

# EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: CHAVE PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARNE BOVINA

**Sergio Raposo de Medeiros  
Rodrigo da Costa Gomes  
Michele Lopes do Nascimento  
Tiago Zanett Albertini  
Andréa Roberto Duarte Lopes Souza  
Simone Frotas dos Reis  
Pedro Veiga Rodrigues Paulino  
Dante Pazzanese Lanna**

## INTRODUÇÃO

---

De acordo com dados das Nações Unidas, o mundo vai precisar de um aumento de 70% na produção de alimentos para suprir a população de nove bilhões de pessoas, prevista para 2050. Esse enorme desafio, no entanto, deverá ser vencido em cenários cada vez mais restritos em termos de disponibilidade de recursos, incluindo água e terra disponível para atividades agropecuárias. Portanto, é imperativo produzir mais por unidade de recurso utilizado, ou seja, de forma mais eficiente.

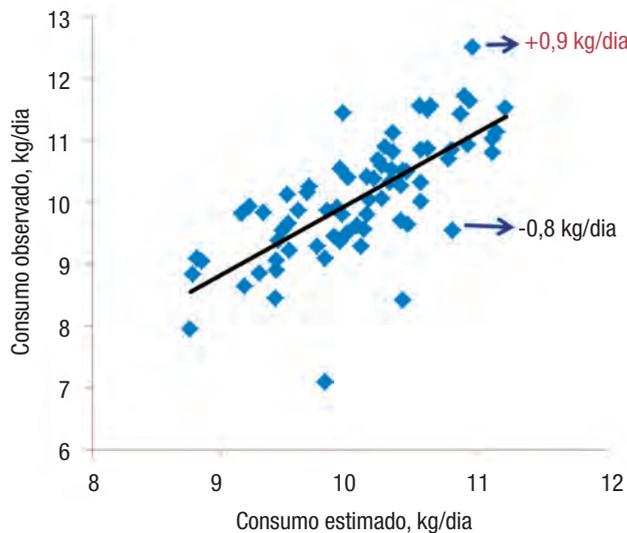
Dentre os insumos utilizados nos sistemas de produção animal, os componentes da alimentação são dos mais importantes, com grande impacto econômico e ambiental. Portanto, identificar animais com melhor eficiência alimentar tem cada vez maior relevância. Felizmente, tem-se observado elevada variabilidade individual para consumo e eficiência alimentar em bovinos, o que estimula o uso destas características em programas de melhoramento para identificar indivíduos mais eficientes.

O objetivo deste capítulo é apresentar resultados científicos obtidos pelos autores, na busca por compreender a eficiência alimentar na produção de bovinos de corte e demonstrar como o conhecimento obtido pode ajudar a melhorar as chances de obtenção de uma pecuária de corte sustentável e mais lucrativa.

## CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COMO FORMA DE MENSURAR EFICIÊNCIA ALIMENTAR

Quando se fala em melhorar a eficiência alimentar em bovinos de corte, o primeiro passo é saber como medir esta característica acuradamente, o que demanda a necessidade de um índice ou medida que a expresse da melhor forma. Há vários índices de eficiência alimentar para animais e cada um deles tem suas vantagens e desvantagens. Na última década, o consumo alimentar residual (CAR) tem sido amplamente adotado como medida de eficiência. O CAR é a diferença entre o consumo individual observado e aquele estimado em função do seu peso e ganho (Figura 6.1).

Sabe-se que o uso de medidas brutas, como a conversão alimentar (CA), para selecionar animais mais eficientes pode aumentar o peso médio à idade adulta do rebanho, o que implicaria no aumento das exigências nutricionais. É recomendável evitar o excessivo aumento de peso adulto, pois animais mais exigentes têm maior dificuldade em expressar seu potencial em ambientes desafiadores, como é o caso das pastagens tropicais. Nessa situação, esses animais podem apresentar desempenho inferior aos animais com menor potencial, fenômeno conhecido como interação genótipos  $\times$  ambientes.



**FIGURA 6.1.** Relação entre o consumo estimado e o consumo observado. A linha representa os pontos onde CAR = 0 (consumo estimado = consumo observado). O ponto acima da linha é de um animal CAR positivo (ineficiente) que precisou 0,9 kg de MS acima do estimado para seu desempenho. O ponto abaixo da linha, refere-se a outro animal que, apesar do mesmo peso que o anterior ( $87 \text{ kg}^{0,75} = 385 \text{ kg}$ ), ingeriu 0,8 kg de MS a menos em relação ao estimado, sendo CAR negativo (eficiente). (GOMES, 2009).

