

## AUMENTANDO A EFICIÊNCIA ALIMENTAR DOS BOVINOS DE LEITE ATRAVÉS DO MELHORAMENTO GENÉTICO

Mariana Magalhães Campos<sup>1</sup>, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira<sup>1</sup>, Fernanda Samarini Machado<sup>1</sup>,  
José Augusto Gomes Azevedo<sup>2</sup>, Fernando César Ferraz Lopes<sup>1</sup>  
e Thierry Ribeiro Tomich<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite, membros da rede PECUS-RumenGases\* (\*Financiada pelo CNPq-REPENSA, Embrapa e FAPEMIG-PPM)

<sup>2</sup> Professor da Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais e membro da rede PECUS-RumenGases

<sup>3</sup> Embrapa Pantanal e membro da rede PECUS-RumenGases

### Introdução

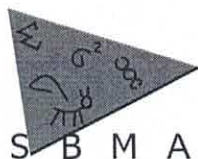
O crescimento da população mundial e do seu poder aquisitivo tem promovido aumento acentuado da demanda por alimentos de origem animal. Estima-se que em 2050 a população mundial será de nove bilhões de pessoas, sendo necessário um aumento na produção mundial de carne de 229 milhões de toneladas (1999-2001) para 465 milhões de toneladas em 2050, e na produção de leite de 580 para 1.043 milhões de toneladas nesse mesmo período (FAO, 2006). O Brasil ocupa posição de destaque como fornecedor de proteína animal para a população mundial. Atualmente, o país possui o maior rebanho comercial bovino do mundo, com 171,6 milhões de cabeças (IBGE, 2009) e detém, aproximadamente, 20% do mercado mundial da carne (USDA, 2009), sendo o 5º maior produtor de leite (FAO, 2012).

Neste cenário, o aumento da demanda por alimentos ocorre simultaneamente à pressão da sociedade por sistemas de produção sustentáveis sob todos os aspectos (econômico, social e ambiental), o que exige quebra de paradigmas nos sistemas de produção agropecuária.

A Economia Verde ou descarbonização da economia é um paradigma emergente, que traz grandes desafios e oportunidades para o Brasil, país considerado o ponto de equilíbrio entre a oferta e a demanda mundial de alimentos. Neste contexto, também têm sido observadas importantes mudanças no comportamento da sociedade como um todo e do consumidor moderno, que nos dias de hoje busca não somente a cura das doenças, mas, preferencialmente, sua prevenção pelo consumo de alimentos seguros, com elevado valor nutricional, além de propriedades funcionais e nutraceuticas. Desta forma, faz-se necessário antecipar soluções que promovam sinergia entre a economia e a melhoria ambiental e social, além de gerar inovações, e ampliar a compreensão sobre os impactos das mesmas.

O aumento da eficiência dos sistemas de produção na pecuária será essencial para garantir incrementos na produtividade e redução dos impactos ambientais. Ou seja, não há demanda apenas para produção de leite e carne, mas sim, de alimentos com elevado valor agregado, produzidos a baixo custo e de forma ambientalmente correta, com baixa emissão de gases de efeito estufa e de resíduos, e sem a necessidade de utilização de áreas atualmente ocupadas com vegetação nativa ou destinadas à produção de grãos.

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



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA  
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal  
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9<sup>th</sup> Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding  
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

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. Ou seja, a eficiência de utilização dos nutrientes das dietas deve ser considerada na formulação das mesmas, visando direcionar a partição de energia, proteína e minerais para o crescimento, desenvolvimento do feto e/ou produção de leite e carne, bem como a reduzir a eliminação de resíduos poluentes no meio ambiente. O uso eficiente dos nutrientes da dieta é uma das premissas dos sistemas de produção animal sustentáveis, visto que isto pode, potencialmente, minimizar ou mesmo evitar perdas excessivas de nutrientes, prejudiciais ao meio ambiente, com reflexos na viabilidade econômica da atividade pecuária.

