

# Consumo alimentar residual em bovinos de corte

Alimentação, eficiência, pecuária, seleção.

Fabiano Andrade Ferreira<sup>1\*</sup>

Dimas Oliveira Santos<sup>2</sup>

Luciano Oliveira Ribas<sup>3</sup>

Eliseu Ferreira Brito<sup>1</sup>

Mauricio Oliveira Ribas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduado em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga/BA. \*Email: fazootec06@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga/BA

<sup>3</sup> Graduando em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga/BA

## RESUMO

Objetivou-se com esta revisão abordar uma metodologia alternativa de seleção para eficiência alimentar denominada de consumo alimentar residual (CAR) que vem sendo testada. O CAR é o resultado da diferença entre o consumo observado e o estimado através de equações de regressão em função do peso metabólico e do ganho médio diário. Após um período de teste de 70 dias, os animais com consumo observado menor que o estimado (CAR negativo) são os mais eficientes e os animais com consumo observado maior que o estimado (CAR positivo) são os menos eficientes. Segundo algumas pesquisas brasileiras, a variação fenotípica (desvio padrão) do CAR para bovinos zebuínos é semelhante ou superior aos demais estudos em taurinos, variando de 0,41 a 1,05 kg/dia. O CAR apresenta moderada a alta herdabilidade, com a maior parte das estimativas publicadas variando entre 0,30 a 0,35. Dentre as limitações do CAR a alteração na composição corporal e o custo de mensuração são as mais relevantes. Existem controvérsias em relação à alteração na composição corporal e o custo para mensuração certamente será resolvido com auxílio de marcadores moleculares para esta característica. A seleção de bovinos de corte visando à eficiência alimentar é sem dúvidas uma das alternativas para se aumentar a eficiência produtiva, reduzir os custos de produção e mitigar os impactos ambientais da pecuária.

**Palavras-chave:** Alimentação, eficiência, pecuária, seleção.



# Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 12, Nº 06, nov/dez de 2015

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Revista Eletrônica Nutritime é uma publicação bimensal da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos e também resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

## RESIDUAL FEED INTAKE IN BEEF CATTLE

### ABSTRACT

The objective of this review to address an alternative methodology of selection for feed efficiency called residual feed intake (RFI) that has been tested. The RFI is the result of the difference between the actual consumption and the estimated through regression equations as a function of metabolic weight and average daily gain. After a 70-day test period, the animals with low consumption observed that the estimator (RFI negative) are the most efficient and animal consumption that observed with the highest estimated (RFI positive) are less efficient. De according to some Brazilian research, the phenotypic variation (standard deviation) of the RFI for zebu cattle is similar or superior to other studies in Taurus, ranging from 0.41 to 1.05 kg / day. The RFI has moderate to high heritability, with most estimates ranging from published from 0.30 to 0.35. Among the limitations of the RFI change in body composition and the cost for measurement are the most relevant. There is controversy regarding the change in body composition and the cost will certainly be solved with the aid of molecular markers for this feature. The selection of beef cattle feed efficiency aiming is undoubtedly one of the alternatives to increase production efficiency, reduce costs and mitigate environmental impact of livestock.

**Keywords:** Food, efficiency, livestock, selection.

## INTRODUÇÃO

Atualmente um dos maiores desafios globais é o aumento da população humana projetado em 34% até o ano 2050, gerando a necessidade de aumentar a atual produção de alimentos em 70% (FAO, 2013). Melhorias em eficiência na utilização dos recursos naturais são imprescindíveis para aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável (FAO, 2013).

Diante deste cenário existe um crescente interesse quanto ao uso de índices de eficiência alimentar em bovinos em crescimento (EA), devido ao fato de que a conversão de alimento (CA) em produto de origem animal durante esta fase ter uma larga influência no custo de produção. A rentabilidade da produção de bovinos de corte é dependente dos 'inputs' e dos 'outputs' no sistema e o fornecimento de alimentos é o input de maior custo na maioria dos empreendimentos de produção de animais (ARTHUR, 2004).

Entretanto, todos os programas de melhoramento genético de bovinos de corte enfatizam a seleção para aumento dos outputs, tais como pesos a diversas idades, ganho médio diário, circunferência escrotal, características de carcaça e até mesmo o desempenho reprodutivo (LANNA & ALMEIDA, 2004), sem se atentar para diminuição dos custos com alimentação. Para bovinos confinados, o custo com alimentação representa cerca de 70% do custo de produção, o aumento da eficiência alimentar seria de extrema importância, pela diminuição da quantidade de alimento consumido por cada quilo de carne produzido.