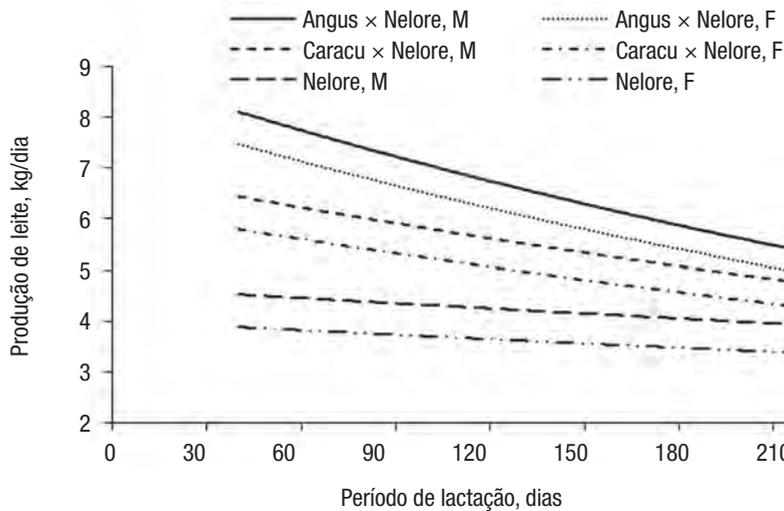
Portanto, sendo um índice ajustado para peso vivo, o CAR se torna interessante para identificação de animais eficientes, pois evita a seleção de animais de elevado peso adulto. Por outro lado, o CAR pode levar à produção de animais e carne mais magros (Ver item 4) e é menos correlacionado com lucro, quando comparado aos outros índices de eficiência (Ver item 5). Com relação à seleção de animais mais magros, deve-se observar atentamente, também, para não haver algum efeito negativo na fertilidade das fêmeas, o que não foi seguramente comprovado até então. Trabalho recentemente realizado nos EUA demonstrou que cada unidade de aumento no CAR implica em uma redução de 7,5 dias na idade à puberdade, sem afetar taxas de prenhez ou concepção (SHAFFER et al., 2011). Em outras palavras, animais mais eficientes aferidos pelo CAR apresentariam puberdade mais tardiamente.

## EFICIÊNCIA DO PAR VACA-BEZERRO

O rebanho de cria tem decisiva influência sobre a sustentabilidade da atividade. Pesquisadores canadenses estimam que dentro do ciclo de produção de carne bovina, vacas adultas são responsáveis por 79% das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ademais, cerca de 2/3 da energia total utilizada desde o nascimento até o abate é exigida pelo par vaca-bezerro (GREGORY, 1972; MONTAÑO-BERMUDEZ et al., 1990). A variação na exigência de manutenção da vaca é determinada pelo tamanho corporal e pelo potencial de produção de leite. Assim, estas variáveis são centrais para entender a eficiência da produção na fase de cria. No Brasil, poucos estudos têm investigado a eficiência econômica e energética de vacas Nelore e Nelore mestiças, mesmo estas tendo sido responsáveis pela produção de cerca de 50 milhões de bezerros em 2011. Tratando desse assunto, foi realizada na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, por dois anos consecutivos, a avaliação de 40 vacas e seus bezerros (ou pares vaca-bezerro) de diferentes grupos genéticos, em parceria com o Laboratório de Crescimento Animal da ESALQ/USP (ALBERTINI, 2007 e 2010). Nesta avaliação, observou-se uma gama notável de variação de eficiência entre os indivíduos. Parte dos bezerros foi terminada em confinamento (abate aos 16 meses) tendo sido observado que, do total de energia utilizada desde o nascimento até o abate de um bovino, 55% foi exigida pelo par vaca-bezerro.

Constatou-se que as exigências de energia e proteína para a lactação foram mais baixas para as vacas da raça Nelore (NN), intermediárias para Caracu × Nelore (CN) e maiores para vacas Angus × Nelore (AN). A secreção de energia no leite por vacas NN foi 18 e 22% menor e a de proteína 13 e 17% menor em relação às vacas CN e AN, respectivamente. Estes resultados são consistentes com pesquisas anteriores indicando que o gado Zebu apresenta menor potencial de produção de leite, quando comparado com cruzamentos *Bos indicus* × *Bos taurus* (CALEGARE et al., 2007, 2009). Curiosamente, vacas NN apresentaram uma produção de leite quase constante durante a lactação (Figura 6.2), embora em menor quantidade, quando comparadas a das vacas dos demais genótipos.

Bezerros estimularam suas mães produzirem cerca de 10% mais leite do que as bezerras (Figura 6.2). Houve diferenças marcantes para os grupos genéticos avaliados. Vacas Simental × Nelore (SN) foram as mais exigentes, contudo, não diferiram das vacas CN (Tabela 6.1). Vacas resultantes do cruzamento de touros *Bos taurus* com vacas Nelore



**FIGURA 6.2.** Curvas de lactação (produção de leite, kg/dia) de vacas de corte agrupadas de acordo com o sexo do bezerro (M = macho, F = fêmea). Fonte: (ALBERTINI, 2010)

foram até 15% mais pesadas do que as vacas puras Nelore. Bezerros SN apresentaram os maiores ganhos de peso e Nelore, os menores. Este resultado está de acordo com o fato de serem filhos das vacas mais pesadas e mais leves, respectivamente. Os ganhos de peso dos bezerros AN e SN foram semelhantes, o que pode ser explicado pela alta produção de leite dos genótipos Aberdeen Angus e Simental, respectivamente (Tabela 6.2).

Do ponto de vista ambiental, os valores de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente (eq.) produzido por par vaca-bezerro (estimados pela metodologia Tier 2 do IPCC), como esperado, ficaram na mesma ordem da demanda de ingestão de energia (Tabela 6.2). Dentre os genótipos, o par Nelore (NN) teve a menor emissão, seguido por Canchim x Nelore (XN), AN, CN e SN, que tiveram, respectivamente, 4%, 7%, 8% e 12% a mais de emissão, em relação ao Nelore. No entanto, ao se considerar a emissão de CO<sub>2</sub>-eq/kg de ganho do bezerro (ver Tabela 6.2, última linha), estas relações se invertem. Neste caso, as emissões (CO<sub>2</sub> eq./kg de ganho) foram 9% menor, para CN, e 13 a 14% menores para os demais produtos cruzados, em relação ao NN. Junto com a menor emissão/kg de ganho do bezerro, os animais cruzados tiveram as melhores margens líquidas por kg de ganho, com acréscimos de R\$ 0,17 e R\$ 0,43 para CN e SN, respectivamente. Esses resultados estão em total acordo com a eficiência energética de produção de leite mostrando como a eficiência alimentar pode ter grande efeito na lucratividade (ver item 6).