Este trabalho tem como objetivo discutir aspectos relacionados ao melhoramento genético direcionado para eficiência alimentar e redução dos impactos ambientais da pecuária leiteira.

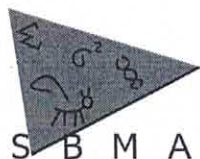
### Melhoramento Genético

Durante várias décadas, as raças leiteiras foram selecionadas com abordagem relativamente semelhante em todo o mundo. Os valores genéticos foram estimados a partir de desempenhos dos candidatos e de seus parentes. A informação básica foi desempenho e seus principais fatores conhecidos de variação (rebanho, produção de leite, idade etc.) e as relações de raça. A situação era bastante simples em bovinos de leite com o uso predominante de inseminação artificial (IA). A seleção foi organizada, principalmente, utilizando o teste de progênie, que era o único método que fornecia a confiabilidade necessária para a recomendação dos touros, porque as características mais importantes são registradas apenas no sexo feminino (produção de leite, conformação do úbere, fertilidade das fêmeas, resistência à mastite etc.).

Os programas de seleção vêm se tornando mais complexos para enfrentar os novos desafios. 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 redução e 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 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.

Buscando uma nova medida de eficiência alimentar que viabilizasse a diminuição dos custos com alimentação, sem alterar de forma negativa aspectos produtivos, Koch et al. (1963) sugeriram a utilização do consumo alimentar residual.

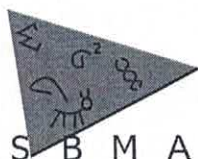
### Consumo Alimentar Residual

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 (Kennedy et al., 1993; 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 dieta, 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 (Brelvi e Brannang, 1982; Korver, 1988).

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 correlações genéticas 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



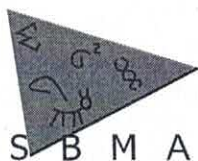
fertilidade, incluindo a taxa de gestação, mortalidade embrionária, taxa de descarte e a longevidade das vacas (Coleman et al, 2010). Estes resultados indicam o potencial de melhorar a eficiência de conversão alimentar em rebanhos leiteiros, embora estudos adicionais sejam necessários para determinar se as características de saúde e desempenho são semelhantes em vacas de alto e baixo CAR.

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 estão sendo conduzidas monitorando o 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 baixo ( $r < 0,50$ ).

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 mostraram 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 produtores de gado. 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.



## Ferramentas genômicas para avaliações de eficiência metabólica

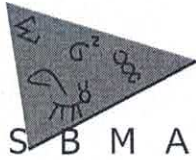
Os principais obstáculos para a adoção do CAR são o custo financeiro, associado à dificuldade técnica para medir esta característica. Isso faz com que o CAR seja excelente candidato para seleção assistida por marcadores, pois a característica é de moderada hereditariedade. Dessa maneira, o DNA ou outros 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 têm permitindo o acúmulo de informações acerca das sequências de nucleotídeos de diversos genomas, 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.

### Potencial Benefício ao Meio Ambiente do Uso do CAR em Gado de Leite

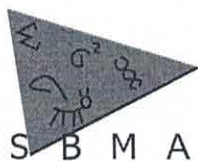
Dentre os vários Gases de Efeito estufa (GEE), a agropecuária contribui de forma significativa com a emissão de três deles: metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e óxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ). O gás metano apresenta potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o  $\text{CO}_2$  e tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7,0% (IPCC, 2006). A produção de metano resulta da fermentação anaeróbica da matéria orgânica em ambientes alagados, campos de arroz cultivados por irrigação de inundação, fermentação entérica, tratamento anaeróbico de resíduos animais e queima de biomassa.

Apesar da reconhecida importância da agropecuária na produção de alimentos e geração de renda, atualmente muito se discute sobre o impacto ambiental das atividades pecuárias e agrícolas, principalmente relativo às mudanças climáticas. A pecuária brasileira, em especial, vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de GEE. Tal crítica tem sido fundamentada nos baixos índices zootécnicos verificados em sistemas de exploração animal baseados em pastagens degradadas ou que se encontram abaixo do seu potencial de produção. A ineficiência desse modelo de exploração tem gerado maiores quantidades de GEE por quilograma de carne e/ou de leite produzidos (IPCC, 2007).

