

Eficiência alimentar: Ferramenta para aumento de bioeficiência em gado de leite

Mariana Magalhães Campos, Fernanda Samarini Machado, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Bruno Campos de Carvalho

O crescimento da população mundial, associado ao aumento do poder aquisitivo, deverá exigir um incremento na produção de alimentos de origem animal. Estima-se que em 2050 a população mundial será de 9,1 bilhões de pessoas, sendo necessário um aumento na produção mundial de carne de 292,8 para 465 milhões de toneladas em 2050, e na produção de leite de 720,9 para 1.043 milhões de toneladas nesse mesmo período (FAO, 2010).

Este cenário poderá se reverter em importante oportunidade para o Brasil, que ocupa posição de destaque na produção de proteína animal para o mercado internacional. O país possui o maior rebanho comercial bovino do mundo, com 209,5 milhões de bovinos (FAO, 2010) e detém, aproximadamente, 20% do mercado mundial da carne (USDA, 2009), além de ser o 4º maior produtor de leite (FAO, 2012).

O aumento da eficiência dos sistemas de produção na pecuária será essencial para garantir incrementos na produtividade e redução dos impactos ambientais. Diante dos novos e crescentes desafios para produção sustentável, vários outros objetivos devem ser definidos para os sistemas produtivos de gado leiteiro, visando restaurar características funcionais e atender as demandas da sociedade (BOICHARD e BROCHARD, 2012). Neste processo de busca pelo aumento da eficiência produtiva e ambiental dos sistemas de produção de leite, a aplicação do conceito de Bioeficiência assume papel fundamental.

Este trabalho tem como objetivo discutir aspectos relacionados ao uso da avaliação de eficiência alimentar e impacto na bioeficiência em sistemas sustentáveis de produção de leite.

Eficiência Alimentar

O aumento da população e a urbanização aumentarão a demanda por produtos de origem animal e também a pressão para incremento da eficiência de utilização dos recursos naturais e de produção (terra, água, energia, etc.). Ao mesmo tempo, a demanda social está relacionada ao bem estar dos animais, redução dos impactos ambientais e uso da terra. A demanda dos consumidores é orientada principalmente em direção à segurança do alimento e à qualidade nutricional de produtos de origem animal. Já a demanda dos produtores está relacionada à lucratividade e concomitante aumento da eficiência da mão de obra nos sistemas produtivos (BOICHARD e BROCHARD, 2012). Informações relacionadas ao consumo de alimento pelos animais vêm sendo incluídas recentemente em programas de seleção de bovinos de leite e de corte com o objetivo de aumentar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo e/ou da produção de genótipos superiores para tal característica.

Sabe-se que existe variação individual na eficiência de utilização dos nutrientes entre animais com características semelhantes (raça, sexo, idade) que ingerem o mesmo tipo de alimento. Porém, não são bem compreendidos os fatores que causam tais diferenças. A seleção de animais que consomem menos, para os mesmos pesos, ganho de peso, produção de leite, resulta em progênies divergentes para a mesma característica, indicando haver variação genética na eficiência de utilização dos nutrientes.

Várias medidas foram propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar, como: conversão alimentar, eficiência alimentar bruta e o consumo alimentar residual. Existe variação genética tanto na conversão alimentar como na eficiência alimentar bruta. Contudo, todas essas medidas citadas possuem limitações como características de seleção, por estarem correlacionadas com ganho de peso e peso à idade adulta. A

utilização destas medidas compromete a eficiência produtiva de sistemas a pasto, por haver aumento no tamanho adulto dos animais e, por conseguinte, das suas exigências de manutenção, além de comprometer a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes.

A viabilidade dos sistemas de produção depende do manejo nutricional, já que a alimentação do rebanho é um dos itens mais representativos no custo de produção de carne, leite e produtos de origem animal. Um fenótipo de interesse relacionado com a eficiência da produção de leite é o consumo alimentar residual (CAR), que é uma medida da eficiência metabólica do animal. O CAR é definido como a diferença entre a ingestão real de matéria seca do animal e a ingestão de matéria seca esperada (ARTHUR e HERD, 2008). O cálculo do CAR requer a estimativa da ingestão de matéria seca esperada, que pode ser predita a partir de dados de produção, utilizando as normas e padrões de alimentação (por exemplo, NRC, 2001), ou por regressão, utilizando dados de alimentação real do ensaio (ARTHUR et al., 2001). Animais eficientes têm valores mais baixos de CAR em relação àqueles menos eficientes. Portanto, no contexto de vacas leiteiras, aquelas com baixo CAR têm a capacidade de usar menos energia da dieta para a manutenção do corpo, visando alcançar nível equivalente de produção de leite. Evidentemente, é importante assegurar que estes animais metabolicamente mais eficientes não apresentem características indesejáveis de fertilidade, saúde e outras relacionadas à produção como tem sido descrito para vacas de alta produção.

