

## **Ação Específica de Ácidos Graxos na Produção de Leite e na Reprodução**

José E.P. Santos, L.F. Greco, M. Garcia, W.W. Thatcher & C.R. Staples  
Department of Animal Sciences  
University of Florida

### **Introdução**

Os bovinos são alimentados com quantidades moderadas de ácidos graxos (**AG**) com o objetivo de melhorar crescimento, lactação, saúde e reprodução. A maioria dos lipídios usados para bovinos estão sob forma de triacilgliceróis em produtos de origem vegetal e animal, ou como AG livres ou AG saponificados com Ca nos suplementos de gordura processada. Uma das premissas do uso de gordura para alimentar bovinos é o teor calórico de maior densidade do que de outros ingredientes da dieta, que geralmente aumenta o teor calórico da dieta na tentativa de atender às necessidades energéticas maiores dos animais mais produtivos. O uso de gordura na alimentação, entretanto, pode influenciar o apetite e, quando diminuído, pode eliminar qualquer benefício resultante da ingestão calórica.

Alguns grupos são considerados como essenciais para os mamíferos porque as células dos mamíferos são incapazes de sintetizá-los. A característica essencial dos AG foi inicialmente descrita por Burr & Burr em uma série de manuscritos publicados no final da década de 1920 e início da década de 1930 (Burr et al., 1932). Os autores identificaram o ácido linolêico (C18:2 n6) e o ácido alfa-linolênico (C18:3 n3) como dois ácidos graxos essenciais para o crescimento, saúde estrutural da pele e reprodução em cobaias e ratos. Desde então, pesquisadores têm demonstrado a importância dos AG poliinsaturados (AGPI) como precursores de moléculas mediadoras de lipídios como prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos, leucotrienos, lipossinas e resolvinas, entre outras, que influenciam a função celular. Os AG poliinsaturados são incorporados aos fosfolipídios das membranas celulares, que influenciam as propriedades estruturais e funcionais das células.

Nos bovinos, a administração de AG poliinsaturado tem importante obstáculo para sua absorção, que é a biohidrogenação ruminal. Na verdade, a biohidrogenação ruminal de AG n-3 e n-6 foi extensa, mais de 80% dos AGPI da dieta foram modificados pela microflora ruminal, e por isso não estavam disponíveis para absorção no intestino delgado (Doreau & Ferlay, 1994). Apesar da extensa biohidrogenação de AG insaturados, a administração de teores crescentes de AG n-6 e n-3 altera a composição do tecido e influencia a função celular e o desempenho animal (Silvestre et al., 2011a; 2011b). Por isso, está claro que, apesar das limitações na administração de teores

---

<sup>1</sup> Contato: University of Florida, Department of Animal Sciences, P O Box 110910, Gainesville, FL 32611-0910; Fone: 352-392-1958 Ramal. 251; Fax: 352-392-1931; E-mail: jepsantos@ufl.edu

específicos de AG poliinsaturados, alterar a composição de AG da dieta pode influenciar o desempenho animal.

Os AG poliinsaturados das famílias n-6 e n-3 parecem ter os efeitos mais notáveis no desempenho animal. Não está claro, entretanto, se estes efeitos são mediados apenas por estes AG específicos ou por outros intermediários potenciais produzidos durante a biohidrogenação no rúmen.

### **Estudos Recentes na Universidade da Flórida**

Diversos experimentos foram conduzidos na Universidade da Flórida nos últimos 6 anos, avaliando o papel de ácidos graxos específicos sobre o desempenho do bezerro no pré-desmame e sobre o desempenho da vaca em lactação. Múltiplos parâmetros foram avaliados nestes estudos, com ênfase na composição dos tecidos, crescimento, lactação, respostas imunológicas e expressão gênica.

#### ***O desempenho do bezerro***

Foram conduzidos dois experimentos para avaliar o impacto da manipulação pré e/ou pós-natal do perfil de AG das dietas usadas na alimentação das fêmeas e/ou bezerros sobre a composição do colostro, transferência da imunidade passiva, crescimento do bezerro e desempenho.

#### ***Alterando o perfil de AG das dietas de vacas no pré-parto e transferência passiva***

A hipótese deste estudo foi que a suplementação das dietas das vacas com ácido linoléico altera o perfil de AG do colostro e influencia a eficiência da absorção da imunoglobulina (**Ig**) G nos bezerros. Vacas Holandesas prenhes, nulíparas (n = 28) e anteriormente paridas (n = 50), foram divididas para receber dietas pré-parto contendo baixos teores de AG de cadeia longa (< 1,8%) e tratamentos em que não havia suplementação de gordura (controle), 1,7% da matéria seca (**MS**) principalmente de AG livres saturados (**AGS**, “Energy Booster 100”, Milk Specialties, Dundee, IL), e 2,0% da MS da dieta como sais de Ca de AG contendo os ácidos graxos essenciais ácido linoléico e ácido alfa-linolênico (**AGE**, “Megalac R”, Church & Dwight, Princeton, NJ). As dietas tinham teor nutricional similar, com exceção das dietas suplementadas com AG que tinham maior densidade calórica e alteração no perfil de AGs.

O perfil de AG do colostro de bovinos alimentados com AGE refletiu a concentração de ácido linoléico no suplemento de gordura e seu metabolismo no rúmen de bovinos prenhes. A administração de AGE a vacas no pré-parto aumentou as proporções de ácido linoléico e derivados de n-6, indicando a atividade de elongase e desaturase na glândula mamária. O uso de AGE aumentou as concentrações de ácidos linoléicos conjugados (**ALC**) individuais e totais, bem como de C18:1 AG *trans* total no colostro, claramente demonstrando que o AG insaturado nos sais de Ca era suscetível à biohidrogenação microbiana no rúmen.