Portanto, as principais conclusões desse estudo quanto à avaliação do par vaca-bezerro foram:

- Vacas com maior produção de leite estão associadas com maior produção de peso de bezerro por unidade de energia ingerida (Figura 6.3);
- Vacas mais pesadas têm maior exigência e formam pares vaca-bezerro menos eficientes (Figura 6.4);
- Vacas com peso à maturidade elevado reduzem diretamente a margem econômica líquida do sistema de cria;

**TABELA 6.1.** Médias de quadrados mínimos ( $\pm$  erro padrão) de peso (PV) e escore de condição corporal da vaca (ECC), ganho de peso do bezerro (GP) e ingestão de energia metabolizável total (IEM) do par vaca-bezerro (Albertini, 2010).

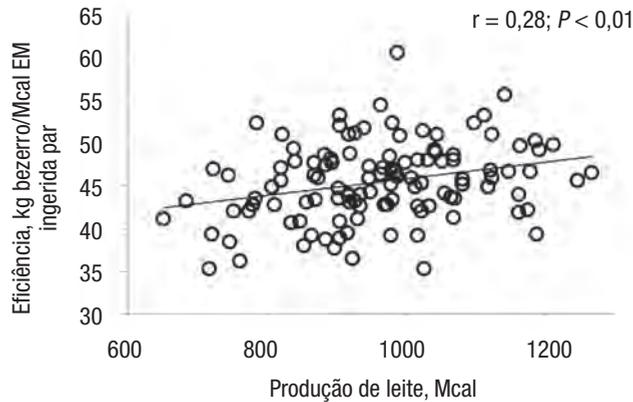
VARIÁVEL	GENÓTIPO DA VACA					P <sup>1</sup>
	NELORE (NN)	ANGUS × NELORE (AN)	CANCHIM × NELORE (XN)	CARACU × NELORE (CN)	SIMENTAL × NELORE (SN)	
PV em jejum, kg	451 $\pm$ 9.9 <sup>b</sup>	495 $\pm$ 10.1 <sup>a</sup>	451 $\pm$ 15.9 <sup>b</sup>	506 $\pm$ 14.2 <sup>a</sup>	521 $\pm$ 12.1 <sup>a</sup>	0.064
ECC, escala 1 a 9	4,9 $\pm$ 0,06 <sup>ab</sup>	4,9 $\pm$ 0,06 <sup>ab</sup>	4,7 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	5,1 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	5,0 $\pm$ 0,07 <sup>ab</sup>	0,098
GP, kg	153 $\pm$ 4,1 <sup>c</sup>	183 $\pm$ 4,5 <sup>ab</sup>	176 $\pm$ 7,9 <sup>ab</sup>	173 $\pm$ 6,1 <sup>b</sup>	195 $\pm$ 5,9 <sup>a</sup>	0.088
IEM, <sup>1</sup> Mcal	10.028 $\pm$ 154 <sup>c</sup>	11.386 $\pm$ 159 <sup>b</sup>	10.870 $\pm$ 252 <sup>b</sup>	11.511 $\pm$ 224 <sup>ab</sup>	12.047 $\pm$ 192 <sup>a</sup>	0.036

**TABELA 6.2.** Médias de quadrados mínimos ( $\pm$  erro padrão) das estimativas de emissões de metano e gases de óxido nitroso do par vaca-bezerro provenientes da fermentação entérica e das fezes