Os trabalhos mais recentes têm calculado os valores de CAR por regressão. Os autores justificam que este procedimento torna o CAR fenotipicamente independente das características de produção utilizadas para calcular o consumo esperado de matéria seca, e assim permite comparação entre indivíduos com diferentes níveis de produção durante o período de mensuração. A independência dos dados relacionados à produção tem levado alguns autores a sugerir que o CAR pode representar a variação nos processos metabólicos que determinam a eficiência.

No entanto, o número de fenótipos (por exemplo, a ingestão individual de alimentos) que estão disponíveis para incorporar um índice de seleção é uma limitação para a introdução do CAR em programas de melhoramento genético (CONNOR et al., 2011).

As estimativas de herdabilidade para CAR em gado de leite relatadas na literatura variam de 0,01 a 0,38 (CONNOR et al., 2011). A seleção de fenótipo para menor CAR pode, potencialmente, promover reduções simultâneas no consumo de dieta, na produção de metano e nas perdas de nutrientes. Connor et al. (2011) estimaram o CAR em vacas da raça Holandês com até 90 dias de lactação, e observaram diferença ($P < 0,0001$) de 3,7 kg/dia na ingestão de matéria seca real entre os grupos, sendo que não houve diferença na média de peso corpóreo, ganho médio diário e produção de leite corrigida para gordura.

Para indicar o estágio de lactação mais adequado para avaliar o CAR, pesquisas foram conduzidas para o monitorando do CAR ao longo de lactações completas (LOPEZ-VILLALOBOS et al., 2008; PRENDIVILLE et al., 2011). Em estudo realizado com rebanho leiteiro manejado a pasto, adotou-se a correlação de *Spearman* para comparar os valores do CAR durante seis períodos da lactação (<60 DEL, 61-120 DEL, 121-160 DEL, 161-190 DEL, 191-230 DEL e > 230 DEL) *versus* os valores de CAR global durante um ciclo de lactação completa. Ficou evidenciado neste ensaio que a eficiência durante a última fase de lactação (> 230 DEL) foi a mais representativa do CAR durante o ciclo de produção completo, com um coeficiente de correlação de 0,71 (PRENDIVILLE et al., 2011). No entanto, ficou evidenciado que o período de 30 a 60 DEL para estimar o CAR comparado com o ciclo completo de produção não foi adequado, já que o coeficiente de correlação foi menor ($r < 0,50$).

Embora ainda exista um limitado número de dados relacionados ao CAR para gado de leite, avaliações após o pico da lactação (após 100 DEL) podem proporcionar estimativas confiáveis. Os estudos envolvendo CAR para rebanhos leiteiros, geralmente contemplam animais *Bos taurus taurus* de

raça pura, indicando que estudos com gado zebuino e mestiço são desafios para a pesquisa agropecuária tropical.

Os dados gerados em mais de uma década de pesquisa em gado de corte mostram que a seleção genética para menor CAR é uma opção viável para melhorar a eficiência alimentar e reduzir os requisitos de alimentação de bovinos de corte. Não foram observadas evidências significativas de respostas negativas correlacionadas a outras importantes características de produção, indicando forte potencial de lucratividade para os pecuaristas de corte. Oportunidades semelhantes parecem estar disponíveis para melhorar a eficiência alimentar entre rebanhos de leite por meio da seleção para menor CAR. No entanto, há premente necessidade de pesquisas com vacas leiteiras em lactação relacionadas com a avaliação do CAR, incluindo sua correlação genética para características de produção e outros impactos da seleção decorrentes de fatores ambientais, fisiológicos e genéticos que influenciam ou contribuem para a variação do CAR, e seu potencial econômico para a adoção pela indústria de laticínios. Com número suficiente de observações de animais para CAR em gado de leite em diferentes ambientes e regimes de alimentação, provavelmente, será possível responder a estas perguntas e estabelecer protocolos e padrões para avaliação genética de CAR em gado de leite.

