroço de algodão a vacas leiteiras não afetou o número de oócitos coletados por vaca, a taxa de clivagem após a maturação e fertilização *in vitro* ou a proporção de oócitos ou embriões que se desenvolveram até blastocistos. Quando os oócitos foram expostos *in vitro* a níveis fisiológicos de gossipol (similares aos observados no plasma de vacas alimentadas com produtos de algodão), a taxa de clivagem ou desenvolvimento subsequente não foram afetados. Por outro lado, a adição de uma concentração mais alta de gossipol ao meio reduziu a taxa de clivagem do embrião. Com base nestes dados, os autores concluíram que os embriões em desenvolvimento são sensíveis a altas concentrações de gossipol e as dietas que aumentam os níveis plasmáticos de gossipol podem ter um impacto sobre a fertilidade das vacas.

Foram realizados três experimentos para determinar os efeitos de três concentrações de gossipol livre na dieta de novilhas Holandesas sobre os parâmetros reprodutivos, avaliando o desenvolvimento folicular, função lútea, qualidade do embrião e desenvolvimento embrionário (Coscioni et al., 2003a; Coscioni et al., 2003b; Villaseñor et al., 2003). Nos 3 experimentos, as novilhas pós-púberes foram aleatoriamente divididas para receber uma das 3 dietas isocalóricas e isonitrogenada, diferindo apenas quanto ao teor de GL (de caroço de algodão Pima quebrado): controle (C; 0 mg de GL/kg de peso corporal); médio (M; 20 mg de GL/kg de peso corporal); e alto (A; 40 mg de GL/kg de peso corporal).

No experimento 1 (Coscioni et al., 2003a), a emergência da primeira e da segunda onda folicular (OF) foi similar ( $P>0,15$ ) para C (1,1 e 9,1 dias), M (1,0 e 8,9 dias), e A (1,9 e 8,8 dias). O desvio do folículo dominante (FD) depois da emergência para a primeira (C=3,5 vs M=3,5 vs A=3,4;  $P=0,99$ ) e a segunda onda folicular (C=4,0 vs M=4,6 vs A=4,5;  $P=0,61$ ) não foi afetado pelos tratamentos. Durante todo o ciclo estral o tratamento não teve efeito sobre o crescimento de CL ( $P=0,68$ ). A duração do ciclo estral ( $P=0,60$ ), o diâmetro máximo do FD da primeira e da segunda onda folicular ( $P=0,96$ ,  $P=0,64$ ), o período de dominância do FD para a primeira e a segunda onda folicular ( $P=0,99$ ,  $P=1,0$ ) e o diâmetro do folículo ovulatório ( $P=0,36$ ) não foram influenciados pelo consumo do gossipol da dieta.

Nos experimentos 2 e 3 (Coscioni et al., 2003b, Villaseñor et al., 2003), o número de estruturas coletadas por novilha foram, respectivamente, 9,4, 8,4, e 8,8 para C, M e A ( $P=0,88$ ). O número de embriões de grau 1 e 2 foram similares para todos os tratamentos ( $P=0,87$ ), com médias de 3,5, 3,6 e 3,3 para C, M e A, respectivamente. Contudo, as novilhas que receberam a dieta A (5,8) tiveram um número maior ( $P<0,01$ )

---



de embriões de grau 3 e degenerados do que as que receberam as dietas C (3,6) e M (3,2). O número de oócitos não fertilizados foi maior para novilhas alimentadas com dietas contendo gossipol do que para os controles. O gossipol mais elevado na dieta retardou o desenvolvimento embrionário, e as novilhas alimentadas com C e M tiveram uma proporção menor de embriões classificados como mórula do que as alimentadas com A (33,3 vs 20,2 vs 47,7%;  $P<0,02$ ). O número total de células em embriões corados a fresco foi similar para C, M e A (16,6 vs 14,8 vs 16,4;  $P=0,40$ ). Contudo, o número de células vivas foi maior para C quando comparado com M, mas não foi diferente de A (13,5 vs 10,4 vs 12,2;  $P=0,05$ ). De forma similar, a porcentagem de células vivas foi mais alta para C em comparação com M, mas não foi diferente de A (80,2 vs 72,2 vs 78,1;  $P=0,02$ ). O número de horas de desenvolvimento para os embriões cultivados *in vitro* foi reduzido por ácido acético gossipol (77,1 vs 64,9h;  $P=0,05$ ), mas não houve interação entre a dieta da novilha e o meio de cultura ( $P=0,50$ ). O número de células depois da cultura foi maior para C do que para M e A (23,1 vs 20,3 vs 14,6;  $P<0,01$ ), mas o meio de cultura não influenciou o número de células ( $P=0,50$ ). Os resultados indicam que o consumo de até 40 mg de GL/kg de peso corporal não influencia o desenvolvimento folicular e do CL em novilhas leiteiras, mas a administração de uma dieta com 40 mg de GL/kg de peso corporal aumentou o número de embriões degenerados e impediu o desenvolvimento embrionário no dia 7 depois da IA. Além disso, as concentrações de gossipol *in vitro* de 10 µg/ml resultou em um desenvolvimento embrionário atrasado.

