

Influência da ingestão alimentar na fisiologia reprodutiva da fêmea bovina¹ *Influence of feed intake on the reproductive physiology of the cow*

Roberto Sartori, Marcos Rollemberg Mollo

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, Brasil, 70770-900
Correspondência: sartori@cenargen.embrapa.br

Resumo

Este artigo discute aspectos relacionados aos efeitos da ingestão alimentar na fisiologia reprodutiva de novilhas e vacas. Em fêmeas de corte e leite a quantidade de alimento ingerido ou a fonte de energia fornecida afetam características do ciclo estral, tais como duração do ciclo, padrão de ondas foliculares, dimensão das estruturas ovarianas e concentrações circulantes de hormônios esteróides. A duração e intensidade do estro também podem sofrer alterações dependendo do regime alimentar empregado. Restrição alimentar pode alterar padrões do ciclo estral e de ciclicidade por reduzir concentrações sanguíneas de IGF-I, glicose e insulina, entre outros. Alta ingestão alimentar, por sua vez, está relacionada a um metabolismo elevado dos hormônios esteróides.

Palavras-chave: nutrição, reprodução, fisiologia, vaca.

Abstract

This review article discusses aspects related to the effects of feed intake on the reproductive physiology of heifers and cows. In beef and dairy females the amount of food or the energy source given affects estrus cycle characteristics, such as cycle length, follicular wave pattern, size of ovarian structures, and circulating concentration of steroid hormones. The length and intensity of estrus can also be affected by the feed regimen. Feed restriction can alter estrus cycles and cyclicity patterns by reducing serum concentrations of IGF-I, glucose, and insulin, among others. High feed intake is related to a high steroid metabolism.

Keywords: nutrition, reproduction, physiology, cow.

Introdução

A reprodução nos animais sofre influência de vários fatores, como espécie, raça, idade, escore de condição corporal (ECC) e nutrição. Dentre estes, a nutrição tem um papel reconhecidamente importante por afetar diretamente aspectos da fisiologia e performance reprodutiva na fêmea bovina. Diversos fatores nutricionais exercem influência na reprodução em bovinos, entretanto, esta revisão tem a proposta de discutir apenas a influência da ingestão alimentar na fisiologia reprodutiva de fêmeas bovinas de corte e leite. Serão apresentadas também algumas informações de estudos em ovinos, como parâmetros comparativos ou informações adicionais sobre o tema em discussão.

Balanço energético e condição corporal pós-parto

Vacas leiteiras são as fêmeas bovinas geralmente acometidas por um balanço energético negativo (BEN) mais severo no período pós-parto. Durante as últimas semanas de gestação e início da lactação as vacas leiteiras apresentam um período de BEN. O BEN ocorre, entre outras coisas, porque o pico de produção de leite se estabelece 4 a 6 semanas antes do pico de ingestão de matéria seca (IMS) e a energia utilizada para manutenção e produção de leite, é maior do que a energia adquirida pela alimentação. Quando as vacas estão em BEN, as concentrações sanguíneas de ácidos graxos não esterificados (AGNE) aumentam, enquanto que as de IGF-I, glicose e insulina estão baixas. Essa alteração nos níveis sanguíneos desses metabólitos e hormônios está geralmente associada ao comprometimento da função ovariana e fertilidade. Atraso na ovulação pós-parto está diretamente relacionado com o status energético da vaca (Beam e Butler, 1998), ou seja, quanto maior o BEN, maior o tempo para a primeira ovulação. O atraso da primeira ovulação pós-parto está associado a efeitos adversos na eficiência reprodutiva subsequente da vaca. Alguns pesquisadores sugerem que um retorno mais cedo à ciclicidade seja benéfico à performance reprodutiva (Stevenson *et al.*, 1983; Staples *et al.*, 1990; Senatore *et al.*, 1996; Darwash *et al.*, 1997), devido ao aumento no número de ciclos estrais antes da inseminação artificial

¹Palestra apresentada no XVII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 31 de maio a 2 de junho de 2007, Curitiba/PR.

(IA) estar associado à maior taxa de concepção (TC) na primeira IA (Thatcher e Wilcox, 1973). Em contraste, outros estudos relataram queda na eficiência reprodutiva em vacas com atividade luteal mais cedo no período pós-parto (Ball e McEwan, 1998; Smith e Wallace, 1998), ou nenhuma relação evidente entre o momento da ovulação pós-parto e fertilidade (Royal *et al.*, 2000). Uma explicação para o efeito negativo da ovulação mais cedo no pós-parto na fertilidade, seria uma possível associação entre atividade luteal precoce e involução uterina retardada (Smith e Wallace, 1998). Além disso, uma alta incidência de corpo lúteo (CL) persistente, que geralmente está associado à infecção uterina, foi observada em vacas com atividade luteal mais precoce (Ball e McEwan, 1998; Smith e Wallace, 1998). Vacas com CL persistente têm menor eficiência reprodutiva (Lamming e Darwash, 1998).