A eficiência dos sistemas brasileiros ainda é passível de melhorias, existindo ainda possibilidades de aumento na quantidade de produto final, mantendo ou reduzindo a emissão de GEE. Quanto mais vacas em lactação em uma propriedade, menor a emissão de GEE por kg de leite produzido. Maior número de vacas secas significa vacas emitindo metano e não produzindo leite. Como exemplo, considerando um rebanho de 100 vacas e produção média por cabeça de 2.250 kg por lactação em duas situações hipotéticas: (i) média de 80% e (ii) 60% de vacas em lactação ao longo do ano, serão produzidos nas situações “i” e “ii”, 180 e 135 t/ano de leite e emitidos, aproximadamente, 7,62 e 7,14 t/ano de metano entérico (valores de emissão baseados na recomendação do IPCC), respectivamente, o que transformado em g eq  $\text{CO}_2$ /kg de leite representa 1,05 e 1,32 g eq  $\text{CO}_2$ /kg de leite, respectivamente (mitigação de, aproximadamente, 20%).

Conforme estimativas realizadas por Barioni et al. (2007), o aumento da taxa de natalidade de bovinos de 55 para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na mortalidade até um ano de 7% para 4,5%, permitiria que em 2025 as emissões de metano em relação ao equivalente carcaça produzido fossem reduzidas em 18%. Isso seria possível mesmo com o aumento estimado em 25,4% na produção de carne. Ou seja, 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).

O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se, principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante originado a partir dos dejetos destes animais. Do metano produzido por fermentação entérica no rúmen, 95% é excretado por eructação, e daquele produzido no trato digestivo posterior, 89% é eliminado via respiração e, aproximadamente, 1% pelo ânus (Murray et al., 1976). O metano derivado da fermentação entérica de ruminantes representa cerca de ¼ das emissões antropogênicas desse gás (Wuebbles e Hayhoe, 2002).



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA  
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal  
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

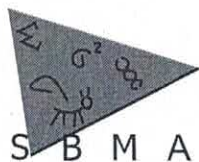
9<sup>th</sup> Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding  
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

Bovinos produzem de 150 a 420 litros de CH<sub>4</sub> por dia e ovinos de 25 a 55 L/dia (Czerkawski, 1969; Holter e Young, 1992; McAllister et al., 1996), o que corresponde a emissões anuais de 39,1 a 109,5 kg e de 6,5 a 14,4 kg, respectivamente. A Índia e o Brasil lideram o *ranking* mundial de emissão total de metano entérico, com 14,5 e 10,3 Tg de CH<sub>4</sub>/ano, respectivamente. Quando é considerada apenas a emissão por bovinos, o Brasil é apontado como o maior emissor (9,6 Tg de CH<sub>4</sub>/ano), seguido da Índia (8,6 Tg de CH<sub>4</sub>/ano) e dos Estados Unidos da América (5,1 Tg de CH<sub>4</sub>/ano) (Thorpe, 2009). Segundo resultados preliminares do Segundo Inventário Nacional de Emissões de GEE (MCT, 2009), no ano de 2005 a agropecuária foi responsável por 22% do total das emissões de metano no Brasil. Além de ser caracterizado como importante GEE, responsável por 15% do aquecimento global, o metano de origem entérica tem relação direta com a eficiência da fermentação ruminal, em virtude da perda de carbono e, conseqüentemente, de energia, influenciando o desempenho animal (Cotton e Pielke, 1995; Bell et al., 2011a). Assim, o conhecimento dos mecanismos de síntese de metano e os fatores que afetam sua produção são importantes. O desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de manejo que minimizem a produção relativa de metano (metano/kg de leite, carne ou lã), possibilitando maior eficiência produtiva e redução da contribuição negativa da pecuária para o aquecimento global.