Os resultados destes estudos indicam que a ingestão de GL de até 40 mg/kg de peso corporal/dia não afeta o desenvolvimento do folículo e do CL em novilhas Holandesas, mas pode afetar a fertilidade por diminuir a fertilização e retardar o desenvolvimento embrionário. A redução da concepção e o aumento da perda de gestações em bovinos de leite alimentados com altos níveis de gossipol na dieta demonstrados pelo nosso laboratório poderiam estar relacionados a uma redução da qualidade e da viabilidade do embrião. Quando vacas leiteiras em lactação receberam embriões de novilhas alimentadas sem gossipol ou com > 20 mg de gossipol livre/kg de peso corporal, as taxas de prenhez foram reduzidas ( $P = 0,02$ ) nas vacas que receberam embriões das novilhas alimentadas com gossipol (Galvão et al., 2004). Na verdade, quando as vacas foram alimentadas com 720 ou 950 mg/kg de GL na dieta nos primeiros 180 dias em lactação, o consumo de gossipol aumentou de aproximadamente de 17 para 24 g/dia durante todo o decorrer do estudo, o que resultou em acentuadas diferenças nas concentrações plasmáticas de gossipol nos primeiros 150 dias do período pós-parto (Santos et al., 2002). Estas mudanças nas concentrações plasmáticas de gossipol reduziram as taxas de concepção e aumentaram as perdas de prenhez (Tabela 4), o que resultou em uma redução nas taxas de prenhez globais durante todo o estudo (Figura 4; Santos et al., 2003).

Tabela 4, Efeito do tipo de caroço de algodão e gossipol da dieta sobre os parâmetros reprodutivos em vacas leiteiras (Santos et al., 2003).

Parâmetro	Tratamento		P <
	Upland integral	Mistura de Upland integral e Pima quebrado	
Taxa de detecção de estro, %	51,5	57,0	0,10
Taxa de concepção à primeira IA, %	28,2	29,3	0,73
Proporção prenhes, %	79,1	70,6	0,01
Aborto, %	3,3	7,9	0,01