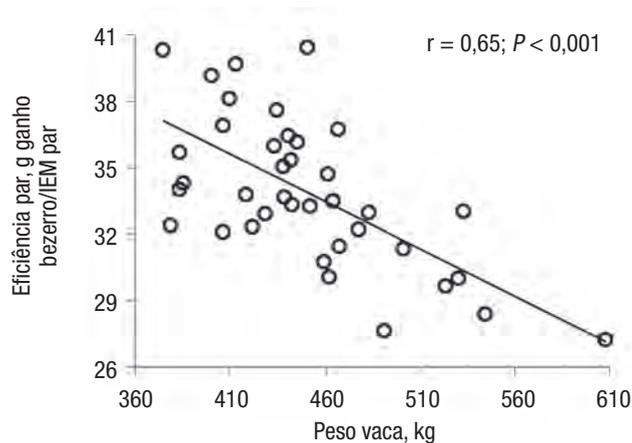
VARIÁVEL	GENÓTIPO DA VACA					P <sup>1</sup>
	NELORE (NN)	ANGUS × NELORE (AN)	CANCHIM × NELORE (XN)	CARACU × NELORE (CN)	SIMENTAL × NELORE (SN)	
CO <sub>2</sub> eq. fermentação entérica CH <sub>4</sub> , kg, par	3.673 $\pm$ 73,5 <sup>c</sup>	3.967 $\pm$ 73,3 <sup>b</sup>	3.867 $\pm$ 83,9 <sup>b</sup>	4.012 $\pm$ 82,0 <sup>ab</sup>	4.127 $\pm$ 76,4 <sup>a</sup>	0.009
O <sub>2</sub> eq. do esterco CH <sub>4</sub> , kg, par	78 $\pm$ 1,22 <sup>c</sup>	89 $\pm$ 1,24 <sup>b</sup>	85 $\pm$ 1,92 <sup>b</sup>	90 $\pm$ 1,74 <sup>ab</sup>	95 $\pm$ 1,74 <sup>a</sup>	0.013
CO <sub>2</sub> eq. do esterco N <sub>2</sub> O, kg, par	484 $\pm$ 28,1 <sup>c</sup>	564 $\pm$ 28,1 <sup>b</sup>	541 $\pm$ 30,5 <sup>b</sup>	568 $\pm$ 30,1 <sup>ab</sup>	599 $\pm$ 28,8 <sup>a</sup>	0.074
Emissão Total, kg CO <sub>2</sub> eq., Par <sup>2</sup>	4.229 $\pm$ 62,6 <sup>c</sup>	4.612 $\pm$ 62,6 <sup>b</sup>	4.480 $\pm$ 80,1 <sup>b</sup>	4.648 $\pm$ 77,0 <sup>ab</sup>	4.817 $\pm$ 68,0 <sup>a</sup>	0.005
Eficiência ambiental, kg CO <sub>2</sub> eq. par/kg ganho do bezerro <sup>4</sup>	28,5 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup>	25,1 $\pm$ 0,75 <sup>b</sup>	25,0 $\pm$ 1,29 <sup>b</sup>	26,2 $\pm$ 1,01 <sup>ab</sup>	25,0 $\pm$ 0,97 <sup>b</sup>	0.019

<sup>1</sup>Probabilidade;<sup>a,b,c</sup> Médias na linha por letras diferentes sobrescritas diferem entre si de acordo com Teste Tukey;<sup>2</sup>CO<sub>2</sub> equivalente total do metano e do óxido nitroso.

- A relação peso bezerro/peso da vaca ao desmame é uma das características mais associadas à eficiência alimentar do par vaca-bezerro ( $r = 0,59$ ). Portanto, quanto maior a proporção de peso do bezerro em relação ao peso da vaca, melhor a eficiência nesta fase.



**FIGURA 6.3.** Correlação residual entre a eficiência do par vaca/bezerro e a produção de leite da vaca de corte. Adaptado de Albertini (2010).



**FIGURA 6.4.** Correlação residual entre a eficiência do par vaca/bezerro e o peso da vaca de corte. Adaptado de Albertini et al. (2008).

- A simulação de seleção para os pares vaca-bezerro mais rentáveis revela melhoria em até R\$ 25,00/bezerro, com redução da demanda de energia e das emissões de GEE. O preço de bezerro desmamado (deflacionado entre 1996 a 2010) utilizado para prever a rentabilidade foi de R\$ 532,00, ou seja, a melhoria obtida pode atingir até 5% do valor do animal à desmama.

Os resultados ainda indicam, principalmente, que há uma grande oportunidade na seleção de bovinos de corte para melhorar a eficiência pré-desmama. Além disso, pode-se tirar proveito do uso de diferentes recursos genéticos em diferentes situações, tendo o maior retorno possível por meio do cruzamento entre raças.

## EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E QUALIDADE DA CARNE

Como uma das principais razões para maior eficiência é a menor deposição de gordura corporal e como gordura subcutânea e intramuscular têm grande influência na qualidade da carne, foi levantada a hipótese de que os animais mais eficientes poderiam produzir carne de qualidade inferior. Como a desvalorização da carne pelo mercado pode reduzir a lucratividade e comprometer a sustentabilidade da atividade, foram realizados, então, experimentos para identificar se a eficiência alimentar e características de qualidade da carne apresentam correlação negativa, isto é, se a busca pela primeira pode comprometer a segunda. No primeiro experimento, realizado em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (REIS, 2009), foram utilizadas 31 novilhas *Bos indicus* mestiças (½ Caracu ¼ Angus ¼ Nelore; ½ Caracu ¼ Valdostana ¼ Nelore; ½ Red Angus ¼ Caracu ¼ Nelore) terminadas em confinamento por 102 dias. A dieta foi oferecida à vontade (relação 60:40 de concentrado:silagem de sorgo, na MS). Com base no CAR de cada animal foram criados três grupos: 1) ineficiente (CAR positivo: média = + 0,776 kg/d), 2) intermediário (CAR zero: média = - 0,010 kg/d) e 3) eficiente (CAR negativo: média = - 0,624 kg/d). Os resultados mostraram que não foi verificada diferença em relação à qualidade de carne entre animais de diferentes classes de eficiência (Tabela 6.3). O abate destes animais foi padronizado tendo como meta 6 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS). Além de garantir a produção de carne de alta qualidade, esse critério permite uma comparação de eficiência mais justa, pois o abate ocorre em grau de acabamento semelhante. Caso contrário, ani-

**TABELA 6.3.** Médias e erros-padrão (EP) de características do músculo *Longissimus dorsi* e da composição da carcaça de animais de diferentes classes de consumo alimentar residual (CAR).