Durante o período de BEN há uma perda de condição corporal (CC) nas vacas, que se exacerba com a diminuição na ingestão alimentar. Esta queda de CC, muitas vezes independente da CC em que a vaca se apresenta ao parto, está diretamente associada ao atraso na primeira ovulação e aumento nos dias para concepção. Vacas com maior perda de CC nas primeiras semanas de lactação apresentaram pior eficiência reprodutiva (Butler e Smith, 1989; Ferguson, 1991), dentre elas, vacas que pariram com escore de CC elevado (Zulu *et al.*, 2002). O mecanismo pelo qual o BEN e perda de CC relacionam-se ao atraso da ovulação pós-parto está provavelmente associado à baixa pulsatilidade de LH (Butler e Smith, 1989). O restabelecimento da pulsatilidade normal de LH é o fator determinante para o reinício do crescimento folicular e ciclicidade nas vacas pós-parto. Foi demonstrado que uma disponibilidade reduzida de glicose e insulina estava relacionada a uma menor frequência de pulsos de LH e baixa produção de IGF-I pelo fígado, o que reduz a capacidade de resposta dos ovários às gonadotrofinas.

Apesar da avaliação do escore de CC ser uma ferramenta importante para o manejo nutricional e reprodutivo em bovinos, ela não pode ser utilizada sozinha. Por exemplo, em um estudo (Sartori *et al.*, 2004a) que avaliou a ciclicidade em vacas de alta produção (44,5 kg de leite por dia) com 80 dias em lactação, em média, não se detectou diferença no escore de CC no grupo que apresentava ciclicidade normal ($3,4 \pm 0,2$) comparado ao grupo com ciclicidade alterada ($3,0 \pm 0,1$).

Em bovinos de corte, a performance reprodutiva também está associada ao ECC (Bossis *et al.*, 2000), o qual é um dos fatores que podem afetar o crescimento e persistência do folículo dominante (Rhodes *et al.*, 1995) no período pós-parto. Como mencionado anteriormente, o BEN afeta níveis sistêmicos de IGF, insulina e GH, e altera a frequência de pulsos de LH, comprometendo, conseqüentemente, o crescimento folicular (Grimard *et al.*, 1995) e atrasando a primeira ovulação pós-parto. Em casos extremos, quantidades insuficientes de alimento na dieta influenciam o desenvolvimento folicular, chegando ao ponto de causar condição anovulatória quando as fêmeas são submetidas a períodos prolongados de subnutrição (Rhodes *et al.*, 1996; Bossis *et al.*, 2000).

Ingestão de matéria seca (energia)

Em vacas leiteiras, a correlação entre produção de leite e ingestão de matéria seca (MS) é alta e positiva, 0,88 (Harrison *et al.*, 1990). Essa alta ingestão alimentar pode influenciar diversos aspectos fisiológicos na vaca e em outros ruminantes. Por exemplo, em um estudo de Murphy *et al.* (1991), novilhas mestiças Holandês x Hereford que foram subalimentadas (70% da dieta de manutenção) apresentaram uma predominância de três ondas foliculares (5/7 = 71%), enquanto que apenas 20% (1/5) das superalimentadas (180% da dieta de manutenção) apresentaram três ondas foliculares no ciclo estral. Entretanto, um estudo realizado em novilhas Nelore no Brasil com um maior número de animais, não confirmou estas observações (Mollo e Sartori, 2007; informação pessoal). Neste estudo a distribuição de ciclos com duas, três e quatro ondas foi de aproximadamente 25,0, 55,0 e 20,0%, respectivamente, para as novilhas com baixa (n = 16) ou alta (n = 18) ingestão alimentar. Quanto à população de folículos antrais nos ovários, Mackey *et al.* (2000) descreveram uma redução no número de folículos emergindo na onda folicular após restrição alimentar aguda em novilhas. Em ovinos, um aumento na ingestão alimentar resultou em um aumento na taxa de ovulação (Haresign, 1981), e restrições alimentares reduziram o número de folículos ovulatórios (Yaakub *et al.*, 1997). Gutierrez *et al.* (1997) observaram um aumento no desenvolvimento de folículos pequenos relacionado ao aumento da ingestão alimentar em novilhas. Martins *et al.* (2006), observaram um número maior de folículos >3 mm nos ovários em vacas zebuínas superalimentadas ($17,1 \pm 0,8$) em relação ao grupo que sofreu restrição alimentar ($14,1 \pm 0,8$). Experimentos que compararam fêmeas bovinas em categorias zootécnicas distintas (inclusive com diferentes níveis de ingestão de alimento) descreveram diversas diferenças na função ovariana e na fisiologia reprodutiva dos animais. Agrupando resultados de vários trabalhos científicos que avaliaram função ovariana em novilhas holandesas e vacas holandesas lactantes, um total de 230 ciclos de 224 vacas e 104 ciclos de 97 novilhas foi obtido. A média do intervalo interovulatório (ou duração do ciclo estral) nas vacas lactantes foi de 23 dias e nas novilhas de 21 dias. Este intervalo interovulatório relatado na literatura é, de fato, geralmente mais longo em vacas do que em novilhas. Nesses estudos, o momento da luteólise durante um ciclo estral normal ocorreu entre os dias 14 e 19 em