A Tabela 1 apresenta os principais resultados do experimento. A ingestão de IgG não foi diferente por causa dos tratamentos da dieta, mas as concentrações séricas de IgG total e IgG anti-ovoalbumina depois da ingestão de colostro foram maiores nos bezerros nascidos de vacas suplementadas com AGS do que de vacas com AGE. Estes dados sugerem que administrar aos bezerros colostro de vacas arraçadas com dietas suplementadas com AGS melhorou a transferência de imunidade passiva. A administração de gordura a vacas no pré-parto melhorou a eficiência aparente da absorção de IgG de 23,3 para 27,9%, independente do tipo de gordura da suplementação. Por isso, é possível influenciar a imunidade passiva de bezerros recém-nascidos através da suplementação das vacas com gordura.

### ***Aumentando o teor de ácido linoléico no sucedâneo do leite***

Os bezerros nascidos de vacas que receberam o tratamento controle, AGS e AGE, foram divididos em blocos por sexo e dieta da mãe, e aleatoriamente passaram a receber um sucedâneo do leite contendo concentração baixa de AL (**BAL**, 19,4% de gordura e 0,56% de ácido linoléico com base na matéria seca) ou altas concentrações de AL (**ALB**, 19,8% gordura e 1,78% ácido linoléico) do nascimento até os 60 dias de idade. Os bezerros receberam apenas o sucedâneo do leite nos primeiros 30 dias de idade, recebendo depois ração inicial à base de grãos com baixo teor de AG e ácido linoléico. O sucedâneo do leite foi administrado diariamente em taxa constante de 0,149 g de AL/kg de PC<sup>0,75</sup> no grupo de tratamento BAL e 0,487 g de AL/kg de PC<sup>0,75</sup> para o tratamento AAL, respectivamente. O sucedâneo do leite foi dado para fornecer 6,72 g de gordura/kg de PC<sup>0,75</sup>.

A dieta pré-parto teve efeitos pequenos sobre o desempenho do bezerro durante o período pré-desmame, ou nos primeiros 30 dias de vida quando apenas o sucedâneo do leite foi usado ou entre 31 e 60 dias de vida (Tabela 2). Ainda assim, os bezerros nascidos de vacas alimentadas com AGS tiveram melhor consumo total de MS, o que resultou em melhor ganho médio diário do que os bezerros nascidos de vacas alimentadas com AGE (2,6 kg mais PC aos 60 dias de idade). O maior consumo de AL, de aproximadamente 6,2 para 13,2 g/dia em média ao longo do período de 60 dias, obtido pela administração de sucedâneo do leite AAL aumentou o ganho de PC em 3 kg ao longo do período de 60 dias. Como o consumo de ração não foi mudado, a taxa de conversão alimentar foi melhorada em 8%. Esta melhora no desempenho foi acompanhada por aumento nas concentrações plasmáticas de glicose e IGF-I. a administração de mais AL no sucedâneo do leite influenciou a função das células imunes, aumentando a proporção de fagocitose por neutrófilos do sangue e uma maior síntese de citocinas pelas células mononucleares do sangue.

Um dos efeitos mais interessantes da alteração da ingestão de AG pelos bezerros foi o impacto de longo prazo sobre o desempenho da primeira lactação (Tabela 3). As novilhas cujas mães foram alimentadas com gordura no pré-parto produziram na primeira lactação 1.400 kg a mais em 305 dias, ajustada à maturidade, do que as que não receberam gordura suplementar. Ainda que os bezerros nascidos de vacas

alimentadas com AGS ganhassem mais PC do que os nascidos de mães suplementadas com AGE, as novilhas nascidas de vacas AGE tiveram produção de leite numericamente maior (517 kg) em 305 dias, ajustada à maturidade, do que as novilhas nascidas de vacas AGS. Mesmo não tendo sido observada nenhuma interação entre a dieta da mãe e o sucedâneo do leite do recém-nascido, as novilhas nascidas de vacas alimentadas com dieta pré-parto sem gordura suplementar produziram 1.000 kg a mais de leite em 305 dias, ajustada à maturidade, quando receberam o sucedâneo do leite do leite contendo alto teor de ácido linoléico do que as alimentadas com sucedâneo do leite com baixo teor de ácido linoléico. Estes dados sugerem que o uso de gordura na dieta pré-parto e o perfil de AG na gordura suplementar podem influenciar o crescimento de bezerras recém-nascidas e ter efeitos duradouros sobre o desempenho futuro. Além disso, o sucedâneo do leite de bezerros recém-nascidos deve conter uma concentração mínima de ácido linoléico.

### ***O desempenho da vaca***

Foram conduzidos três experimentos para avaliar o impacto da manipulação pré-e/ou pós-parto dos AG sobre o desempenho pós-parto de vacas leiteiras.

### ***Alterando o perfil de AG das dietas do final da gestação e início da lactação de vacas leiteiras***

Os objetivos deste estudo foram avaliar os impactos de suplementar as dietas com baixos teores de AG de cadeia longa (< 1,8%) com AG principalmente livres saturados (AGS) ou com sais de Ca enriquecidos com AG poliinsaturado durante os últimos 50 dias da gestação e primeiros 90 dias de lactação. Vacas Holandesas prenhes (n = 76) foram divididas para receber dietas pré-parto e pós-parto contendo baixos teores de AG na dieta (< 1,8%; controle), ou as mesmas dietas mas suplementadas com 1,7% de MS principalmente de AG livres saturados (**AGS**, “Energy Booster 100”, Milk Specialties, Dundee, IL), ou 2,0% da MS da dieta como sais de Ca de AG contendo os ácidos graxos essenciais ácido linoléico e ácido alfa-linolênico (**AGE**, “Megalac R”, Church & Dwight, Princeton, NJ). As dietas tinham teor nutricional similar, com exceção das dietas suplementadas com AG que tinham maior densidade calórica e alteração no perfil de AGs.