CARACTERÍSTICAS	CLASSES DE CAR <sup>1</sup>			EP	P <sup>4</sup>
	EFICIENTE	INTERMEDIÁRIA	INEFICIENTE		
<i>Longissimus dorsi</i>					
Suculência	5,0	5,5	5,6	0,1	0,270
Palatabilidade	5,6	5,7	5,5	0,2	0,860
Maciez (painel) <sup>2</sup>	5,7	6,1	6,5	0,1	0,220
Força de cisalhamento <sup>3</sup>	5,4	5,2	5,1	0,6	0,850
<i>Composição da carcaça</i>					
Músculo, %	61,6	60,9	59,8	0,9	0,761
Gordura, %	24,1	24,7	25,5	0,7	0,894
Osso, %	14,2	14,3	14,6	0,3	0,897

<sup>1</sup>Eficiente: -0,624 kg de MS/dia; Intermediária: -0,01 kg de MS/dia; Ineficiente: +0,776 kg de MS/dia;

<sup>2</sup>Escala de 1 (extremamente dura) a 9 (extremamente macia), avaliada pelo painel sensorial;

<sup>3</sup>Avaliada pelo aparelho Warner Braztler; quanto menor o valor, mais macia é a carne;

<sup>4</sup>Probabilidade.

**TABELA 6.4.** Médias e erro padrão (EP) de características de carne de novilhos Nelore de diferentes classes de consumo alimentar residual (CAR).

CARACTERÍSTICAS	CLASSES DE CAR <sup>1</sup>			EP	P <sup>5</sup>
	EFICIENTE	INTERMEDIÁRIA	INEFICIENTE		
pH	5,63	5,62	5,62	0,05	0,2782
CRA <sup>2</sup> , %	72,9	72,9	72,9	1,16	0,9626
PC <sup>3</sup> %	24,9	24,7	24,4	1,16	0,2797
FC <sup>4</sup> , kgf/cm <sup>2</sup>	8,14	8,08	8,03	0,54	0,4235

<sup>1</sup>Eficiente: -0,5 kg de MS/dia; Intermediária: 0,0 kg de MS/dia; Ineficiente: +0,5 kg de MS/dia;

<sup>2</sup>Capacidade de retenção de água;

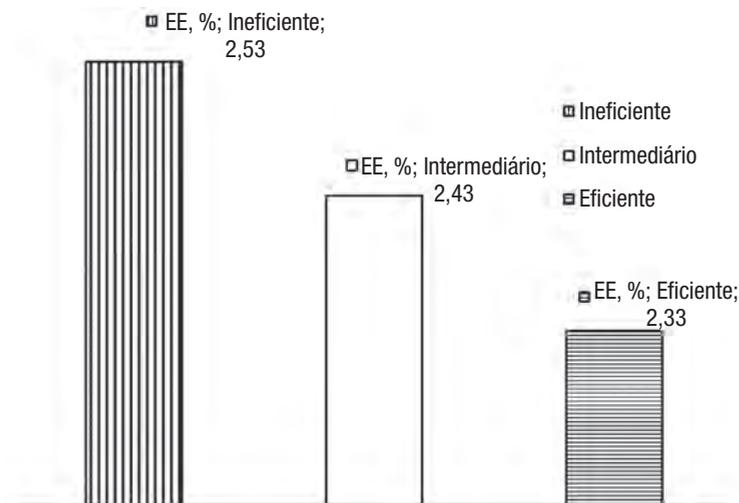
<sup>3</sup>Perdas por cocção;

<sup>4</sup>Força de cisalhamento (Nascimento, 2011);

<sup>5</sup>Probabilidade.

mais abatidos com menor acabamento teriam chance de ser indicados como eficientes, quando, na verdade, isso teria sido resultado da composição mais magra do seu ganho de peso, uma vez que é mais fácil depositar o ganho com menos gordura.

Em outros experimentos realizados em parceria com LNCA/ESALQ/USP e Embrapa Pecuária Sudeste (NASCIMENTO, 2011 e SOUZA, 2012), foram avaliados novilhos Nelore quanto à eficiência, em uma abordagem semelhante à anterior (Tabela 6.4 e Figura 6.5). Nesses experimentos, os animais eficientes e ineficientes foram separados pela diferença de uma unidade no CAR (1 kg/dia).



**FIGURA 6.5.** Teor de gordura intramuscular (extrato etéreo, EE) de amostras de carne de novilhos Nelore para CAR - 0,5 kg de MS/dia (eficiente), 0,0 kg de MS/dia (intermediário) e + 0,5 kg de MS/dia (ineficiente). Erro padrão = 0,21,  $p < 0,0106$ .

Da mesma maneira que o experimento anterior, concluiu-se que os animais eficientes, intermediários e ineficientes quanto ao CAR produzem carne de qualidade semelhante, exceto pelo teor de extrato etéreo intramuscular (Figura 6.5).

Como quanto mais positivo o CAR, menos eficiente é o animal, pode-se concluir que indivíduos com alta EGS devem ser menos eficientes. NASCIMENTO (2011) e SOUZA (2012) encontraram uma relação positiva entre CAR e espessura de gordura subcutânea, assim como com a taxa de deposição de gordura. Consistentemente com a redução da deposição de gordura subcutânea, houve uma diminuição do conteúdo de gordura da carne (Figura 6.5). Mais uma vez, o conjunto desses resultados evidencia que animais ineficientes (CAR positivo) depositam mais gordura.

## EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE CARNE

Alguns dos principais resultados da literatura envolvendo CAR estão resumidos na Tabela 6.5. A variação entre os resultados obtidos entre CAR extremos é muito grande, tal como 3,60 kg/dia (Kolath, 2006) ou 1,26 kg/dia (Paulino et al., 2008).

No experimento descrito no item anterior, Reis (2009) observou uma faixa de 2,73 kg/dia, uma vez que o animal mais eficiente apresentou CAR = - 0,96 kg e o menos eficiente apresentou CAR = +1,78 kg. Em outros estudos, com Nelore, os valores extremos de CAR encontrados foram +2,1 e -1,55 kg/dia (SOUZA, 2012) e +2,04 e -1,79 kg/dia (NASCIMENTO, 2011). Esta grande variação de consumo para eficiência, com amplitudes de CAR de 3,7 a 3,8 kg de MS/dia, está associada ao fato dos animais terem sido selecionados a partir de uma população estruturada, produzida justamente para expressar a maior variabilidade genética possível da raça Nelore.

No que diz respeito às características de desempenho observadas por Reis (2009), novilhas ineficientes (alto CAR) consumiram 4,6% mais MS do que as de baixo CAR. Como esperado, o ganho médio diário (1,4 kg/dia) não diferiu entre os grupos de CAR.

Nos experimentos de SOUZA (2012) e NASCIMENTO (2011), as características de carcaça, peso do coração, peso do fígado e gordura interna não foram relacionados com CAR. Já no estudo de Reis (2009), foi revelado que os valores de digestibilidade foram semelhantes entre as classes de CAR, indicando que esta variável não é responsável pela maior eficiência das novilhas mais eficientes. Portanto, a grande variação observada para eficiência reflete, sobretudo, diferenças na necessidade de energia para manutenção. Outra fonte de variação é a própria composição do ganho. Assim, nos experimentos com Nelore, os animais menos eficientes apresentaram maior energia retida (como gordura), estimada pela diferença entre a composição corporal inicial e final. Esta variação pôde explicar cerca de 30% da diferença na ingestão de alimentos entre animais eficientes e animais ineficientes, em termos de CAR. Então, outra grande oportunidade para efetivamente aumentar a eficiência seria a reavaliação completa do que é realmente necessário em termos de gordura na carcaça e cortes de carne para evitar a gordura excessiva. Mesmo nos Estados Unidos, onde a gordura tem uma grande influência no preço da carne, houve considerável redução na gordura da carne nas últimas décadas (McNEIL et al., 2012). Outra vantagem da seleção por eficiência seria a redução da produção de metano por kg de carne produzida, já que o CAR está positivamente correlacionado com a emis-

**TABELA 6.5. Resultados de alguns ensaios sobre avaliação de eficiência nutricional.**

REFERÊNCIA	PRINCIPAIS RESULTADOS	
	DESEMPENHO	OUTROS
Arthur et al. (2001a)	Alto CAR vs. Baixo CAR: Diferença de 1,247 kg / dia de ingestão de MS	Redução em 14% nos custos com alimentação
Basarab et al. (2003)	CAR negativo ingerido 940 g menos MS que animais CAR positivos com ganho semelhante e taxa de eficiência alimentar 9,4% melhor	Correlação positiva entre CAR e EGS ( $r = 0,15$ )
Castro Bulle et al. (2007)	Animais CAR negativo apresentaram IMS 15% menor e GMD semelhantes aos animais CAR positivos	Houve correlações significativas entre CAR, EGS ( $r = 0,20$ ) e taxa de deposição EGS ( $r = 0,30$ )
Kelly et al. (2011)	Animais CAR positivos e negativos tiveram ganhos similares (1,83 vs. 1,91 kg / dia, respectivamente). Animais eficientes apresentaram IMS inferior (10,39 vs. 9,34 kg por dia, respectivamente)	
Durunna et al. (2011)	GMD semelhante (1,84 vs. 1,81 kg / dia) e IMS diferente (9,52 vs. 11,3 kg / dia) entre novilhos originados de vacas cruzadas para touros Angus ou Charolês de CAR negativo e positivo	
Gomes (2009)	Animais CAR positivos e negativos tiveram mesmo ganho (0,93 kg / dia). Animais eficientes apresentaram IMS inferior (8,30 vs. 8,94 kg / dia, respectivamente). e melhor conversão alimentar (9,82 vs. 10,5 kg CMS / kg de ganho)	Menor quantidade de gordura no trato digestivo total de bovinos Nelore de CAR negativo em relação a CAR positivo (30,05 vs. 36,8 kg, respectivamente)
Farjalla (2009)	Menor IMS (8,63 vs. 10,37 kg / dia) e maior eficiência alimentar (0,112 vs. 0,099 kg IMS / kg de ganho) para novilhos da raça Nelore de CAR negativo em relação a CAR positivo	

são de metano. Hergarty et al. (2007) mostraram que o menor consumo observado em animais de CAR negativo (mais eficientes) contribuiu para redução de 18% na emissão de metano diária, valor inferior à redução de 27% encontrada em novilhas sob pastejo (JONES et al., 2011). A diferença de CAR entre os animais nos extremos de eficiência indica uma grande oportunidade para seleção de animais realmente mais eficientes, visto que a herdabilidade para este índice é considerada de moderada a alta.