novilhas e entre os dias 16 e 24 nas vacas. Quando vacas lactantes de alto e baixo mérito genético para produção de leite foram comparadas (Lucy *et al.*, 1998) observou-se que a luteólise ocorreu um pouco mais tardiamente nas vacas com alto mérito genético. Alguns pesquisadores relataram que vacas lactantes desenvolveram folículos dominantes/ovulatórios maiores, porém, tiveram concentrações séricas de estradiol (E2) mais baixas quando comparadas a novilhas nulíparas (Ahmad *et al.*, 1996; Wolfenson *et al.*, 2004) ou a vacas não lactantes (De La Sota *et al.*, 1993). As razões para menores concentrações de E2 circulante em vacas lactantes estão, provavelmente, relacionadas a uma menor produção pelos folículos ou a um maior metabolismo deste hormônio. Aparentemente, não há nenhum estudo que tenha confirmado a hipótese de que folículos de vacas lactantes são menos esteroidogênicos do que em novilhas ou vacas não lactantes. Por outro lado, Sangsritavong *et al.* (2002a) demonstraram que vacas lactantes têm um metabolismo de E2 muito maior do que não lactantes. Portanto, é muito provável que os folículos das vacas lactantes tenham que continuar a crescer um pouco mais para produzirem E2 suficiente para induzirem comportamento de cio e o pico pré-ovulatório de GnRH/LH. Se as vacas lactantes ovulam folículos maiores, é esperado que também tenham maiores CLs, uma vez que há uma correlação positiva entre tamanho do folículo ovulatório e volume de tecido luteal (Vasconcelos *et al.*, 2001; Sartori *et al.*, 2002a). Estudos que compararam vacas lactantes a novilhas (Wolfenson *et al.*, 2004), ou a vacas não lactantes (De La Sota *et al.*, 1993) descreveram menores concentrações circulantes de progesterona (P4) nas vacas lactantes. Portanto, vacas lactantes ovulam folículos maiores e produzem um CL maior, entretanto, têm concentrações séricas de P4 reduzidas, provavelmente devido ao maior metabolismo deste esteróide nessa categoria animal. Em estudos realizados em Wisconsin (Sartori *et al.*, 2002a; b; 2004a), comparamos vacas lactantes (n = 31; >40 kg de leite/dia) a novilhas púberes (n = 29; 12 a 16 meses de idade) durante o verão, e vacas lactantes (n = 27; >45 kg de leite/dia) a vacas não lactantes não gestantes (n = 26) durante o inverno. Durante o verão, as vacas lactantes ovularam folículos maiores do que as novilhas, mas apesar disso, o pico de E2 antes da ovulação foi menor nas vacas. De forma similar, o pico de P4 durante o ciclo estral foi menor em vacas do que em novilhas, apesar das vacas, em geral, terem CL maior. Na comparação entre vacas lactantes e não lactantes durante o inverno, o pico de E2 antes da ovulação foi similar (7,6 vs 8,5 pg/ml), apesar das vacas lactantes terem ovulado folículos maiores (18,6 vs 16,2 mm). Seis dias após a ovulação, as vacas lactantes tiveram CL maior do que as vacas não lactantes (7600 vs 5100 mm³), mas apesar disso, as concentrações séricas de P4 foram similares (2,2 e 1,9 ng/ml). Estudos com novilhas de corte que receberam restrição alimentar ou superalimentação observaram uma diminuição na persistência (Murphy *et al.*, 1991) e tamanho do folículo dominante nas fêmeas com restrição (Murphy *et al.*, 1991; Mollo e Sartori, 2007; informação pessoal). Além disso, Mollo e Sartori (2007; informação pessoal) observaram volumes luteais maiores nas novilhas Nelore superalimentadas sem, entretanto, detectarem diferença nas concentrações séricas de P4 nos animais com restrição versus superalimentação.

Relatos na literatura sobre incidência de folículos codominantes ou ovulações duplas ou múltiplas em novilhas nulíparas ou em fêmeas de corte são raros. A maioria dos trabalhos que avaliaram características do ciclo estral em novilhas não relatou a ocorrência de folículos codominantes ou ovulação dupla (Quirk *et al.*, 1986; Sirois e Fortune, 1988; Ginther *et al.*, 1989; Ko *et al.*, 1991). Em um estudo em que avaliamos ovulação em novilhas Holandesas, apenas uma entre 54 (2%) ovulações foi dupla (Sartori *et al.*, 2004a). Por outro lado, estudos que avaliaram ovulações em vacas lactantes observaram uma alta incidência (10 a 39%) de ovulações múltiplas (Santos *et al.*, 2000; Vasconcelos *et al.*, 2001; Sartori *et al.*, 2002a; 2004a). A relação entre produção de leite e taxa de ovulação múltipla foi avaliada em outros estudos em Wisconsin (Fricke e Wiltbank, 1999; Lopez *et al.*, 2005). Um deles (Fricke e Wiltbank, 1999) avaliou a taxa de ovulação dupla em 240 vacas leiteiras que foram submetidas à sincronização da ovulação com o protocolo Ovsynch (Pursley *et al.*, 1995). A produção média de leite, determinada 3 dias antes da ovulação, foi de 40,7 ± 0,8 kg/d e as vacas foram segregadas em grupos acima ou abaixo da média. A taxa de ovulação dupla em vacas que apresentavam produção acima da média foi de 20,2%, contra 6,9% nas de produção abaixo da média. Esta diferença manteve-se, independentemente do número de lactações. Em outro estudo (Lopez *et al.*, 2005) que avaliou vacas de ovulação natural, foi observada uma correlação semelhante entre produção de leite e taxa de ovulação dupla. Vacas que produziam menos de 40 kg/dia apresentavam índice muito baixo de ovulação dupla, enquanto vacas produzindo acima de 50 kg/dia apresentavam acima de 50% de ovulação dupla.