Os diferentes mecanismos que levam ao aumento da eficiência alimentar em vacas devem ser estudados. Entre eles, podemos citar a redução da exigência de manutenção, a redução do *turnover* proteico, ou uma menor deposição de gordura no corpo. É provável que os animais utilizem diferentes mecanismos para atingirem as diferentes eficiências alimentares, porém os produtores e a indústria precisam saber identificar essas diferenças. Por exemplo, as vacas apresentam maior eficiência por meio da redução na deposição de gordura são mais propensas a ter problemas reprodutivos do que animais que são mais eficientes por terem menor exigência de manutenção. Serão necessários experimentos para melhor entendimento do metabolismo dos animais, determinando a exigência de manutenção, de energia e de proteína, além da mensuração de emissão de metano.

Coleman et al. (2010) estudaram definições alternativas de eficiência alimentar. Eles mostraram que as definições convencionais, tais como a eficiência de conversão alimentar ou consumo alimentar residual podem ser medidas inadequadas de eficiência para vacas em lactação. Uma definição alternativa proposta é a produção de sólidos residuais. Esta definição de eficiência alimentar identifica animais que produzem maiores quantidades de sólidos de leite a níveis semelhantes de consumo de alimento, sem mobilização excessiva de tecido corporal, e com melhores índices de fertilidade. Os resultados também sugerem que apesar de existirem diferenças na eficiência da alimentação entre as linhagens de Holandês-Friesian, existe também a variação dentro dos genótipos de modo que as melhorias na eficiência de alimentação podem ser realizadas se a definição apropriada de eficiência alimentar é incorporada em programas de melhoramento.

Uso da Eficiência Alimentar em Gado de Leite: potenciais benefícios à saúde e à reprodução

As correlações genéticas da eficiência alimentar com outras características, tais como fertilidade, escore de condição corporal e comportamento ainda precisam ser investigadas, principalmente, devido ao número insuficiente de registros de CAR em rebanhos leiteiros, informação esta necessária para fazer inferências genéticas confiáveis. Assim, os impactos da seleção genética para menor CAR em outras características importantes de produção em vacas em lactação permanecem desconhecidos.

Pesquisas realizadas na Irlanda não revelaram diferenças significativas no escore de condição corporal entre vacas da raça Holandês-Friesian, com valores genéticos de alto e baixo CAR, manejadas sob condição de pastejo (LOPEZ-VILLALOBOS et al., 2008). Também não foi observada nenhuma associação estatisticamente significativa entre CAR e características de fertilidade, incluindo a taxa de gestação, mortalidade embrionária, taxa de descarte e a longevidade das vacas (COLEMAN et al., 2010). Estes resultados indicam o potencial de melhorar a eficiência

alimentar em rebanhos leiteiros, embora estudos adicionais sejam necessários para determinar se as características de saúde e desempenho são semelhantes em vacas de alto e baixo CAR.

Eficiência alimentar não é um conceito novo, e embora a pesquisa nesta área esteja aumentando, há uma infinidade de definições de eficiência alimentar, entre os quais a definição mais adequada para sistemas de produção de leite ainda é incerto (BERRY, 2009). Uma das medidas mais usadas de eficiência alimentar nos sistemas de produção de leite é a eficiência de conversão alimentar ou a eficiência alimentar bruta. O conceito de eficiência da conversão alimentar está intrinsecamente incluído em programas de melhoramento de gado leiteiro na Irlanda e na Nova Zelândia. No entanto, a eficiência de conversão alimentar não considera a mobilização de reservas corporais e, conseqüentemente, os animais que perdem condição corporal para produção de leite podem parecer mais eficientes, especialmente se a avaliação é feita no início da lactação. Maiores perdas em condição corporal estão associadas com redução de fertilidade (ROCHE et al., 2007) e de saúde (BERRY et al., 2007).

Existem grandes alterações na demanda de energia de uma vaca durante a lactação devido à variação na produção e composição do leite, terço final da gestação, e a restauração das reservas corporais no fim da lactação e durante o período seco. Todos esses fatores podem influenciar a eficiência alimentar (ou CAR) durante os diferentes períodos de lactação. Além disso, a duração do teste mínima necessária para minimizar a variação nas estimativas de CAR para vacas em lactação pode ser mais longo ou mais curto do que o período de tempo recomendado de 70 d para os bovinos de corte. Finalmente, as interações entre diferentes dietas e genótipo podem levar a diferentes expressões de CAR, porém essas diferenças ainda são desconhecidas. Portanto, a padronização de dietas em várias estações de teste pode ser necessária para avaliar CAR em gado leiteiro em lactação.