## EFICIÊNCIA E LUCRO

Como a eficiência pode ser definida como “maior produção com menor quantidade de insumos de alimentação”, seria razoável esperar que esta fosse fortemente correlacionada com o lucro. Isso é certo no caso de formas diretas de expressar a efici-

**TABELA 6.6.** Coeficientes de correlação de Pearson entre características de margem de contribuição, desempenho, consumo, eficiência e composição da carcaça de novilhos Nelore

CARACTERÍSTICAS <sup>1</sup>	MARGEM	PVF	CMS	GPD	EA	CAR	AOL	EGS	EE
Margem	..	-0,18 <sup>†</sup>	-0,26*	0,53**	0,75**	-0,23 <sup>†</sup>	0,20 <sup>†</sup>	0,10	0,06
PVF	..	..	0,60**	0,39**	0,15	0,05	0,08	0,14	0,03
CMS	..	..	..	0,35**	-0,08	0,80**	0,01	0,25*	0,17
GPD	..	..	..	..	0,90**	-0,01	0,24**	0,27**	0,21*
EA	..	..	..	..	..	-0,10 <sup>†</sup>	0,15	0,17 <sup>†</sup>	0,15
CAR	..	..	..	..	..	..	-0,15	0,25**	0,22
AOL	..	..	..	..	..	..	..	-0,02	-0,13
EGS	..	..	..	..	..	..	..	..	0,16
EE	..	..	..	..	..	..	..	..	..
GPR	..	..	..	..	..	..	..	..	..

<sup>1</sup>Margem de contribuição (R\$/dia); PVF - peso vivo final (kg); CMS - consumo de matéria seca (kg/dia); GPD - ganho de peso (kg/dia); EA - eficiência alimentar; CAR - consumo alimentar residual (kg de MS/dia); AOL - área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>) mensurada no abate, EGS - espessura de gordura subcutânea (mm); EE - extrato etéreo intramuscular (%; SOUZA, 2012);

$p > 0,05$ ; <sup>†</sup> $p < 0,05$ ; \* $p < 0,01$ ; \*\* $p < 0,0001$ .

ência como conversão alimentar (kg de ração/kg de ganho) e seu inverso, a eficiência alimentar. No caso do CAR, não se distingue o animal que é eficiente e tem ganho de peso elevado daquele que, apesar de eficiente, tem baixo ganho. Dessa forma, o CAR acaba sendo mal relacionado com lucro. Isso foi bem demonstrado pelos resultados apresentados por Souza (2012), em que a margem de contribuição (Tabela 6.6) teve associação muito maior com conversão alimentar ( $r = 0,75$ ) e ganho de peso ( $r = 0,53$ ) do que com CAR (-0,23). Resultados semelhantes foram demonstrados por (CRUZ et al., 2010), pelos quais o CAR explicou apenas 18% do custo do ganho. Apesar disso, deve-se deixar claro que as correlações positivas do CAR com lucro aumentam à medida que o custo da alimentação é maior. Além disso, apesar de magnitude baixa a correlação é favorável, o que ainda poderia ser compensador quando comparado ao aumento do peso vivo adulto do rebanho como consequência da seleção para outras características de eficiência.

Já Nascimento (2011) calculou o lucro individual de novilhos Nelore confinados e mostrou que esta variável foi positivamente correlacionada ao CAR. Algumas variáveis econômicas utilizadas nestas análises estão apresentadas na Tabela 6.7.

Estes dados mostram que a eficiência pode ter um efeito profundo no resultado econômico da produção de bovinos de corte, uma vez que o lucro dos animais eficientes foi praticamente o dobro dos ineficientes. Portanto, a eficiência pode ajudar sobremaneira a garantir a saúde financeira da produção de carne bovina.

**TABELA 6.7. Médias e erros-padrão (EP) para algumas variáveis econômicas da engorda de novilhos Nelore de acordo com as classes de consumo residual alimentar (CAR)**

VARIÁVEIS	CLASSES DE CAR <sup>1</sup>			EP	P <sup>2</sup>
	EFICIENTE	INTERMEDIÁRIO	INEFICIENTE		
Ganho de peso, kg/dia	1,26	1,25	1,25	0,06	0,8868
Receita, R\$/dia	5,80	5,78	5,77	0,27	0,6241
Custo total, R\$/@ <sup>3</sup>	90,83	93,13	95,42	4,44	0,0007
Custo do alimento, R\$/dia	4,64	4,75	4,87	0,17	<0,0001
Lucro, R\$/@	7,47	5,17	2,89	4,44	0,0007
Lucro, R\$/dia	0,55	0,42	0,28	0,30	0,0019

<sup>1</sup>Eficiente: CAR= -0,5kg de MS/dia; Intermediário: CAR= 0,0 kg de MS/dia; Ineficiente: CAR= +0,5 kg de MS/dia;

<sup>2</sup>Probabilidade;

<sup>3</sup>@: 15 kg de carcaça (Nascimento, 2011).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência nutricional é chave para melhorias significativas, rápidas e duradouras na eficiência global do sistema de produção de gado de corte. Além disso, a variabilidade existente entre indivíduos nas populações permite aumentar a eficiência animal sem comprometer o desempenho ou a qualidade da carne, permitindo o uso da seleção e melhoramento genético para melhorar as margens econômicas da atividade.

Uma questão ainda difícil de responder é quão longe se pode ir na produção de cortes magros, sem perder mercado e sem comprometer a fertilidade dos rebanhos. A carne brasileira, com menor teor de gordura devido à predominância de bovinos das raças zebuínas, em sistemas de produção em pastagens, é muito apreciada em vários países e poderia ser inspiração para uma indústria da carne mais eficiente, ambientalmente correta e saudável no futuro.