Outra variável reprodutiva influenciada pelo nível de produção leiteira e/ou alimentação é a duração e intensidade de estro em bovinos. Utilizando o sistema de radiotelemetria HeatWatch® que possibilita observação contínua durante 24 horas por dia e detecta estro com grande acurácia, Nebel *et al.* (1997) compararam novilhas nulíparas a vacas lactantes das raças Holandesa e Jersey em relação às características de estro e observaram que as novilhas aceitaram mais montas por estro comparadas às vacas (Holandesa: 17 vs 7 aceites de monta; Jersey: 30 vs 10 aceites de monta) e tiveram maior duração de estro (Holandesa: 11 vs 7 horas; Jersey: 14 vs 8 horas). Em um estudo da Universidade de Wisconsin-Madison, avaliando a associação entre níveis de produção de leite e comportamento de estro, Lopez *et al.* (2004) observaram menor duração (6,2 vs 10,9 horas) e intensidade (6,3

vs 8,8 aceites de monta) de estro nas vacas de maior produção ($>39,5$ kg/dia) comparadas às de menor produção ($<39,5$ kg/dia) de leite. Essas diferenças de comportamento estral entre categorias distintas de animais, dentro da mesma raça, parecem estar relacionadas aos menores níveis circulantes de E2 em vacas lactantes comparadas às novilhas (Sartori *et al.*, 2002a; 2004a) e menor E2 em vacas de maior produção de leite comparado a vacas de menor produtividade, como demonstrado por Lopez *et al.* (2004). Neste estudo, vacas de alta produção (47 kg/d) produziram folículos maiores ($18,6 \pm 0,3$ vs $17,4 \pm 0,2$ mm de diâmetro), mas apresentaram níveis mais baixos de E2 ($6,8 \pm 0,5$ vs $8,6 \pm 0,5$ pg/mL) em comparação a vacas de baixa produção (32 kg/d). A duração do estro teve correlação positiva com concentrações de pico de E2 ($r = 0,57$) e negativa com a produção de leite ($r = -0,51$). O nível de produção de leite também apresentou correlação negativa com diâmetro folicular ($r = -0,45$). No estudo de Mollo e Sartori (2007; informação pessoal), novilhas Nelore submetidas a restrição alimentar apresentaram duração de estro mais prolongada e comportamento de cio mais intenso, caracterizado por três vezes mais aceites de monta quando comparadas às novilhas superalimentadas.

Os mecanismos responsáveis pelo efeito da alimentação sobre a função ovariana podem ser diversos. Dentre eles, acredita-se que o consumo elevado de energia ou de IMS esteja altamente envolvido. Estima-se que o aumento da IMS cause um aumento do fluxo sanguíneo para o fígado (Symonds e Prime, 1989; Parr *et al.*, 1993b; Miller *et al.*, 1999; Sangsritavong *et al.*, 2002a) onde há uma grande metabolização dos hormônios esteróides P4 e E2 (Parr *et al.*, 1993a; b; Wiltbank *et al.*, 2000; Sangsritavong *et al.*, 2002a; Vasconcelos *et al.*, 2003). Consequentemente, quanto maior a IMS, menores concentrações sanguíneas circulantes desses hormônios são observadas. De fato, Nolan *et al.* (1998) descreveram uma maior concentração sérica de P4 em novilhas com alimentação restrita comparadas às superalimentadas. Alterações nas concentrações sanguíneas de P4 e E2 podem afetar padrões de desenvolvimento folicular (Sirois e Fortune, 1988; Knopf *et al.*, 1989).

Gordura

Gorduras na dieta podem influenciar positivamente a reprodução das fêmeas pela alteração do folículo ovariano e função do CL, por melhorar o *status* energético e pelo aumento dos precursores das sínteses dos hormônios reprodutivos como os esteróides e as prostaglandinas (Staples *et al.*, 1998; Mattos *et al.*, 2000; 2002). Além disso, a adição de gordura a dietas de vacas no pré e pós-parto tem a função de aumentar o conteúdo energético destas, reduzindo assim o período de BEN. Óleos de plantas são ricos em ácidos oléico C18:1 e linoléico C18:2, os quais aumentam a gliconeogênese pelo incremento na produção de propionato no rúmen (Chalupa *et al.*, 1986). Por causa deste efeito, a concentração de insulina circulante também pode aumentar. Os efeitos da insulina e IGF-I sobre a função reprodutiva já foram discutidos anteriormente.

Diversos tipos de fonte de gordura foram utilizados na alimentação de vacas, dentre eles, óleos vegetais, ricos em ácidos graxos poliinsaturados, e gordura animal, rica em gordura saturada. Além desses, o óleo de peixe também tem sido usado e é rico em ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, especialmente EPA (C20:5) e DHA (C22:6). De acordo com Santos e Amstalden (1998), os triglicerídeos nas gorduras e óleos são hidrolisados no rúmen e os ácidos graxos livres insaturados são biohidrogenados pelos microorganismos ruminais. Por outro lado, os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa encontrados no óleo de peixe são pouco biohidrogenados e, portanto, uma grande parte desses ácidos graxos insaturados passa ao intestino delgado. Acredita-se que o efeito positivo da gordura sobre a função reprodutiva seja principalmente devido aos ácidos graxos poliinsaturados (Ambrose e Kastelic, 2003; Petit, 2003).