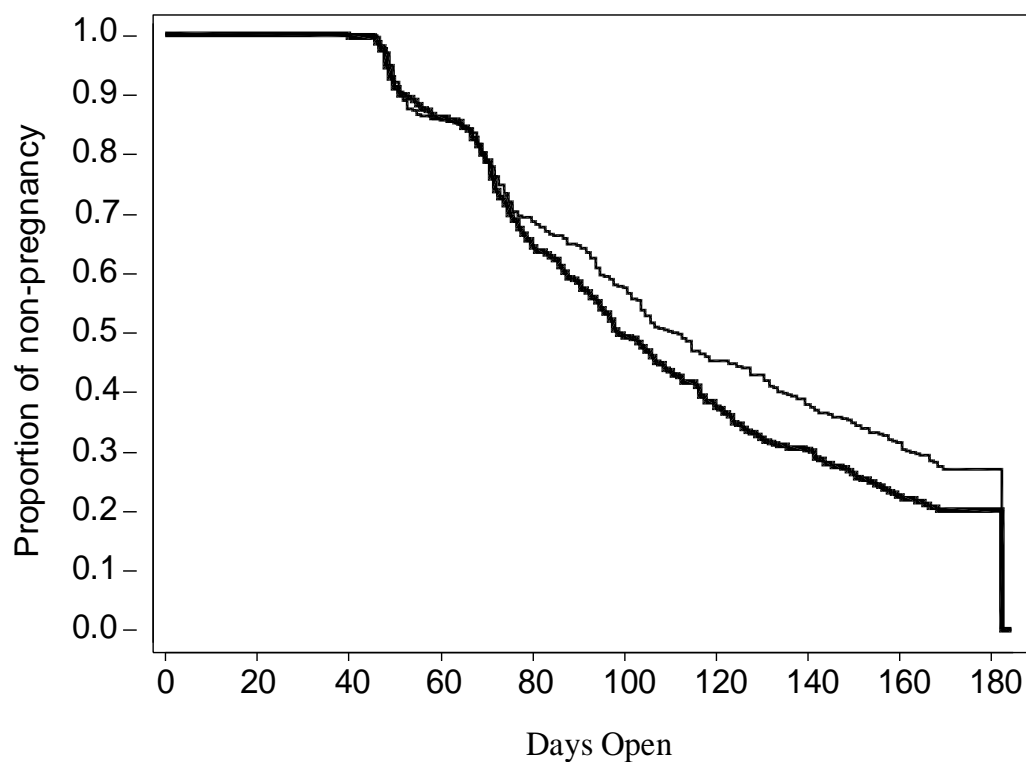


Figura 4: Curvas de sobrevivência para a proporção de vacas que permanecem não prenhes quando alimentadas com a dieta com baixo teor de gossipol com caroço de algodão com Upland integral (linha mais grossa; LSM = 111,2; SEM = 2,35) e de vacas alimentadas com a dieta com alto teor de gossipol com uma mistura de caroço de algodão Upland integral e Pima quebrado (linha mais fina; LSM = 119,1; SEM = 2,59). A dieta com alto teor de gossipol reduziu ( $P < 0,01$ ) as taxas de prenhez (Santos et al., 2003).

Por isso, administrar dietas com  $> 20$  mg de gossipol livre/kg de peso corporal a novilhas Holandesas pode suprimir o desenvolvimento embrionário. Quando estes embriões são transferidos para vacas em lactação a manutenção da prenhez fica comprometida. Além disso, quando vacas em lactação são alimentadas com dietas que resultam em concentrações plasmáticas de gossipol maiores do que  $5 \mu\text{g/ml}$ , as taxas de concepção e a manutenção da prenhez são reduzidas. Na verdade, quando o impacto das concentrações plasmáticas de gossipol sobre as taxas de concepção depois da primeira inseminação após o parto foi avaliado, observou-se que a concepção diminuiu de forma quadrática com o aumento das concentrações plasmáticas de gossipol (Figura 5, Santos et al., 2003). Por isso, é prudente alimentar as vacas leiteiras em lactação com quantidades de caroço de algodão que resultem em baixas concentrações plasmáticas de gossipol.