O consumo pré-parto de MS foi menor para as vacas alimentadas com AGE (controle = 11,3 vs. AGS = 11,4 vs. AGE = 10,2 kg/dia), mas outras medidas de desempenho pré-parto não foram alteradas pela gordura da dieta ou fonte de AG. O uso de AGE reduziu o consumo de matéria seca (CMS) em vacas multíparas mas não nas primíparas (Tabela 4). Apesar do menor consumo de MS, as vacas alimentadas com AGE tiveram melhor produção de leite quando comparadas com vacas que receberam AGS, particularmente em vacas primíparas. O teor de proteína do leite foi maior nas vacas primíparas alimentadas com AGE. O nível de gordura, entretanto, não foi diferente. Não houve diferenças entre os tratamentos com relação a PC pós-parto alteração no PC e ECC. Como houve uma maior produção de leite e uma ligeira redução no consumo de MS, as vacas que receberam AGE tiveram melhor conversão alimentar.

### ***Alterando o teor de gordura suplementar e o perfil de AG das dietas das vacas no início da lactação***

Quinze dias após o parto, trinta vacas Holandesas foram aleatoriamente distribuídas para receber dietas contendo baixos teores (2,1%) de AG de cadeia longa e não foram suplementadas com gordura (controle), ou suplementadas com 1,5% de AG principalmente de AG livres saturados (AGS) ou com sais de Ca de AG contendo ácidos graxos essenciais (AGE, "Megalac R", Church & Dwight, Princeton, NJ). A duração do estudo foi de 15 a 106 dias após o parto.

Quando a administração da gordura foi iniciada 15 dias após o parto, houve tendência ( $P = 0,09$ ) de aumentar o consumo de MS em aproximadamente 1,2 kg/dia, mas a fonte de AG não alterou o consumo (Tabela 5). Vacas alimentadas com gordura produziram 4,4 kg/dia a mais de leite, e a resposta à administração de gordura foi maior quando as vacas recebiam AGE. Semelhante à produção de leite, com a alimentação com gordura e com AGE também houve aumento na produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (LCG). As concentrações de gordura do leite, proteína verdadeira e lactose não foram alteradas pelos tratamentos da dieta, mas as vacas que receberam gordura, particularmente as que receberam AGE, tiveram produção maior de componentes do leite. O PC das vacas não foi alterado nos primeiros 106 dias após o parto com o uso de AG.

### ***Alimentando as vacas no início da lactação com dietas com diferentes proporções de ácidos graxos n-6 em relação a n-3***

Quinze dias após o parto, 45 vacas Holandesas multípara foram aleatoriamente divididas para receber dietas contendo a mesma concentração de AG, mas com perfis diferentes, de tal forma que a relação de AG n-6 para n-3 consumida fosse 4 para 1, 5 para 1 e 6 para 1º tratamento teve 90 dias de duração e as fontes de gordura suplementar foram administradas sob a forma de sais de Ca de ácidos graxos.

- **P4** = uma proporção de 4 partes de n-6 para 1 parte de n-3 na dieta. Com base em estimativas de fluxo duodenal de ácidos graxos, era esperado que isto resultasse em uma proporção de 2 para 1 de n6 para n3 no conteúdo duodenal (CPM-Dairy ver. 3.0.8);
- **P5** = uma proporção de 5 partes de n-6 para 1 parte de n-3 na dieta. Era esperado que isto resultasse em uma proporção de 4 para 1 de n6 para n3 no conteúdo duodenal; e
- **P6** = uma proporção de 6 partes de n-6 para 1 parte de n-3 na dieta. Era esperado que isto resultasse em uma proporção de 8 para 1 de n6 para n3 no conteúdo duodenal.

A composição de AG das dietas foi manipulada alterando a mistura de sais de Ca que continham AG de óleo de palma (EnerGII; Virtus Nutrition, Corcoran, CA), AG de óleo de cártamo (Prequel; Virtus Nutrition) e AG de óleo de peixe (StrataG, Virtus Nutrition). Estes sais de Ca foram misturados de tal forma que a quantidade incorporada

às dietas (1,43% de MS da dieta) resultaria em diferentes proporções entre os ácidos graxos n-6 e n-3, mas com teores similares de ácidos graxos poliinsaturados totais.

O consumo de MS aumentou de forma linear ( $P = 0,05$ ) ao se reduzir a proporção entre AG n-6 e n-3 na dieta e as vacas arraçadas com a Dieta P4 tiveram o maior consumo de MS (Tabela 6). Por causa das diferenças no consumo de MS e na composição da dieta, foi detectado efeito linear ( $P < 0,001$ ) para o consumo de ácidos graxos n-6 e n-3. Com o aumento da proporção entre n-6 e n-3, aumentou a ingestão de AG n-6 linoléico e total. De forma similar, com a diminuição da proporção entre n-6 e n-3, diminuiu a ingestão de AG n-3 eicosapentaenóico e docosahexanóico e total. O peso corporal foi similar ( $P = 0,40$ ) ao longo dos tratamentos, e a dinâmica das mudanças no PC durante o estudo não foi diferente com a fonte de AG. As vacas alimentadas com P5 tenderam ( $P = 0,06$ ) a ter ECC maior do que nos outros dois tratamentos. Foi observada tendência para resposta linear ( $P = 0,07$ ) na eficiência alimentar com a diminuição na proporção entre n-6 e n-3 na dieta. As vacas alimentadas com P4 e P5 foram mais eficientes na conversão da MS da dieta em LCG para 3,5%. Por causa das diferenças na eficiência alimentar e a mesma densidade calórica da dieta, o balanço energético das vacas aumentou ( $P = 0,03$ ) com a proporção crescente entre AG n-6 e n-3 na dieta. A produção de leite e LCG para 3,5%. Foram maiores para as vacas recebendo a dieta P4, seguidas pelas vacas recebendo a dieta P5, que foi maior do que para as vacas recebendo a dieta P6 ( $P < 0,01$ ). As concentrações de gordura, proteína verdadeira e lactose do leite não foram afetadas pelos tratamentos (Tabela 6), mas houve aumento linear dos componentes do leite ( $P < 0,01$ ) por causa do aumento na produção de leite com a diminuição da proporção entre n-6 e n-3 da dieta.