A gordura pode ser manufaturada para ter pouco ou nenhum efeito na fermentação do rúmen, sendo assim denominada gordura protegida no rúmen (GPR) ou gordura inerte no rúmen ("rumen inert"). As fontes mais comuns comercialmente disponíveis de GPR incluem ácidos graxos hidrogenados e sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (CaLCFA). Com o advento desses sais ou sabões de cálcio, houve a possibilidade de disponibilização de ácidos graxos poliinsaturados (ácido linoléico, linolênico C18:3, EPA e DHA, por exemplo) para o intestino delgado.

Em alguns trabalhos, foi evidenciado que vacas alimentadas com CaLCFA tiveram melhores índices de fertilidade que as vacas alimentadas com outras gorduras ou outras fontes de energia (Staples *et al.*, 1998). Outro estudo (McNamara *et al.*, 2003) mostrou que suplementos alimentares com gordura aumentaram a taxa de concepção ao primeiro serviço, mas não afetaram significativamente a taxa de prenhez ao final da estação de monta em vacas holandesas.

Os efeitos positivos da suplementação alimentar com gordura em vacas leiteiras, podem ocorrer pelo estímulo do crescimento folicular ovariano em associação a um aumento no balanço energético (Lucy *et al.*, 1991). Alguns estudos demonstraram um aumento na população folicular em vacas suplementadas com CaLCFA (Lucy *et al.*, 1991; Beam e Butler, 1997), e outros demonstraram um aumento no tamanho do folículo ovulatório, quando utilizaram ácidos graxos poliinsaturados sob a forma de CaLCFA (Beam e Butler, 1997; Staples *et al.*, 2000). A ovulação de um folículo maior pode resultar em um CL maior (Vasconcelos *et al.*, 2001; Sartori *et al.*,

2002a) e com aumento da capacidade esteroidogênica. Além disso, no estudo de Hawkins *et al.* (1995), vacas suplementadas com CaLCFA apresentaram aumento nas concentrações séricas de colesterol, HDL, e P4. Colesterol é precursor de esteróides, portanto, aumentando as concentrações sanguíneas de colesterol, há a possibilidade de, concomitantemente, estar havendo aumento nos níveis circulantes dos esteróides. Hawkins *et al.* (1995) também observaram um maior tempo para a queda nos níveis sanguíneos de P4 após ovariectomia nas vacas suplementadas com gordura. Este resultado sugere que a alimentação com gordura tenha retardado a metabolização da P4. Um experimento *in vitro* (Sangsritavong *et al.*, 2002b) reforçou essa hipótese demonstrando que ácidos graxos livres (especialmente o ácido linolênico C18:3) retardaram o metabolismo de esteróides P4 e E2 em fatias de fígado. Esse estudo, entretanto, utilizou quantidades de ácidos graxos que seriam impossíveis de serem fornecidas através da dieta em vacas. Em um trabalho *in vivo* (Sartori *et al.*, 2004b) foi avaliado se a adição de óleo de linhaça, rico em C18:3, diretamente no abomaso e em quantidades possíveis de serem ingeridas diariamente, iria retardar o metabolismo de esteróides. Apesar de ter-se alterado o perfil plasmático de ácidos graxos, com um aumento de 46% em C18:3 (de 4,8 para 7,0% do total de ácidos graxos plasmáticos), não houve uma inibição aparente no metabolismo dos esteróides P4 e E2.

A adição de gordura na dieta tem influenciado a função luteal de três maneiras diferentes: pela ação direta na produção de P4, pela alteração na produção de eicosanóides dentro do tecido luteal e/ou pela interação com o sistema controlador da luteólise e reconhecimento materno fetal da gestação (Petit, 2003). A formação de eicosanóides (compostos bioativos que incluem as prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos) inicia-se com a liberação de ácido aracônico (AA) dos fosfolipídios através da ação da fosfolipase A2 (PLA2). Portanto, o aumento da atividade da fosfolipase A2 leva ao aumento do AA e assim de seus metabólitos, incluindo a PGF2 α , a qual é responsável pela luteólise, diminuindo assim a produção de P4.

Os ácidos graxos da família n-6 (como o ácido linoléico) aumentam a síntese de prostaglandina, enquanto que os da família n-3 (como o ácido linolênico) podem reduzir o AA e a síntese de prostaglandina através da inibição das enzimas PLA2 e ciclooxigenase (Thatcher *et al.*, 2001). Diante disso, tem-se proposto duas estratégias de suplementação de gordura em vacas leiteiras. Uma com ácidos graxos insaturados da família n-6 durante o período peri-parto e outra rica em ácidos graxos insaturados da família n-3 durante o período de serviço. A dieta com ácidos graxos insaturados da família n-6, por aumentar a síntese de prostaglandinas e atuar no crescimento folicular, pode ter efeito benéfico no parto além de auxiliar na involução uterina pós-parto, restabelecer a ciclicidade mais precocemente e ajudar no crescimento folicular e na ovulação. Já, a dieta com ácidos graxos insaturados da família n-3 pode ter um efeito positivo pelo seu potencial de redução da secreção de PGF2 α pelo útero e diminuição da sensibilidade do CL à PGF2 α . Reduzindo a liberação de PGF2 α após a IA, potencialmente melhora a fertilidade pela redução de perdas embrionárias causadas pela falha na supressão da liberação de PGF2 α , durante o início da gestação (Binelli *et al.*, 2001). Além disso, durante essa fase, maiores concentrações circulantes de P4 resultantes da suplementação com gordura podem auxiliar no desenvolvimento embrionário, incrementando a sua produção e secreção de interferon- τ (Mann *et al.*, 1999), prevenindo assim a luteólise e mantendo a gestação.