A seleção de vacas leiteiras para alta produção tem sido associada à seleção de animais com alto consumo de alimentos ou ao aumento no

tamanho corporal ou peso vivo do animal, com conseqüente aumento das exigências de manutenção. Essa estratégia de seleção baseia-se, em parte, à necessidade das vacas terem elevado consumo de matéria seca no início da lactação, como forma de reduzir a intensidade e duração do período de balanço energético negativo, com a capacidade de produzir grandes quantidades de leite. Ainda, no início da lactação a vaca passa por adaptações metabólicas (homeorréticas), com direcionamento dos nutrientes para a glândula mamária, em detrimento de outros órgãos. Após o pico de lactação e reversão do balanço energético negativo para positivo, ocorrem mudanças hormonais, como a redução nas concentrações sanguíneas de hormônio do crescimento e aumento nas de insulina, glicose e fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), com direcionamento dos nutrientes para outros órgãos. Essa é uma condição fisiológica mais parecida com a de bovinos em crescimento e pode ser uma das explicações para os melhores resultados de CAR em vacas de leite ocorram nos terços médio ou final da lactação. Entretanto, é necessário um maior conhecimento da regulação metabólica entre vacas de alto e baixo CAR, quando avaliadas no início e fim da lactação. Esses conhecimentos serão de grande importância para a determinação do melhor momento de avaliação do CAR, bem como das adaptações metabólicas que podem interferir na saúde e desempenho reprodutivo dos animais.

Dado o grande número de medidas de eficiência alimentar na literatura (BERRY, 2009), não é claro qual é a definição mais adequada para utilização em futuros programas de melhoramento de leite. Existe necessidade de pesquisas sobre o efeito das diferentes definições de eficiência alimentar e suas associações com a saúde e fertilidade.

Potencial Benefício ao Meio Ambiente do Uso da Eficiência Alimentar em Gado de Leite

A eficiência dos sistemas pecuários brasileiros ainda é passível de melhorias, existindo ainda possibilidades de aumento na quantidade de produto final, mantendo ou reduzindo a emissão de GEE. Quanto maior a proporção de vacas em lactação em uma propriedade, menor a emissão de GEE por kg de leite produzido. Toda ação que melhore a eficiência do

sistema de produção reduz, proporcionalmente, a emissão de metano, uma vez que mais produto (carne, leite, lã etc.) será produzido em relação aos recursos utilizados (GUIMARÃES JR. et al., 2010).

Com melhorias no CAR existe a possibilidade de reduzir a pegada de carbono da produção de leite, já que animais de baixo CAR apresentam menores exigências nutricionais e, conseqüentemente, a demanda por combustíveis fósseis para a produção de alimentos será menor, assim como a quantidade de dejetos gerados. Nkrumah et al. (2007) observaram que a produção de metano por kg de peso corporal metabólico foi 34% maior em animais de alto CAR (ou seja, baixa eficiência) em comparação com novilhos de baixo CAR. Do mesmo modo, a produção de metano (g/dia) foi 25% menor em novilhos de baixo CAR em comparação com os de alto CAR (HEGARTY et al., 2007). Teoricamente, a redução do CAR nos rebanhos leiteiros também pode resultar em reduções significativas na produção de metano por vaca, devido à menor ingestão de alimentos nos animais de baixo CAR.

Yan et al. (2010) avaliaram dados obtidos em 20 estudos de metabolismo energético, realizados em câmaras respirométricas de fluxo aberto, envolvendo 579 vacas em lactação, com variação no mérito genético, número e fase da lactação e peso corporal. Os autores estudaram as taxas de emissão de metano entérico em relação a variáveis de eficiência de utilização de energia e de produtividade animal. Os resultados indicaram que a perda de energia na forma de CH_4 como proporção da energia bruta (EB) ingerida ou da energia do leite, foi negativamente relacionada aos níveis de produção leiteira, metabolizabilidade da energia (q) e eficiência de utilização da energia metabolizável para lactação (K_l). Portanto, a seleção de vacas leiteiras com elevados níveis de produção e eficiência de utilização de energia representa estratégia eficiente de mitigação de metano.