### ***Alimentando as vacas leiteiras em transição com dietas com diferentes perfis de AG e efeitos sobre a fertilidade***

O uso de gordura na alimentação de vacas leiteiras geralmente resulta em melhoras na fertilidade de modestas a moderadas (Santos et al., 2004). Quando o uso da gordura exacerbou a perda de PC, as vacas primíparas arraçadas com gordura tiveram inicialmente redução nos índices de prenhez na primeira IA (Sklan et al., 1994). Ferguson et al. (1990) observaram aumento de 2,2 vezes na probabilidade de engravidar na primeira e em toda IA para todas as vacas alimentadas com 0,5 kg/dia de gordura. De forma similar, as vacas mantidas a pasto suplementadas com 0,35 kg de AG tiveram mais gestações depois da primeira IA após o parto do que as vacas controle, não suplementadas (McNamara et al., 2003). O uso de sais de Ca de AG de óleo de palma melhorou a prenhez de vacas leiteiras (Schneider et al., 1988).

Como os benefícios de usar gordura pode originar-se de AG específicos (Staples et al., 1998), a manipulação do perfil de AG das fontes suplementares de gordura para melhorar a fertilidade tem sido, recentemente, objeto de atenção. Acredita-se que os ácidos graxos da família n-3 possam atenuar a medida da resposta inflamatória e estes efeitos têm sido observados em vacas leiteiras em lactação (Silvestre et al., 2011b). Tem sido proposto que reduzir a atenuação da secreção uterina de prostaglandina

poderia ser um mecanismo potencial pelo qual alguns AG melhoram a fertilidade em bovinos leiteiros (Mattos et al., 2000; Mattos et al., 2004).

Em estudo recente, realizado na Universidade da Flórida (Silvestre et al., 2011a), 1.380 vacas Holandesas foram aleatoriamente divididas para serem alimentadas com uma combinação de AG suplementar durante os períodos de transição e reprodução. As dietas pré-parto eram suplementadas com sais de Ca contendo AG de óleo de palma, que é principalmente saturado e monoinsaturado (**Sat**), ou com sais de Ca de ácidos graxos (**n6**) de óleo de cártamo, no período entre 30 dias antes até 30 dias depois do parto. Trinta dias após o parto, metade das vacas de cada tratamento de fase de transição foram separadas para receber uma dieta adequada para a reprodução, suplementada com sais de Ca contendo AG de óleo de palma ou ácidos graxos de óleo de peixe (**n3**) até 160 dias após o parto. Assim, a sequência de tratamentos da dieta foi Sat-n6, Sat-n3, n6-Sat, e n6-n3. Os sais de Ca foram adicionados a 1,5% de MS da dieta pré e pós-parto. Quarenta e três dias após o parto, as vacas foram submetidas a um protocolo de ovulação sincronizada para a primeira IA e as vacas que não engravidaram na primeira IA tiveram a ovulação sincronizada uma segunda vez.

As dietas de transição e reprodução não afetaram a prenhez por IA 32 e 64 dias após a primeira inseminação. A perda de prenhez do dia 32 ao dia 60 após a primeira inseminação pós-parto, entretanto, foi menor ( $P < 0,05$ ) nas vacas alimentadas com as dietas para reprodução contendo AG n3 quando comparadas com as vacas suplementadas com AG Sat (Figura 1). Para o segundo serviço, a dieta alterada para reprodução ( $P < 0,05$ ) afetou a prenhez por IA no dia 32 depois da inseminação, e foi observada interação entre a dieta de transição e de reprodução. O aumento na prenhez por IA no dia 32 causado por AG n3 foi maior em vacas alimentadas com as dietas de transição suplementadas com AG n6. A redução e perda de prenhez e o aumento de prenhez por IA na segunda inseminação resultou em proporção cumulativa maior de vacas prenhes depois das duas primeiras inseminações pós-parto nas vacas alimentadas com dietas de reprodução suplementadas com n3 AG, particularmente quando combinadas com uma dieta de transição suplementada com AG n6.

## **Conclusão**

Estudos recentes da Universidade da Flórida demonstraram que as respostas às gorduras da dieta dependem da composição de AG no suplemento. Administrar gordura às vacas no pré-parto parece influenciar a transferência passiva e o crescimento pré-desmame das bezerras. É interessante que a resposta à exposição a AG durante o período pré-natal e no colostro no dia do nascimento parece prolongar-se até depois do período pré-desmama. As novilhas nascidas de vacas alimentadas com dietas suplementadas com AG essenciais eram mais produtivas na primeira lactação. Estes achados requerem novos estudos. Os bezerros requerem teor mínimo de ácido linoléico no sucedâneo do leite para que haja um crescimento pré-desmame adequado. O uso de gordura durante o final da gestação e início da lactação tem efeitos que se mostram diferentes nas vacas primíparas e múltiparas. Para a múltipara, a utilização de gordura

durante o período de transição resultou em aumento numérico na produção de leite, mas não foi observada nenhuma diferença quanto à fonte da gordura. Por outro lado, vacas primíparas foram mais produtivas quando recebiam uma fonte de gordura suplementar contendo AG essenciais. Quando recebiam gordura apenas durante o período pós-parto, as vacas responderam melhor quando a fonte suplementar de AG continha AG essenciais. Finalmente, a manipulação de AG n6 e n3 na dieta influencia o desempenho na lactação e a fertilidade. Substituir AG n6 por AG n3 eicosapentaenóico e docosahexaenóico de óleo de peixe resultou em maiores produções de leite e de componentes do leite, e melhorou a prenhez por IA. Os benefícios para a fertilidade foram observados principalmente por causa da redução na perda de prenhez nos primeiros 60 dias de gestação.