A bovinos de corte, Filley *et al.* (2000) forneceram gordura protegida (sais de cálcio de óleo de palma) para novilhas de primeira cria por 30 dias depois do parto, com o intuito de aumentar as concentrações plasmáticas de prostaglandinas e ácido linoléico, no pós-parto, já que este ácido graxo é precursor da PGF2 α que é importante na involução uterina e função ovariana. Relataram um aumento do metabólito da PGF2 α , imediatamente após o parto, porém, não observaram melhorias nas taxas de prenhez e no primeiro estro. Outros pesquisadores (Raes *et al.*, 2004), trabalhando com suplementação de gordura para vacas no pós-parto, observaram diminuição dos dias para o retorno ao estro e melhores taxas de concepção. A suplementação de ácidos graxos em dietas isonérgicas, antes da estação de monta levou ao aumento do número de vacas ciclando no começo deste período.

Conclusões

Na tentativa de se obter animais com ciclicidade e fertilidade otimizadas, deve-se fazer um manejo nutricional adequado, respeitando as exigências alimentares de cada categoria zootécnica. Entretanto, principalmente para vacas leiteiras, ocorre um paradoxo. Para que as vacas produzam mais leite há a necessidade de aumentar a IMS. Esta, por sua vez, está relacionada a alterações no padrão de ciclicidade e de comportamento, e queda de fertilidade. Para contornar, ou pelo menos aliviar este problema, algumas estratégias têm sido propostas tais como, prevenir ou reduzir perda de CC pós-parto, adição de gordura de forma estratégica às dietas e uso de programas hormonais para sincronização de estro ou ovulação.

Referências

- Ahmad N, Beam SW, Butler WR, Deaver DR, Duby RT, Elder DR, Fortune JE, Griel LC, Jones LS, Milvae RA, Pate JL, Revah I, Schreiber DT, Townson DH, Tsang PCW, Inskeep EK. Relationship of fertility to patterns of ovarian follicular development and associated hormonal profiles in dairy cows and heifers. *J Anim Sci*, v.74, p.1943-1952, 1996.
- Ambrose DJ, Kastelic JP. Dietary fatty acids and dairy cow fertility. *Adv Dairy Technol*, v.15, p.35-47, 2003.
- Ball PJH, McEwan EEA. The incidence of prolonged luteal function following early resumption of ovarian activity in post partum dairy cows. In: British Society of Animal Science. *Proceedings...* Edinburgh: BSAS, 1998. p.187. Resumo.
- Beam SW, Butler WR. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod*, v.56, p.133-142, 1997.
- Beam, SW, Butler WR. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J Dairy Sci*, v.81, p.121-131, 1998.
- Binelli M, Thatcher WW, Mattos R, Baruselli PS. Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. *Theriogenology*, v.56, p.1451-1463, 2001.
- Bossis I, Wettemann RP, Welty SD, Vizcarra J, Spicer LJ. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. *Biol Reprod*, v.62, p.1436-1444, 2000.
- Butler WR, Smith RD. Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*, v.7, p.767-783, 1989.
- Chalupa W, Vecchiarelli B, Elser A., Kronfeld DS, Sklan D, Palmquist DL. Ruminal fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. *J Dairy Sci*, v.69, p.1293-1301, 1986.
- Darwash AO, Lamming GE, Woolliams JA. The phenotypic association between the interval to post-partum ovulation and traditional measures of fertility in dairy cattle. *Anim Sci*, v.65, p.9-16, 1997.
- De La Sota RL, Lucy MC, Staples CR, Thatcher WW. Effects of recombinant bovine somatotropin (Sometribove) on ovarian function in lactating and nonlactating dairy cows. *J Dairy Sci*, v.76, p.1002-1013, 1993.
- Ferguson, JD. Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet Clin N Am Food Anim Pract*, v.7, p.483-507, 1991.
- Filley SJ, Turner HA, Stormshak F. Plasma fatty acids, prostaglandin F2 α metabolite, and reproductive response in postpartum heifers fed rumen by-pass fat. *J Anim Sci*, v.78, p.139-144, 2000.
- Fricke PM, Wiltbank MC. Effect of milk production on the incidence of double ovulation in dairy cows. *Theriogenology*, v.52, p.1133-1143, 1999.
- Ginther OJ, Knopf L, Kastelic JP. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves. *J Reprod Fertil*, v.87, p.223-230, 1989.
- Grimard B, Humblot P, Ponter AA, Mialot JP, Sauvant D, Thibier M. Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *J Reprod Fertil*, v.104, p.173-179, 1995.
- Gutierrez CG, Oldham J, Bramley TA, Gong JG, Campbell BK, Webb R. The recruitment of ovarian follicles is enhanced by increased dietary intake in heifers. *J Anim Sci*, v.75, p.1876-1884, 1997.
- Haresign W. The influence of nutrition on reproduction in the ewe. 1. Effects on ovulation rate, follicle development and luteinizing-hormone release. *Anim Prod*, v.32, p.197-202, 1981.
- Harrison RO, Ford SP, Young JW, Conley AJ, Freeman AE. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*, v.73, p.2749-2758, 1990.
- Hawkins DE, Niswender KD, Oss GM, Moeller CL, Odde KG, Sawyer HR, Niswender GD. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *J Anim Sci*, v.73, p.541-545, 1995.
- Knopf L, Kastelic JP, Schallenberger E, Ginther OJ. Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two-wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Dom Anim Endocrinol*, v.6, p.111-119, 1989.
- Ko JCH, Kastelic JP, Del Campo MR, Ginther OJ. Effects of a dominant follicle on ovarian follicular dynamics during the oestrous cycle in heifers. *J Reprod Fertil*, v.91, p.511-519, 1991.
- Lamming GE, Darwash AO. The use of milk progesterone profiles to characterize components of subfertility in milked dairy cows. *Anim Reprod Sci*, v.52, p.175-190, 1998.
- Lopez H, Caraviello DZ, Satter LD, Fricke PM, Wiltbank MC. Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, v.88, p.2783-2793, 2005.
- Lopez H, Satter LD, Wiltbank MC. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci*, v.81, p.209-223, 2004.

- Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW, Bolt DJ. Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F₂ alpha, luteinizing hormone, and follicular growth. *J Dairy Sci*, v.74, p.483-489, 1991.
- Lucy MC, Weber WJ, Baumgard LH, Seguin BS, Koenigsfeld AT, Hansen LB, Chester-Jones H, Crooker BA. Reproductive endocrinology of lactating dairy cows selected for increased milk production. *J Dairy Sci*, v.81, suppl. 1, p.246, 1998. Abstract.
- Mackey DR, Wylie AR, Sreenan JM, Roche JF, Diskin MG. The effect of acute nutritional change on follicle wave turnover, gonadotropin, and steroid concentration in beef heifers. *J Anim Sci*, v.78, p.429-442, 2000.
- Mann GE, Robinson RS, Wathes DC, Lamming GE. The regulation of interferon- τ production and uterine hormone receptors during early pregnancy. *J Reprod Fertil Suppl*, n.54, p.317-328, 1999.
- Martins AC, Ramos AF, Mollo MR, Pivato I, Camara JU, Carrijo LHD, Driessen K, Rumpf R, Sartori R. Influência da alta ou baixa ingestão alimentar na produção in vitro de embriões bovinos. *Acta Sci Vet*, v.34, suppl. 1, p.290, 2006. Resumo.
- Mattos R, Staples CR, Thatcher WW. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev Reprod*, v.5, p.38-45, 2000.
- Mattos R, Staples CR, Williams J, Amorcho A, McGuire MA, Thatcher WW. Uterine, ovarian, and production responses of lactating dairy cows to increasing dietary concentrations of menhaden fish meal. *J Dairy Sci*, v.85, p.755-764, 2002.
- McNamara S, Butler T, Ryan DP, Mee JF, Dillon P, O'Mara FP, Butler ST, Anglesey D, Rath M, Murphy JJ. Effect of offering rumen-protected fat supplements on fertility and performance in spring-calving Holstein-Friesian cows. *Anim Reprod Sci*, v.79, p.45-56, 2003.
- Miller HM, Foxcroft GR, Squires J, Aherne FX. The effects of feed intake and body fatness on progesterone metabolism in ovariectomized gilts. *J Anim Sci*, v.77, p.3253-3261, 1999.
- Murphy MG, Enright WJ, Crowe MA, McConnell K, Spicer LJ, Boland MP, Roche JF. Effect of dietary-intake on pattern of growth of dominant follicles during the estrous-cycle in beef heifers. *J Reprod Fertil*, v.92, p.333-338, 1991.
- Nebel RL, Jobst SM, Dransfield MBG, Pandolfi SM, Bailey TL. Use of a radiofrequency data communication system, Heat Watch, to describe behavioral estrus in dairy cattle. *J Dairy Sci*, v.80, p.151, 1997.
- Nolan R, O'Callaghan D, Duby RT, Lonergan P, Boland MP. The influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following superovulation in beef heifers. *Theriogenology*, v.50, p.1263-1274, 1998.
- Parr RA, Davis IF, Miles MA, Squires TJ. Feed intake affects metabolic clearance rate of progesterone in sheep. *Res Vet Sci*, v.55, p.306-310, 1993a.
- Parr RA, Davis IF, Miles MA, Squires TJ. Liver blood flow and metabolic clearance rate of progesterone in sheep. *Res Vet Sci*, v.55, p.311-316, 1993b.
- Petit HV. Effects of dietary fat on reproduction. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2003, Fort Wayne, Indiana. *Proceedings...* Fort Wayne, Indiana: Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2003. p.35-47.
- Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2 α} and GnRH. *Theriogenology*, v.44, p.915-923, 1995.
- Quirk SM, Hickey GJ, Fortune JE. Growth and regression of ovarian follicles during the follicular phase of the oestrous cycle in heifers undergoing spontaneous and PGF-2 alpha-induced luteolysis. *J Reprod Fertil*, v.77, p.211-219, 1986.
- Raes K, De Smet S, Demeyer D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim Feed Sci Tech*, v.113, p.199-221, 2004.
- Rhodes FM, Entwistle KW, Kinder JE. Changes in ovarian function and gonadotropin secretion preceding the onset of nutritionally induced anestrus in *Bos indicus* heifers. *Biol Reprod*, v.55, p.1437-1443, 1996.
- Rhodes FM, Fitzpatrick LA, Entwistle KW, Déath G. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *J Reprod Fertil*, v.104, p.41-49, 1995.
- Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Woolliams JA, Lamming GE. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim Sci*, v.70, p.487-501, 2000.
- Sangsrivong S, Combs DK, Sartori R, Wiltbank MC. High feed intake increases blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 β in dairy cattle. *J Dairy Sci*, v.85, p.2831-2842, 2002a.
- Sangsrivong S, Mashek DG, Gumen A, Haughian JM, Grummer RR, Wiltbank MC. Metabolic clearance rate of progesterone and estradiol-17 β is decreased by fat. *J Anim Sci*, v.80, suppl. 1, p.142, 2002b. (Resumo).
- Santos JEP, Amstalden M. Effects of nutrition on bovine reproduction. *Arq Fac Vet UFRGS*, v.26, p.1-51, 1998.