A relevância do aumento da eficiência alimentar também se expande à medida que produção de poluentes ambientais como o esterco e o metano são reduzidos (BASARAB et al., 2003), questão esta de grande importância, visto que o foco da produção animal atualmente está a favor da sustentabilidade dos recursos naturais.

Diante dos benefícios econômicos e ambientais, seleção para eficiência alimentar é um parâmetro óbvio para ser incluído em índices de melhoramento genético de bovinos de corte. Dentre as várias medidas propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar, destaca-se o consumo alimentar residual (CAR), que permite selecionar animais de menor con-

sumo e exigências de manutenção sem alterar o peso adulto ou ganho de peso.

Objetivou-se, com esta revisão, abordar o CAR como medida alternativa de seleção para eficiência alimentar, esclarecendo pontos relacionados à sua mensuração, bases biológicas da variação, benefícios e as prováveis limitações da seleção.

### Eficiência alimentar em bovinos de corte

Em sistemas de produção de gado de corte, a qualidade e a quantidade ingerida de nutrientes são determinantes do desempenho animal. Como alimentação representa o item de maior importância econômica dentro do sistema de produção de carne, sendo um dos fatores responsáveis pelas flutuações na lucratividade, melhorias na eficiência do uso alimento, bem como dos seus nutrientes, devem sempre ser investigadas. Gibb & Mcallister (1999) reportaram que um incremento de 5% na eficiência alimentar tem impacto econômico quatro vezes superior ao obtido com 5% na taxa de ganho médio diário de peso.

Alimentação é o insumo de maior custo em qualquer sistema de produção animal, correspondendo a cerca de 70% do total de gastos. Isto é reconhecido pelas indústrias de suínos e aves, que conseguem quantificar o custo com alimentação devido à facilidade de se mensurar o consumo de alimento dessas espécies (HERD et al., 2003).

A seleção para eficiência alimentar foi relegada a um plano secundário na indústria da carne bovina, certamente pela dificuldade de se mensurar o consumo alimentar de bovinos de corte, particularmente em sistemas extensivos de produção. Outra razão para essa falta de interesse é a de que sempre se assumiu que a eficiência estaria intimamente correlacionada com a taxa de ganho (CAMERON, 1998).

Aproximadamente 70-75% do custo energético da dieta na produção de bovinos de corte é usado na manutenção dos animais, principalmente das vacas (FERREL & JENKINS, 1985). A variabilidade genética nas exigências energéticas de manutenção de bovinos é de moderada a alta ( $h^2 = 0,22$  a  $0,71$ ), sugerindo uma oportunidade para seleção de animais mais eficientes (BISHOP, 1992).

Segundo Lanna & Almeida (2004) na seleção de bovinos de corte são necessárias estratégias para aumentar a eficiência alimentar, mas sem prejudicar características de desempenho, reprodução ou comprometer a qualidade da carne. A eficiência alimentar e a conversão alimentar estão entre os parâmetros mais conhecidos e são tradicionalmente os índices mais utilizados para se mensurar a eficiência alimentar em bovinos de corte (BERRY, 2008). A conversão alimentar (CA) é uma medida bruta obtida entre a razão do consumo de matéria seca (CMS) e o ganho de peso médio diário (GMD). Da mesma forma, o oposto dessa medida, chamado de eficiência alimentar (GMD: CMS) tem sido utilizada como medidas equivalentes. A suposição generalizada que CA e EA são relações inversas não é verdadeira, pois a equivalência somente se verifica para uma observação, mas não para médias aritméticas (ALMEIDA, 2005).

A conversão alimentar (CA) foi bastante utilizado nos EUA em testes tradicionais de touros e em confinamentos comerciais e tem sido documentada que a CA é fenotipicamente e geneticamente correlacionada com aspectos de produção (ARCHER et al., 1999; ODDY, 2004; CREWS, 2005). A seleção para CA pode melhorar a eficiência alimentar nas fases de crescimento e terminação, contudo isso não necessariamente irá melhorar a eficiência ou rentabilidade do sistema de produção como um todo. Portanto o uso da conversão alimentar como parâmetro de seleção em bovinos de corte pode comprometer a eficiência reprodutiva do rebanho de cria em condições de limitações nutricionais, devido à alta correlação entre CA e o peso adulto, o que implicaria no aumento das exigências nutricionais (LANNA, 2003).