Bell et al. (2011) avaliaram fenótipos de rebanhos da raça Holandês-Friesian do Reino Unido para as seguintes características: eficiência alimentar, produção de leite corrida para gordura, intervalo entre partos e descarte involuntário. Na avaliação de melhoria genética acima de um

desvio padrão, a única característica que foi capaz de reduzir significativamente as emissões de CO₂-eq. (em torno de 6,5%) foi a eficiência alimentar. Os pesquisadores afirmaram que o melhoramento genético pode permitir reduções nas emissões de, aproximadamente, 4%. Dentro dos sistemas de produção avaliados, reduções de emissão de CO₂-eq. por quilograma de leite corrigido para gordura e produzido por hectare também foram alcançados pela melhoria da eficiência alimentar.

Capper et al. (2009) estimaram que, devido a melhorias na vaca leiteira moderna, a pegada de carbono associadas à produção de 1 kg de leite em 2007 foi de 63% menor do que a pegada associada com a mesma quantidade de leite produzida em 1944.

Ferramentas genômicas para avaliações de eficiência metabólica

Os principais obstáculos para a adoção do CAR em programas de seleção são o custo financeiro e a dificuldade técnica para sua mensuração. Isso faz com que o CAR seja excelente candidato para seleção assistida por marcadores, pois a característica é de moderada herdabilidade. Dessa maneira, o DNA ou outros marcadores preditivos poderiam ser usados nos programas de seleção. Apesar dos múltiplos marcadores que já foram descritos ao longo de vários estudos, nenhum gene importante que afeta o CAR foi encontrado. No entanto, a combinação de marcadores genéticos, quando examinados em conjunto, pode explicar grande proporção da variação genética. Duas barreiras principais dificultam a adoção plena de marcadores para avaliação genética e seleção. Primeiro, a interação genética dos genes que afetam o CAR. Segundo, o número reduzido de animais com estimativas de alta qualidade para CAR. No entanto, o avanço de técnicas e equipamentos indica que esses desafios serão em breve superados (MOORE et al., 2009).

Os conhecimentos sobre informação genética e as tecnologias de sequenciamento de genomas em larga escala, evoluíram de forma sem precedentes nos últimos anos. Tais avanços tem permitido o acúmulo de informações acerca das sequências de nucleotídeos de diversos ge-

nomas, dentre as quais as dos bovinos. Como exemplo, a Embrapa Gado de Leite, em conjunto com instituições parceiras, concluíram recentemente o sequenciamento do genoma de bovinos das raças Gir e Guzerá. Ainda no auge da etapa de sequenciamento de genomas, começa a surgir a oportunidade de criação de novas plataformas de pesquisa que possibilitam posicionar as funções individuais dos genes e seus produtos (RNAs e proteínas) dentro de um contexto global. Esse novo campo de estudos, denominado Genômica Funcional, utiliza técnicas analíticas que permitem avaliar os padrões de transcrição gênica e perfil proteico em células e tecidos, pré-requisito básico para se entender como estas macromoléculas interagem de maneira dinâmica para produzir organismos complexos, capazes de se adaptar às influências do meio ambiente e a condições fisiológico-metabólicas específicas (FURLAN et al., 2007).

O grande avanço das tecnologias genômicas tem permitido a geração de enorme quantidade de dados moleculares num curto espaço de tempo. No entanto, para que estes dados sejam explorados em seu potencial máximo, devem ser correlacionados a fenótipos qualificados, que ainda são extremamente escassos. São necessárias pesquisas para identificação de características relacionadas às eficiências metabólica e produtiva, que poderão ser futuramente incorporadas aos programas de melhoramento genético de bovinos leiteiros. Este processo está de acordo com a tendência de integração vertical nas empresas que comercializam sêmen e embriões, que passam a representar apenas um veículo para a disponibilização de conteúdo de alta tecnologia agregada (comercialização de *traits*).

Os estudos de genômica funcional em nutrição animal ainda são incipientes, mas os exemplos tomados da área humana deixam claro que eles serão de grande valia, notadamente para o aperfeiçoamento e evolução das normas e padrões de alimentação das diferentes espécies. Isto poderá redirecionar pesquisas em nutrição animal para abordagens mais personalizadas, nas quais as dietas das diferentes espécies serão adequadas em função da raça, linhagem, ou mesmo grupos de animais com características semelhantes.

O uso de ferramentas genômicas nos estudos de nutrição animal, como a determinação do perfil transcricional de genes relacionados a funções biológicas importantes, possibilitará entendimento detalhado da regulação dos processos metabólicos, que influenciam a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta.