### **Referências bibliográficas**

- Burr, G.O., and M.M. Burr. 1930. The nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *J. Biol. Chem.* 86:587-621.
- Doreau, M., and A. Ferlay. 1994. Digestion and utilization of fatty-acids by ruminants. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 45:379-396.
- Ferguson, J. D., D. Sklan, W. V. Chalupa, and D. S. Kronfeld. 1990. Effects of hard fats on in vitro and in vivo rumen fermentation, milk production, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:2864-2879.
- Garcia, M., L.F. Greco, M.G. Favoreto, R.S. Marsola, L.T. Martins, D. Wang, W.W. Thatcher, J.E.P. Santos, and C.R. Staples. 2010. Effect of supplementing fatty acids to prepartum Holstein cows on transfer of passive immunity to calves. *J. Dairy Sci.* Vol. 93 (E-Suppl. 1): 253 (Abstr.).
- Garcia, M., L.F. Greco, M.G. Favoreto, R.S. Marsola, L.T. Martins, D. Wang, W.W. Thatcher, J.E.P. Santos, and C.R. Staples. 2010. Effect of supplementing fatty acids to prepartum Holstein cows and milk replacer enriched with linoleic acid on calf performance. *J. Dairy Sci.* Vol. 93 (E-Suppl. 1): 636 (Abstr.).
- Garcia, M., L.F. Greco, J.E.P. Santos, and C.R. Staples. 2011. Effect of linoleic acid supplementation to Holstein dams and calves on immune measures of calves. *J. Dairy Sci.* 94 (E-Suppl. 1): 200 (Abstr.).
- Greco, L.F., M. Garcia, M.G. Favoreto, R.S. Marsola, L.T. Martins, R.S. Bisinotto, E.S. Ribeiro, F.S. Lima, W.W. Thatcher, C.R. Staples, and J.E.P. Santos. 2010. Fatty acid supplementation to periparturient dairy cows fed diets containing low basal concentrations of fatty acids. *J. Dairy Sci.* 93 (E-Suppl. 1): 448 (Abstr.).
- Greco, L.F., M. Garcia, B.L. Artiaga, E.K. Ganda, R.S. Bisinotto, F.S. Lima, N. Martinez, E.S. Ribeiro, A.L. Lock, W.W. Thatcher, C.R. Staples, and J.E.P. Santos. 2012. Effect of supplemental fatty acids on production responses and hepatic fatty acid composition and gene expression of dairy cows fed diets containing low concentrations of fatty acids. *J. Dairy Sci.* Vol. 95(Suppl. 2):103 (Abstr.).
- Mattos, R., C.R. Staples, and W.W. Thatcher. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reprod.* 5:38-45.
- Mattos, R., C. R. Staples, A. C. M. Arteche, M. C. Wiltbank, F. J. Diaz, T. Jenkins, W. W. Thatcher. 2004. The effects of feeding fish oil on uterine secretion of PGF<sub>2</sub> $\alpha$ , milk



- composition, and metabolic status of periparturient Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87:921-932.
- McNamara, S., T. Butler, D.P. Ryan, J.F. Mee, P. Dillon, F.P. O'Mara, S.T. Butler, D. Anglese, M. Rath, J.J. Murphy. 2003. Effect of offering rumen-protected fat supplements on fertility and performance in spring-calving Holstein–Friesian cows. *Anim. Reprod. Sci.* 79:45-56.
- Santos, J.E.P., T.R. Bilby, W.W. Thatcher, C.R. Staples, and F.T. Silvestre. 2008. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reprod. Dom. Anim.* 43 (Supp. 2):23-30.
- Schneider, P., D. Sklan, W. Chalupa, and D.S. Kronfeld. 1988. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 71:2143-2150.
- Silvestre, F.T., T.S. Carvalho, N. Francisco, J.E.P. Santos, C.R. Staples, T.C. Jenkins, and W.W. Thatcher. 2011a. Effects of differential supplementation of fatty acids during the peripartum and breeding periods of Holstein cows: I. Uterine and metabolic responses, reproduction, and lactation. *J. Dairy Sci.* 94:189-204.
- Silvestre, F.T., T.S. Carvalho, N. Francisco, J.E.P. Santos, C.R. Staples, T.C. Jenkins, and W.W. Thatcher. 2011b. Effects of differential supplementation of fatty acids during the peripartum and breeding periods of Holstein cows: II. Neutrophil fatty acids and function, and acute phase proteins. *J. Dairy Sci.* 94:2285-2301.
- Sklan, D., M. Kaim, U. Moallem, and Y. Folman. 1994. Effect of dietary calcium soaps on milk yield, body weight, reproductive hormones, and fertility in first parity and older cows. *J. Dairy Sci.* 77:1652-1660.
- 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.



**Tabela 1.** Medidas de imunidade passiva de bezerros Holandeses nascidos de vacas alimentadas com dietas sem suplementação de gordura (controle), ácidos graxos saturados (AGS) ou ácidos graxos essenciais (AGE) no período final da gestação<sup>1</sup>

Item	Controle		AGS		AGE		EPM	Valor de P <sup>2</sup>				
	Null	Parous	Null	Parous	Null	Parous		Gord	AG	Parida de	Gord x Paridade	AG x Paridade
Bezerros	8	17	11	16	9	17						
Nascimento												
PC, kg	37,2	39,8	37,8	43,7	35,5	43,8	1,32	0,13	0,40	<0,01	0,06	0,38
PST <sup>3</sup> , g/dL	4,83	4,82	4,78	4,62	4,79	4,80	0,11	0,44	0,39	0,57	0,75	0,42
Ingestão IgG, g	410	383	344	487	336	431	37,0	0,94	0,42	0,04	0,04	0,54
ST IgG <sup>4</sup> , g/dL	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,77	0,34	0,95	0,66	0,44
24 h após parto												
PST, g/dL	6,35	6,16	6,21	6,58	6,33	6,23	0,21	0,67	0,59	0,90	0,39	0,25
ST IgG, g/dL	2,40	2,21	2,69	2,97	2,51	2,36	0,22	0,09	0,07	0,90	0,52	0,32
ST IgG, % de PST	37,5	35,2	42,3	44,6	39,1	37,3	2,57	0,05	0,05	0,79	0,59	0,42
Anti-OVA IgG <sup>5</sup> , OD	1,03	1,04	1,16	1,10	0,91	0,89	0,08	0,80	0,01	0,76	0,71	0,85
AEA <sup>6</sup> , %	23,7	23,0	30,5	28,6	27,3	25,1	2,27	0,03	0,14	0,41	0,73	0,95