Dentre as formas de se expressar a produção de metano entérico, é importante considerar a produção por unidade de produto animal formado (kg de leite, de carne, ou de lã). Com isto, pode ser estabelecido equilíbrio entre a necessidade de produção de alimento para a crescente população e a emissão de GEE, além de evitar que sistemas de produção eficientes sejam penalizados. Portanto, a redução da produção de metano entérico sem prejudicar a produtividade animal é desejável, tanto como estratégia de mitigar a emissão total de GEE, como também de melhorar a eficiência de conversão alimentar dos ruminantes.

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. (2006) 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<sub>4</sub> 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<sub>l</sub>). Portanto, a seleção de vacas leiteiras com elevados níveis de produção e eficiência de utilização de energia representa estratégia eficiente de mitigação de metano.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA  
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal  
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9<sup>th</sup> Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding  
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

Bell et al. (2011b) avaliaram fenótipos de rebanhos da raça Holandês-Friesian do Reino Unido para as seguintes características: eficiência alimentar, produção de leite corrigida 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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.

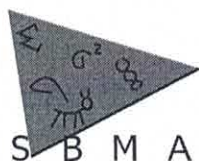
### Considerações Finais

O aumento da eficiência alimentar pode resultar em reduções no consumo de dietas, mantendo a produção de leite e o ganho de peso. Existe variação genética para CAR, sendo esta uma característica de média herdabilidade. A seleção para menor CAR em bovinos de leite pode ainda contribuir para reduções concomitantes na produção de metano e de dejetos. As implicações econômicas para os custos indiretos (por exemplo, de mão de obra, equipamentos e instalações) associados à eficiência alimentar devem ser avaliadas.

### Referências bibliográficas

- BARIONI, L.G.; LIMA, M.A.; ZEN, S. et al. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.
- BELL, M.J., WALL, E., SIMM, G., RUSSEL, G. Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy systems. **Animal Feed Science Technology**, 166-167, p. 699-707, 2011a.
- 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, 2011b. doi: 10.3168/jds.2010-4023
- 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

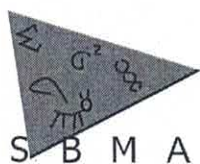




SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA  
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal  
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9<sup>th</sup> Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding  
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

- 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.
- COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University, 1995, 288p.
- CZERKAWSKI, J.W. Methane production in ruminants and its significance. **World Rev. Nutr. Diet.**, 11, 240-282, 1969
- 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.
- HOLTER, J.B., YOUNG, A.J. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, 75, 2165-2175, 1992.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Acesso em: 05 fev. 2010.
- IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Hayama: IGES, 2006. chap. 10, p. 747-846.
- IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Fourth Assessment Report (AR4): Mitigation of Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html). Acesso em: 30 nov. 2010.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA  
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal  
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9<sup>th</sup> Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding  
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. Efficiency of feed use in beef cattle., v.22, p.486-494, 1963.
- 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.
- MCALLISTER, T.A.; OKINE, E.K.; MATHISON et al. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, V.76, p.231-243, 1996.
- MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Informações Gerais e Valores Preliminares, 2009. Disponível em: Acesso em: <http://www.mct.gov.br>. Acesso em: 18 fev. 2010.
- 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 (. E. Supl), p.41-47, 2009 doi: 10.2527/jas.2008-1418.
- MURRAY, R.M.; BRYANT, A.M.; LENG, R.A. Rates of production of methane in the rumen and large intestines of sheep. **Br. J. Nutr.** 36: 1-14, 1976.
- 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.
- THORPE, ANDRY. Enteric fermentation and ruminant eructation: the role (and control?) of methane in the climate change debate. **Climatic change**, v.93, p.407-431, 2009.
- 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](http://www.fas.usda.gov/livestock_arc.asp). Acesso em: 18 fev. 2010.
- WUEBBLES, D.J.; HAYHOE, K., 2002. Atmospheric methane and global change. **Earth-Sci. Rev.** V.57, p.177-210, 2002.
- 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.