- Santos JE, Huber JT, Theurer CB, Nussio CB, Nussio LG, Tarazon M, Fish D.** Effects of grain processing and bovine somatotropin on metabolism and ovarian activity of dairy cows during early lactation. *J Dairy Sci*, v.83, p.1004-1015, 2000.
- Sartori R, Haughian JM, Shaver RD, Rosa GJ, Wiltbank MC.** Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *J Dairy Sci*, v.87, p.905-920, 2004a.
- Sartori R, Rosa GJM, Wiltbank MC.** Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci*, v.85, p.2813-2822, 2002a.
- Sartori R, Sartor-Bergfelt R, Mertens SA, Guenther JN, Parrish JJ, Wiltbank MC.** Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci*, v.85, p.2803-2812, 2002b.
- Sartori R, Souza AH, Piccinato CA, Sangsritavong S, Luchini D, Grummer RR, Wiltbank MC.** Effects of intra-abomasal infusion of linseed oil on steroid metabolism in dairy cows. In: International Congress on Animal Reproduction, 15, 2004, Porto Seguro. *Abstracts ... Belo Horizonte: CBRA, 2004b*. v.2, p.311. Abstract.
- Senatore EM, Butler WR, Oltenacu PA.** Relationships between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. *Anim Sci*, v.62, p.17-23, 1996.
- Sirois J, Fortune JE.** Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod*, v.39, p.308-317, 1988.
- Smith MC, Wallace JM.** Influence of early post partum ovulation on the re-establishment of pregnancy in multiparous and primiparous dairy cattle. *Reprod Fertil Dev*, v.10, p.207-216, 1998.
- Staples CR, Burke JM, Thatcher WW.** Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J Dairy Sci*, v.81, p.856-871, 1998.
- Staples CR, Thatcher WW, Clark JH.** Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*, v.73, p.938-947, 1990.
- Staples CR, Wiltbank MC, Grummer RR, Guenther JN, Sartori R, Diaz FJ, Bertics S, Mattos R, Thatcher WW.** Effect of long chain fatty acids on lactation performance and reproductive tissues of Holstein cows. *J Dairy Sci*, v.83, p.278, 2000.
- Stevenson JS, Schmidt MK, Call EP.** Factors affecting reproductive performance of dairy cows first inseminated after five weeks postpartum. *J Dairy Sci*, v.66, p.1148-1154, 1983.
- Symonds HW, Prime GR.** The influence of volume of food intake by gilts on blood flow in the portal vein and clearance of progesterone from plasma. *Anim Prod*, v.48, p.620-621, 1989.
- Thatcher WW, Guzeloglu A, Mattos R, Binelli M, Hansen TR, Pru JK.** Uterine-conceptus interactions and reproductive failure in cattle. *Theriogenology*, v.56, p.1435-1450, 2001.
- Thatcher WW, Wilcox CJ.** Postpartum estrus as an indicator of reproductive status in the dairy cow. *J Dairy Sci*, v.56, p.608-610, 1973.
- Vasconcelos JLM, Sangsritavong S, Tsai SJ, Wiltbank MC.** Acute reduction in serum progesterone concentrations after feed intake in dairy cows. *Theriogenology*, v.60, p.795-807, 2003.
- Vasconcelos JLM, Sartori R, Oliveira HN, Guenther JG, Wiltbank MC.** Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*, v.56, p.307-314, 2001.
- Wiltbank MC, Fricke PM, Sangsritavong S, Sartori R, Ginther OJ.** Mechanisms that prevent and produce double ovulation in dairy cattle. *J Dairy Sci*, v.83, p.2998-3007, 2000.
- Wolfenson D, Inbar G, Roth Z, Kaim M, Bloch A, Braw-Tal R.** Follicular dynamics and concentrations of steroids and gonadotropins in lactating cows and nulliparous heifers. *Theriogenology*, v.62, p.1042-1055, 2004.
- Yaakub H, O'Callaghan D, O'Doherty JV, Hyttel P.** Effect of dietary intake on follicle numbers and oocyte morphology in unsuperovulated and superovulated ewes. *Theriogenology*, v.47, p.182, 1997.
- Zulu VC, Sawamukai Y, Nakada K, Kida K, Moriyoshi M.** Relationship among insulin-like growth factor-I, blood metabolites and postpartum ovarian function in dairy cows. *J Vet Med Sci*, v.64, p.879-885, 2002.