<sup>1</sup> Controle = sem suplementação de gordura; AGS = Energia Booster 100 (Milk Specialties, Dundee, IL); AGE = Megalac-R (Church & Dwight, Princeton, NJ). Null = nulípara. Parous = previamente paridas

<sup>2</sup> Valores de *P*- para contrastes e interações ortogonais. Gordura = AGS + AGE vs. Controle; AG = AGE vs. AGS.

<sup>3</sup> Proteína sérica total.

<sup>4</sup> IgG sérico total.

<sup>5</sup> Densidade óptica para anticorpos séricos anti-ovalbumina (IgG) de bezerros de origem colostrar.

<sup>6</sup> Eficiência aparente da absorção de IgG, % = [concentração de IgG soro com 24 h de vida × (0,099 × PC ao nascer)] ÷ [ingestão de IgG] × 100,

EPM Erro padrão da média



**Tabela 2.** Desempenho de bezerros nascidos de vacas alimentadas com dietas pré-parto sem suplementação de gordura (controle), ácidos graxos saturados (AGS) ou ácidos graxos essenciais (AGE), e alimentados com sucedâneo do leite com concentrações baixas (BAL) ou altas (AAL) de ácido linolêico<sup>1</sup>

Item	Controle		AGS		AGE		EPM	Valor P <sup>2</sup>				
	BAL	AAL	BAL	AAL	BAL	AAL		Gord	AG	MR	Gord x MR	AG x MR
Nascimento até 30 d												
Peso ao nascer, kg	38,7	41,6	40,6	42,4	41,7	40,3	1,31	0,32	0,71	0,30	0,23	0,23
Consumo SL, kg de MS	14,7	15,6	15,3	16,0	15,3	15,2	0,42	0,43	0,35	0,15	0,41	0,35
Consumo SL, % do PC	1,15	1,12	1,14	1,13	1,11	1,14	0,02	0,75	0,70	0,73	0,22	0,20
Ganho PC, kg	7,59	9,42	8,16	10,2	8,07	8,39	0,72	0,75	0,19	0,02	0,61	0,24
GMD, Kg/dia	0,25	0,31	0,27	0,34	0,27	0,28	0,02	0,76	0,19	0,02	0,60	0,23
EA (kg ganho PC/kg consumo SL)	0,51	0,60	0,53	0,63	0,52	0,56	0,05	0,99	0,34	0,05	0,87	0,54
31 dias até desmame												
Consumo SL, Kg de MS	18,8	20,1	19,5	20,6	19,4	19,6	0,47	0,50	0,28	0,03	0,42	0,30
Consumo mix grãos, Kg de MS	10,4	11,9	13,8	12,5	11,3	10,6	1,14	0,36	0,06	0,81	0,22	0,79
CMS Total, kg de MS	29,3	32,0	33,3	33,1	30,7	30,2	1,38	0,32	0,05	0,58	0,19	0,90
CMS Total, % do PC	1,75	1,74	1,87	1,75	1,75	1,70	0,05	0,61	0,10	0,19	0,37	0,50
Ganho PC, Kg	19,0	20,3	20,2	21,4	17,8	20,5	1,07	0,71	0,13	0,05	0,76	0,50
GMD, Kg/dia	0,63	0,68	0,68	0,71	0,59	0,68	0,03	0,69	0,11	0,05	0,81	0,44
EA, (kg ganho PC /kg total consumo SL)	0,65	0,64	0,62	0,64	0,58	0,68	0,03	0,66	0,93	0,09	0,13	0,19
Nascimento ao desmame												
PC final, Kg	65,3	71,7	69,0	74,1	67,6	69,3	1,97	0,36	0,12	0,01	0,40	0,39

CMS total, Kg	44,0	47,7	48,6	49,0	46,0	45,3	1,66	0,32	0,07	0,39	0,18	0,73
CMS total, % do PC	1,41	1,40	1,47	1,41	1,40	1,38	0,02	0,63	0,04	0,16	0,38	0,43
Ganho PC, Kg	26,6	29,6	28,4	31,6	25,9	28,9	1,27	0,55	0,04	<0,01	0,95	0,92
GMD, Kg/dia	0,44	0,49	0,47	0,53	0,43	0,48	0,02	0,49	0,04	<0,01	0,94	0,92
EF, (kg Ganho PC/kg total CMS)	0,60	0,62	0,59	0,64	0,57	0,64	0,03	0,93	0,63	0,01	0,23	0,61

<sup>1</sup> Controle = sem suplemento de gordura; AGS = Energia Booster 100 (Milk Specialties, Dundee, IL); AGE = Megalac-R (Church & Dwight, Princeton, NJ). BAL = 0,175 g de AL/PC<sup>0,75</sup>, AAL = 0,562 g de AL/PC<sup>0,75</sup>. SL Sucedâneo do leite (~ 20% gordura) foi dado como alimento exclusivo nos primeiros 30 dias de vida para um aporte de 6,72 g de gordura /kg de PC<sup>0,75</sup>.

<sup>2</sup> P- valores para contrastes ortogonais. gordura = AGS + AGE vs. controle pré-parto, AG = AGE vs. AGS pré-parto, SL= sucedâneo do leite.