## FONTES DE REFERÊNCIA

- ALBERTINI, T.Z. Consumo, eficiência alimentar e exigências nutricionais de vacas de corte na lactação e terminação. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- ALBERTINI, T.Z. Eficiência alimentar e exigências de vacas de corte de diferentes grupos genéticos e suas crias durante o período de pré-desmama. 2008. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. *Australian Journal of Agricultural Science*, Collingwood, v. 50, p. 147-161, 1999.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; MELVILLE, G.J. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 2001, Queenstown. Proceedings... Queenstown, v. 14, p. 135-138, 2001a.

- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 2805-2811, 2001b.
- BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 189-204, 2003.
- BEAUCHEMIN, K.A.; JANZEN, H.H.; SHANNAN, M.L.; MCALLISTER, T.A.; MCGINN S.M. 2010. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: a case study. **Agr. Syst.** 103:371-379. CALEGARE, 2007
- CALEGARE, L.; ALENCAR, M.M.; PACKER, I.U.; LANNA, D.P.D. 2007. Energy requirements and cow/calf efficiency of Nellore and Continental and British Bos taurus x Nellore crosses. **J. Anim. Sci.** 85:2413-2422.
- CALEGARE, L.; ALENCAR, M.M.; PACKER, I.U.; LEME, P.R.; FERRELL, C. ; LANNA, D.P.D. 2009a. Pre-weaning performance and body composition of calves from straightbred Nellore and Bos taurus x Nellore. **J. Anim. Sci.** 87:1814-1820.
- CALEGARE, L., M. M. ALENCAR, I. U. PACKER, C. L. FERRELL, and D. P. D. LANNA. 2009b. Cow/calf pre-weaning efficiency of Nellore and Bos taurus x Bos indicus crosses. **J. Anim. Sci.** 87:740-747.
- CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B.; WELSH JR, T.H.; WARRINGTON, B.G.; MILLER, R.K.; RANDER, R.D.; FORBES, T.D.A.; LIPPKE, H.; GREENE, L.W.; LUNT D.K. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, Kleberg, p. 31-34, 2002.
- CASTRO BULLE, F.C.; PAULINO, F.C.P.; SANCHES, A.C.; SAINZ, R.D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 928-936, 2007.
- CRUZ, G.D.; RODRIGUEZ-SANCHES, J.A.; OLTJEN, J.W.; SAINZ, R.D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 324-329, 2010
- DURUNNA, O.N.; PLASTOW, G.; MUJIBI, F.D.N.; GRANT, J.; MAH, J.; BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S.; WANG, Z. Genetic Parameters and genotype by environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1112-1123, 2011.FAN, 1995
- FARJALLA, Y.B. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore estratificados pela eficiência alimentar através do consumo alimentar residual. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of Food and Agriculture. <http://www.fao.org/publications/en/>. Acesso em 16 fev. 2011.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. 1985. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. **J. Anim. Sci.** 61:725-741.
- GOMES, R.C. Metabolismo protéico, composição corporal, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função do seu consumo alimentar residual. 2009. Tese Doutorado em Zootecnia - Qualidade e Produtividade animal) - Universidade de São Paulo.
- GREGORY, K.E. 1972. Beef cattle type for maximum efficiency “putting it all together”. **J. Anim. Sci.** 34:881-884. JONES, 2011
- KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS JR., D.H.; LYNCH, C.O.; WUYLIE, A.R.; EVANS, R.D.; KELLY, A.K. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v.135, p. 8-16, 2011.
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, GREGORY, D.K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 22, p. 486-494, 1963. KOLATH, 2006
- MCNEILL, S.H.; HARRIS, K.B.; FIELD, T.G.; VAN ELSWYK, M.E. The evolution of lean beef: Identifying lean beef in today’s U.S. marketplace. **Meat Science**, 90, 1-8, 2012.
- MONTAÑO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M.K. 1990. Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **J. Anim. Sci.** 68:2297-2309.

- NASCIMENTO, M.L. Eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore. 2011. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; SCHMID, K.; LI, C.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; WANG, Z.; MOORE, S.S. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 145–153, 2006.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D.; FONSECA, M.A.; VÉ-RAS, R.M.L.; OLIVEIRA, D.M. Productive performance of Nellore cattle of different gender fed diets containing two levels of concentrate allowance. **Brazilian Journal of Animal Science** 37(6): 1079-1087, 2008.
- REIS, S.F. Características de crescimento e qualidade de carne de novilhas de corte de diferentes classes de consumo alimentar residual. 2009. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009
- ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetics parameters for feed efficiency, fatness, muscle area, and feeding behavior of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v.90, p.255-270, 2004.
- SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.; NUERNBERG, K.; ANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Sci.** vol. 74, p. 17-33, 2006. SMITH, 2009.
- SHAFFER, K.S.; TURK, P.; WAGNER, W.R.; FELTON, E.E.D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, p. 1208–1034, 2011.
- SOUZA, A.R.D.L. Relações entre eficiência alimentar, características de carcaça e qualidade de carne de novilhas Nelore confinados. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- USDA. 2010. Livestock and poultry: world market and trade circular archives. [http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock\\_poultryfull101510.pdf](http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock_poultryfull101510.pdf). Accessed Dec. 11, 2010.