---

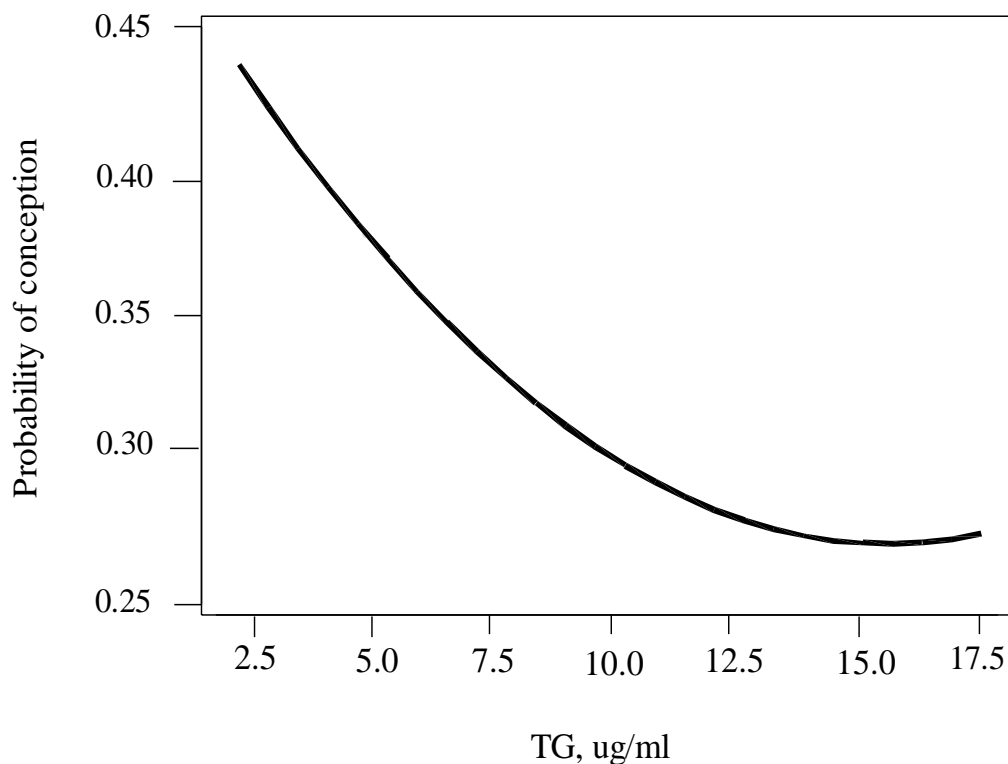


Figura 5. Probabilidade de concepção após a primeira inseminação artificial (AI) no pós-parto, de acordo com as concentrações plasmáticas ( $\mu\text{g/ml}$ ) de gossipol total (TG). O efeito quadrático do TG plasmático sobre a probabilidade de concepção na primeira AI após o parto foi significativo ( $P < 0,006$ ).

## IMPLICAÇÕES

A ingestão inadequada de nutrientes e reservas corporais inadequadas durante o início da lactação são os principais fatores que afetam o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. Melhorar o balanço energético pelo aumento do consumo de energia através de CNF adicional ou gordura suplementar reduz os dias até a primeira ovulação e melhora a concepção após o parto. Evidências cada vez mais numerosas indicam que a administração de ácidos graxos insaturados suplementares para absorção no intestino grosso pode ter como alvo os tecidos reprodutivos, de forma a alterar a função reprodutiva e a fertilidade. Apresentamos resultados de 4 experimentos indicando que o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras é influenciado pelos ácidos graxos da dieta quando a concentração de energia da ração é mantida. São

necessários, contudo, métodos melhores para proteger estes ácidos graxos para que se possa utilizar cálculos precisos do suprimento de lipídios insaturados na formulação de rações para bovinos leiteiros para melhorar a fertilidade. Finalmente, ainda que as vacas leiteiras em lactação possam consumir quantidades substanciais de gossipol sem efeitos prejudiciais sobre a saúde e a lactação, quando as concentrações plasmáticas de gossipol aumentam acima de 5 µg/ml o desenvolvimento embrionário e o estabelecimento e manutenção da gestação estão comprometidos.

## REFERÊNCIAS

- Beam, S.W. and W.R. Butler. 1998. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J. Dairy Sci.* 81:121-131.
- Beam, S.W. and W.R. Butler. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol. Reprod.* 56:133-142.
- Bonczeck, R.R., C.W. Young, J.E. Wheaton, and K.P. Miller. 1998. Response of somatotropin, insulin, prolactin, and thyroxine to selection for milk yield in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 71:2470-2478.
- Brocas, C, R.M. Rivera, F.F. Paula-Lopes, L.R. McDowell, M.C. Calhoun, C.R. Staples, N.S. Wilkinson, A.J. Boning, P.J. Chenoweth, and P.J. Hansen. 1997. Deleterious actions of gossypol on bovine spermatozoa, oocytes, and embryos. *Biol. Reprod.* 57:901-907.
- Bruno, R.G.W., K.N. Galvão, S.O. Juchem, W.W. Thatcher, E.J. DePeters, D. Luchini, and J.E.P. Santos. 2004. Effect of Ca salts of palm and fish oils on lactation and reproduction of dairy cows under heat stress. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl. 1): 336 (Abstr.).
- Butler, S.T., A.L. Marr, S.H. Pelton, R.P. Radcliff, M.C. Butler, and W.R. Butler. 2003. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. *J. Endocrinol.* 176: 205-217.
- Butler, W.R and R.D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
- Canfield, R.W., C.J. Sniffen and W.R. Butler. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73:2342-2349.
-

Cerri, R.L.A., R.G.S. Bruno, R.C. Chebel, K.N. Galvão, H. Rutigliano, S.O. Juchem, W.W. Thatcher, D. Luchini, and J.E.P. Santos. 2004. Effect of fat sources differing in fatty acid profile on fertilization rate and embryo quality in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl. 1): 297 (Abstr.).