**Tabela 3.** Desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com dietas pré-parto sem suplementação de gordura (controle), ácidos graxos saturados (AGS) e sais de Ca contendo ácidos graxos essenciais (AGE), e alimentadas com sucedâneo do leite com concentrações baixas (BAL) ou altas (AAL) de ácido linolêico<sup>1</sup>

Item	Controle		AGS		AGE		EPM	Valor P <sup>2</sup>				
	BAL	AAL	BAL	AAL	BAL	AAL		Gord	AG	MR	Gord x MR	AG x MR
1 <sup>a</sup> IA, meses	13,2	13,1	13,2	12,8	13,2	13,1	0,2	0,69	0,35	0,20	0,66	0,35
Número IA	1,6	1,9	2,4	2,3	2,8	2,8	0,5	0,04	0,39	0,92	0,66	0,99
Idade 1 <sup>a</sup> parição, anos	1,9	1,9	2,1	2,0	2,0	2,0	0,1	0,02	0,76	0,44	0,43	0,45
PC dp parição, kg	515	508	545	545	565	538	19,5	0,04	0,75	0,49	0,85	0,51
ECC a parição	3,1	3,0	3,3	3,3	3,4	3,2	0,1	0,04	0,89	0,64	0,86	0,35
PC na secagem, kg	606	635	637	645	715	650	32,4	0,14	0,23	0,72	0,29	0,29
ECC na secagem	3,4	3,5	3,4	3,4	3,8	3,5	0,1	0,08	0,02	0,55	0,03	0,07
Lactação, dias	301	302	302	301	276	304	12,4	0,56	0,38	0,37	0,54	0,25
DEL no pico, d	107,4	85,3	76,4	89,5	78,0	78,0	10,2	0,08	0,64	0,72	0,11	0,54
305-d ME leite, kg	10,107	11,103	11,542	11,948	12,136	12,389	694	0,02	0,48	0,34	0,57	0,92
Gordura, %	3,65	3,64	3,67	3,63	3,63	3,53	0,10	0,71	0,53	0,56	0,75	0,80

Proteína, %	3,09	3,05	3,08	3,07	3,05	3,03	0,04	0,69	0,31	0,48	0,68	0,93
Lactose, %	4,78	4,78	4,77	4,85	4,80	4,83	0,02	0,08	0,71	0,07	0,16	0,30

<sup>1</sup> Controle = sem suplemento de gordura; AGS = Energia Booster 100 (Milk Specialties, Dundee, IL); AGE = Megalac-R (Church & Dwight, Princeton, NJ). BAL = 0,175 g de AL/PC<sup>0,75</sup>, AAL = 0,562 g de AL/PC<sup>0,75</sup>. Sucedâneo do leite (~20% gordura) foi dado como alimento exclusivo nos primeiros 30 dias de vida para um aporte de 6,72 g de gordura /kg de PC<sup>0,75</sup>.

<sup>2</sup> P- valores para contrastes ortogonais. gordura = AGS + AGE vs. controle pré-parto, AG = AGE vs. AGS pré-parto, SL= sucedâneo do leite.

**Tabela 4.** Desempenho of vacas Holandesas alimentadas com dietas pré e pós-parto sem suplementação de gordura (controle), ácidos graxos saturados (AGS) e sais de Ca contendo ácidos graxos essenciais (AGE)

Item	Tratamento <sup>1</sup>						Valor P <sup>2</sup>		
	Controle		AGS		AGE		TRT x Paridade	Gord	AG
	Primip	Multip	Primip	Multip	Primip	Multip			
Consumo MS, kg/dia	15,1	21,0	16,5	22,1	17,5	18,6	0,01	0,42	0,12
PC, kg	495	641	502	671	515	629	0,37	0,55	0,45
Leite, kg/dia	28,1	35,3	25,8	37,8	30,7	37,5	0,07	0,27	0,06
Gord leite, kg/dia	1,0	1,3	0,8	1,3	1,0	1,3	0,17	0,10	0,24
Prot leite, kg/dia	0,8	1,0	0,7	1,0	0,9	1,0	0,08	0,40	0,05
Leite/CMS, kg/kg	1,9	1,7	1,6	1,8	1,8	2,1	0,03	0,94	0,01
BHBA, mg/dL	6,4	8,4	5,6	7,6	5,8	12,3	0,01	0,45	0,01
NEFA, mM	432	468	317	464	341	522	0,04	0,13	0,11

<sup>1</sup> Controle = sem suplemento de gordura; AGS = Energia Booster 100 (Milk Specialties, Dundee, IL); AGE = Megalac-R (Church & Dwight, Princeton, NJ) dadas durante 50 dias antes até 90 dias depois da parição. Primip = primípara; Multip = múltipara.

<sup>2</sup> P- valores para a interação entre tratamento e paridade, e contrastes ortogonais. Gordura = AGS + AGE vs. controle; AG = AGE vs. AGS.





**Tabela 5.** Desempenho de vacas Holandesas alimentadas com dietas pós-parto sem suplementação de gordura (controle), ácidos graxos saturados (AGS) e sais de Ca contendo ácidos graxos essenciais (AGE)

	Tratamento <sup>1</sup>			Valor P <sup>2</sup>		
	Controle	AGS	AGE	TRT x P	Gord	AG
Consumo MS, kg/dia	20,2	21,4	21,4	0,42	0,09	0,93
Leite, kg/dia	37,6	40,3	43,6	0,56	< 0,001	<0,01
3,5% FCM, kg/dia	38,9	41,4	45,4	0,89	< 0,001	< 0,01
Gord leite, %	3,52	3,54	3,70	0,36	0,30	0,14
Prot leite, %	2,88	2,93	2,92	0,55	0,34	0,87
Lactose leite, %	4,89	4,92	4,90	0,70	0,32	0,41
PC, kg	558,0	566,3	598,4	0,22	0,20	0,14

<sup>1</sup> Controle = sem suplemento de gordura; AGS = Energia Booster 100 (Milk Specialties, Dundee, IL); AGE = Megalac-R (Church & Dwight, Princeton, NJ) dadas de 15 a 106 dias depois da parição.

<sup>2</sup> P- valores para a interação entre tratamento e paridade (TRT x P) e contrastes ortogonais. Gordura = AGS + AGE vs. controle; AG = AGE vs. AGS.