A Embrapa Gado de Leite em conjunto com instituições parceiras está iniciando um trabalho pioneiro em Eficiência Alimentar para Gado de Leite no Brasil. Os primeiros experimentos serão conduzidos para o estabelecimento de um protocolo para ensaios de eficiência alimentar para gado de leite. O objetivo do estudo é o desenvolvimento de um banco de dados, com fenótipos qualificados que permita a identificação de características relacionadas às eficiências metabólica e produtiva, que poderão ser futuramente incorporadas aos programas de melhoramento genético de bovinos leiteiros.

Considerações Finais

O aumento da eficiência alimentar pode resultar em reduções no consumo de alimentos, mantendo a produção de leite e o ganho de peso. Existe variação genética para CAR, sendo esta uma característica de média herdabilidade. Ainda são poucos os estudos que tem avaliado eficiência alimentar em vacas em lactação e há premente necessidade de pesquisas relacionadas com a avaliação desta característica, incluindo sua correlação genética com características de produção, fatores ambientais, fisiológicos e genéticos que influenciam ou contribuem para a variação da eficiência alimentar, e seu potencial econômico para adoção pelos sistemas de produção de leite.

Referências

ARTHUR, P.F., ARCHER, J.A., JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **J. Anim. Sci.**, v.79, p.2805-2811 .

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.269-279, 2008. (supl. especial).

BELL, M.J., WALL, E., RUSSEL, G. The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. **J. Dairy Sci.**, v.94, p.3662-3678, 2011. doi: 10.3168/jds.2010-4023.

BERRY, D.P., LEE, J.M., MACDONALD, K.A. et al. Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on postcalving performance. **J. Dairy Sci.**, v.90, p.4201-4211, 2007.

BERRY, D.P. 2009. Improving feed efficiency in cattle with residual feed intake. P.67-99 in Recent Advances in Animal Nutrition 2008. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK.

BOICHARD, D. E BROCHARD, M. New phenotypes for new breeding goals in dairy cattle. **The Animal Consortium**, v.6, p. 544-550, 2012. doi:10.1017/S1751731112000018

CAPPER, J.L., CADY, R.A., BAUMAN, D.E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. **J. Anim. Sci.**, v. 87, p.2160-2167, 2009

COLEMAN, J., BERRY, D.P., PIERCE, K.M. et al. Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein -Friesian within pasture-based systems of milk production. **J. Dairy Sci.**, v.93, p.4318-4331, 2010.

CONNOR, E.E, HUTCHISON, J.L., OLSON, K.M. et al. Opportunities for improving milk production efficiency in dairy cattle. **J. Anim. Sci.**, 2011.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO statistical databases. Rome, 2006. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 06 de março de 2012.

FURLAN, L.R.; FERRAZ, A.L.J.; BORTOLOSSI, J.C. A genômica funcional no âmbito da produção animal: estado da arte e perspectivas. **R. Bras. Zootec.** [online]. 2007, vol.36, suppl., pp. 331-341. ISSN 1806-9290.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R.L.; VILELA, L.; PEREIRA, L.G.R. Produção animal na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG. p. 111-123, 2010.

HEGARTY R. S., GOOPY, J.P., HERD, R.M. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **J. Anim. Sci.**, v. 85, p.1479-1486, 2007.

LOPEZ-VILLALOBOS, N., BERRY, D.P., HORAN, B. et al. Genetics of residual energy intake in Irish grazing dairy cows. **Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.**, v.68, p.97-100, 2008.

MOORE, S.S; MUJIBI, F.D; SHERMAN, E.L. A base molecular para consumo alimentar residual em bovinos de corte. **J. Anim. Sci.**, v.87 (I. E. Supl), p.41-47, 2009 doi: 10.2527/jas.2008-1418

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NKRUMAH, J.D., CREWS, D.H., BASARAB JR, J.A. et al. Genetic and phenotypic relations hips of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.85, p.2382-2390, 2007.

PRENDIVILLE, R., PIERCE, K.M., DELABY, L. et al. Animal performance and production efficiencies of Holstein-Friesian, Jersey and Jersey × Holstein-Friesian cows throughout lactation. **Livest. Sci.**, v.138, p.25-33, 2011.

ROCHE, J.R., MACDONALD, K. A., BURKE, C.R. et al. Associations among body condition score, body weight and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v.90, p.376-391, 2007.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service (FAS). Market and Trade Data: trade reports archives. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/livestock_arc.asp. Acesso em: 18 fev. 2010.

YAN, T.; MAYNE, C.S.; GORDON, F.G. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2630-2638, 2010.