Chenoweth, P.J. C.C. Chase, Jr., C.A. Risco, and R.E. Larsen. 2000. Characterization of gossypol-induced sperm abnormalities in bulls. *Theriogenology*. 53:1193-203.

Coscioni, A.C., M. Villaseñor, K.N. Galvão, J.E.P. Santos, B. Puschner, and L.M.C. Pegoraro. 2003a. Effect of gossypol intake and plasma gossypol concentrations on follicle development and luteal function in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 86(Suppl. 1):240 (Abstr.).

Coscioni, A.C., M. Villaseñor, K.N. Galvão, R. Chebel, J.E.P. Santos, J.H. Kirk, B. Puschner, and L.M.C. Pegoraro. 2003b. Effect of gossypol intake on plasma and uterine gossypol concentrations and on embryo quality and development in superovulated Holstein dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 86(Suppl. 1):240 (Abstr.).

Duffield, T.F., K.E. Leslie, D. Sandals, K. Lissemore, B.W. McBride, J.H. Lumsden, P. Dick, and R. Bagg. 1999. Effect of a monensin-controlled release capsule on cow health and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 82: 2377-2384.

Galvão, K.N., A.C. Coscioni, S.O. Juchem, M. Villaseñor, and J.E.P. Santos. 2004. Effect of hCG on d 5 of the estrous cycle on luteal function and pregnancy rates (PR) in lactating dairy cows receiving embryos from gossypol fed donor heifers. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl. 1): 102 (Abstr.).

Grant, R.J. e J.L Albright. 1995. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2791.

Hileman S.M., L.S. Lubbers, H.T. Jansen, and M.N. Lehman. 1999. Changes in hypothalamic estrogen receptor-containing cell numbers in response to feed restriction in the female lamb. *Neuroendocrinology*. 69: 430-437.

Jordan, E.R. and R.H. Fourdraine. 1993. Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country. *J. Dairy Sci.* 76:3247-3256.

Juchem, S.O., R.L.A. Cerri, M. Villaseñor, K.N. Galvão, R. Bruno, H.M. Rutigliano, A.C. Coscioni, E.J. DePeters, W.W. Thatcher, D. Luchini, and J.E.P. Santos. 2004. Effect of feeding Ca salts of palm oil (PO) or of a blend of linoleic and monoenoic trans fatty acids (LTFA) on lactation and health of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl. 1): 95-96 (Abstr.).

Juchem, S.O., R.L.A. Cerri, R. Bruno, K.N. Galvão, E.W. Lemos, M. Villaseñor, A.C. Coscioni, H.M. Rutigliano, W.W. Thatcher, D. Luchini, and J.E.P. Santos. 2004. Effect of feeding Ca salts of palm oil (PO) or of a blend of linoleic and monoenoic trans fatty acids (LTFA) on uterine involution and reproductive performance in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl. 1): 310 (Abstr.).

---

Juchem, S.O., J.E.P. Santos, R. Chebel, R.L.A. Cerri, E.J. DePeters, K.N. Galvão, S.J. Taylor, W.W. Thatcher, and D. Luchini. 2002. Effect of fat sources differing in fatty acid profile on lactational and reproductive performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 85(Suppl. 1):315. (Abstr.).

Kendrick, K.W., T.L. Bailey, A.S. Garst, A.W. Pryor, A. Ahmadzadeh, R.M. Akers, W.E. Eyestone, R.E. Pearson, and F.C. Gwazdauskas. 1999. Effects of energy balance on hormones, ovarian activity, and recovered oocytes in lactating Holstein cows using transvaginal follicular aspiration. *J. Dairy Sci.* 82: 1731-1740.

Lundy, III, F.P., E. Block, W.C. Bridges, Jr., J.A. Bertrand, and T.C. Jenkins. 2004. Ruminal biohydrogenation in Holstein cows fed soybean fatty acids as amides or calcium salts. *J. Dairy Sci.* 87: 1038-1046.