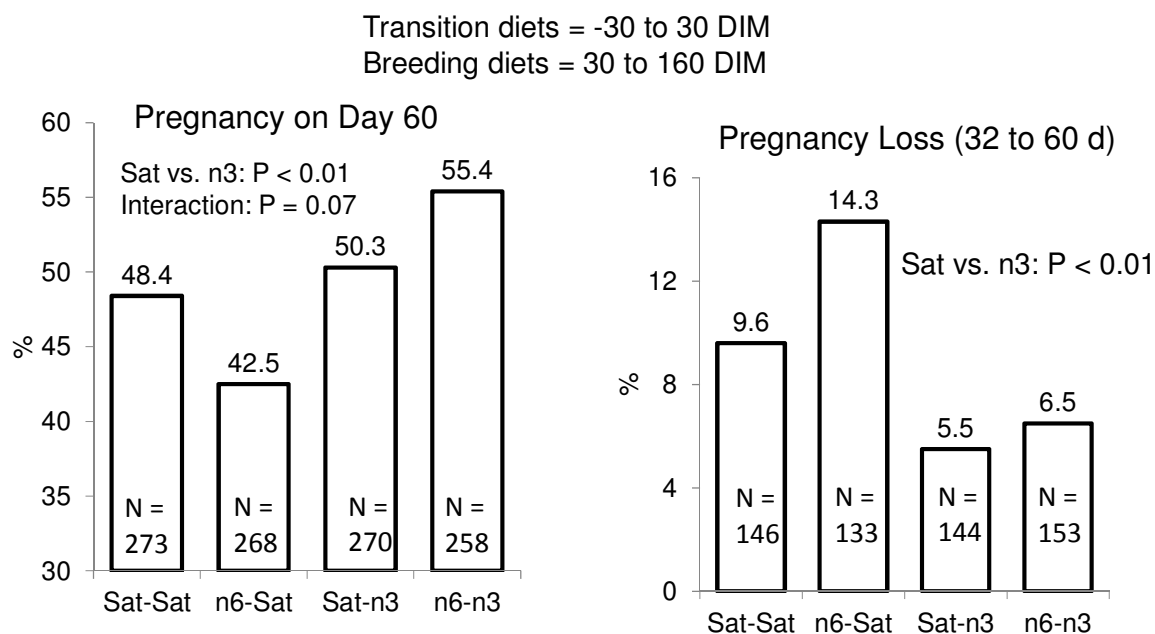
**Tabela 6.** Efeito da alteração da proporção entre ácidos graxos n-6 e n-3 da gordura suplementar sobre desempenho na lactação

	Tratamento <sup>1</sup>			EPM	P <sup>2</sup>		
	P4	P5	P6		TRT	Linear	Quad
Consumo MS, kg/dia	26,1	24,6	24,7	0,5	0,07	0,05	0,17
Consumo AG, <sup>3</sup> g/dia							
Linolêico	298,1	329,5	369,4	8,6	<0,001	<0,001	0,69
EPA + DHA	20,3	14,9	10,0	0,3	<0,001	<0,001	0,65
n-6 total	300,6	332,0	371,9	8,6	<0,001	<0,001	0,69
n-3 total	76,3	67,3	62,8	1,7	<0,001	<0,001	0,27
Relação n-6 para n-3	3,9	4,9	5,9				
Leite, kg/dia	46,8	44,8	43,2	0,7	< 0,01	< 0,01	0,77
3,5% FCM, kg/dia	48,0	45,4	43,4	0,8	< 0,01	< 0,01	0,73
3,5% FCM/CMS	1,86	1,87	1,78	0,03	0,08	0,07	0,21
Gordura leite							
%	3,64	3,58	3,54	0,05	0,42	0,19	0,81
Kg/dia	1,71	1,60	1,53	0,03	< 0,01	< 0,01	0,73
Prot verdadeira leite							
%	2,82	2,86	2,86	0,02	0,23	0,13	0,40
Kg/dia	1,32	1,28	1,24	0,02	0,03	0,01	0,94
Lactose leite							
%	4,90	4,88	4,88	0,01	0,37	0,23	0,44
Kg/dia	2,29	2,19	2,12	0,04	0,01	< 0,01	0,77
Energia líquida							
Mcal/kg de leite	0,69	0,69	0,68	0,01	0,68	0,38	0,95
Mcal/dia	32,3	30,8	29,5	0,6	< 0,01	< 0,01	0,82
Balanço energia, Mcal/dia	-1,22	-0,79	1,03	0,69	0,06	0,03	0,41
PC, kg	558,0	566,3	598,4	14,9	0,22	0,20	0,14

<sup>1</sup> P4 = proporção de 4 para 1 de ácidos graxos n6 para n3; P5 = proporção de 5 para 1 de ácidos graxos n6 para n3; P6 = proporção de 6 para 1 de ácidos graxos n6 para n3.

<sup>2</sup> TRT = efeito do tratamento; Linear = efeito linear da alteração da proporção de ácidos graxos n-6 para n-3; Quad = efeito quadrático da alteração da proporção de ácidos graxos n-6 para n-3.

<sup>3</sup> EPA = ácido graxo eicosapentaenóico; DHA = ácido graxo docosahexaenóico; total n-6 = C18:2 + C18:3 + C20:2 + C20:3 + C20:4 + C22:2 + C22:4; total n3 = C18:3α + C20:3 + C20:5 (EPA) + C22:5 (DPA) + C22:6 (DHA).



**Figura 1.** Prenhez cumulativa no dia 60 depois das duas primeiras inseminações pós-parto e perda de prenhez entre dias 32 e 60 da gestação em vacas alimentadas com dieta de transição (-30 a 30 dias em relação à parição), suplementada com sais de Ca de óleo de palma (Sat) ou ácidos graxos (n3) de óleo de peixe. Dados de Silvestre et al. (2011a).