Nebel, R.L. and M.L. McGilliard. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3257-3268.

Radcliff, R.P., B.L. McCormack, B.A. Crooker, M.C., Lucy. 2003. Plasma hormones and expression of growth hormone receptor and insulin-like growth factor-I mRNA in hepatic tissue of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 3920-3926.

Randel R.D., C.C. Chase Jr., S.J. Wyse. 1992. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. *J Anim. Sci.* 70:1628-1638.

Rhoads, R.P., J.W. Kim, B.J. Leury, L.H. Baumgard, N. Segoale, S.J. Frank, D.E. Bauman, and Y.R. Boisclair. 2004. Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. *J. Nutr.* 134: 1020-1027.

Risco, C.A., C.A. Holmberg, and A. Kutches. 1992. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. *J. Dairy Sci.* 75: 2787-2798.

Santos, J.E.P., S.O. Juchem, R.L.A. Cerri, K.N. Galvão, R.C. Chebel, W.W. Thatcher, C. Dei, and C. Bilby. 2004a. Effect of bST and reproductive management on reproductive and lactational performance of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 868-881.

Santos, J.E.P., W.W. Thatcher, R.C. Chebel, R.L.A. Cerri, and K.N. Galvão. 2004b. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrous synchronization programs. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83C: 513-535.

Santos, J.E.P., M. Villaseñor, E.J. DePeters, P.H. Robinson, and C.H. Holmberg. 2003. Type of cottonseed and gossypol in diets of lactating dairy cows: Plasma gossypol, reproduction, and health. *J. Dairy Sci.* 86:892-905.

Santos, J.E.P., M. Villaseñor, E.J. DePeters, P.H. Robinson, and B.C. Baldwin. 2002. Effect of type of cottonseed and gossypol intake on plasma gossypol and performance of lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:1491-1501.

---

Santos, J.E.P., J.T. Huber, C.B. Theurer, C.M. Nussio, L.G. Nussio, M. Tarazon, and D. Fish. 2000. Effects of grain processing and bovine somatotropin on metabolism and ovarian activity of dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 83:1004-1015.

Staples, C.R., J.M. Burke, and W.W. Thatcher. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81:856-871.

Stevenson, J.S. 2001. Reproductive management of dairy cows in high milk-producing herds. *J. Dairy Sci.* 84(E. Suppl.):E128-E143.

Sumida, C., R. Graber, E. Nunez. 1993. Role of fatty acids in signal transduction: modulators and messengers. *Prost. Leukot. Essent. Fatty Acids* 48: 117-122.

Thatcher, W.W., T. Bilby, C.R. Staples, L. MacLaren, and J. Santos. Effects of polyunsaturated fatty acids on reproductive processes in dairy cattle. In *Proc. Southwest Nutrition & Management Conference, Bioproducts, Inc. Pre-Conference Symposium*. Phoenix, AZ, February 26, 2004.

Theurer C.B., J.T. Huber, A. Delgado-Elorduy, and R. Wanderley 1999. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1950-9.

Vasconcelos, J.L.M., S. Sangsritavong, S.J. Tsai, and M.C. Wiltbank. 2003. Acute reduction in serum progesterone concentrations after feed intake in dairy cows. *Theriogenology*. 60: 795-807.

Velasquez-Pereira, J., P.J. Chenoweth, L.R. McDowell, C.A. Risco, C.A. Staples, D. Prichard, F.G. Martin, M.C. Calhoun, S.N. Williams, N.S. Wilkinson. 1998. Reproductive effects of feeding gossypol and vitamin E to bulls. *J Anim Sci.* 76: 2894-2904.

Villa-Godoy, A., T.L. Hughes, R.S. Emery, T.L. Chaplin, and R.L. Fogwell. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:1063-1069.

Villaseñor, M., A.C. Coscioni, K.N. Galvão, S.O. Juchem, J.E.P. Santos, and B. Puschner. 2003. Effect of gossypol intake on plasma and uterine gossypol concentrations and on embryo development and viability *in vivo* and *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 86(Suppl. 1):240 (Abstr.).

Wade, G.N., and J.J. Jones. 2004. Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am. J. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 287: 1277-1296.

---