### Consumo alimentar residual (CAR)

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 utilização do consumo alimentar residual, cujos os preceitos não foram compreendidos ou aceitos pela grande maioria dos pesquisadores de bovino de corte até década de 90. A partir do início da década de 90, australianos se dedicaram ao estudo do CAR, sendo seguidos pelos canadenses (LANNA & ALMEIDA, 2004).

O consumo alimentar residual (CAR) é calculado como sendo a diferença entre o consumo individual observado e o consumo estimado, através de ajustes para peso médio metabólico e do ganho médio diário (KOCH et al., 1963). Desta forma, essa medida tem um importante benefício de ser ajustada para o peso e ganho do animal, o que não acarretaria em um aumento do peso adulto, comparado, por exemplo, com a conversão alimentar. Assim sendo, animais mais eficientes têm CAR negativo (consumo observado menor do que o predito) e os menos eficientes tem um CAR positivo (consumo observado maior do que o predito). O CAR também é definido por consumo alimentar "líquido" (Net Feed Intake) em algumas publicações (ALMEIDA, 2005).

Na Figura 1 podemos observar dois animais que possuem peso vivo médio e ganho diário similares. Por terem o mesmo peso e mesmo ganho, o consumo de MS estimado para os dois foi igual (~10,9kg/dia). Porém o consumo de MS observado foi diferente do predito, como é visto na Figura 2. O animal com CAR negativo (mais eficiente) teve consumo de 1,6kg/dia a menos que o valor predito; em contrapartida, o animal com CAR positivo (menos eficiente) consumiu 2,0kg/dia a mais que o predito, para o mesmo ganho de peso (LANNA & ALMEIDA, 2004).

### Metodologia para mensurar o CAR

O consumo alimentar residual é um dado individual, calculado após um período de alimentação (pelo

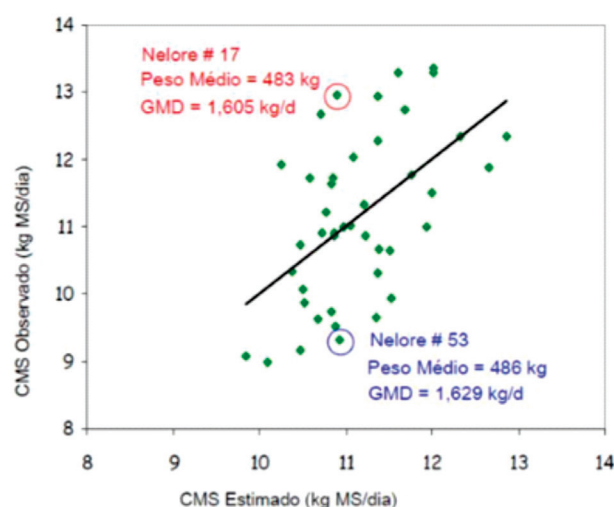


FIGURA 1. Relação entre o consumo observado e o consumo estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais de similares pesos vivo médio e ganho médio diário. Fonte: Lanna & Almeida, (2004).

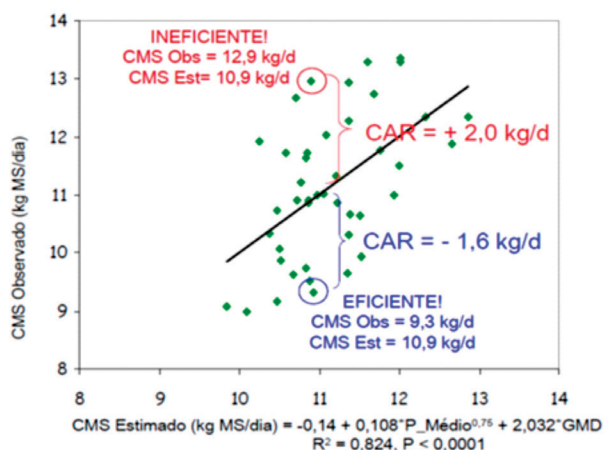


FIGURA 2. Relação entre consumo observado e consumo estimado de novilhos Nelore em confinamento, destacando dois animais de consumo alimentar residual (CAR) extremos. Fonte: Lanna & Almeida, (2004).

menos 70 a 84 dias), onde os animais são dispostos em baias individuais ou em grupos. Para a estimativa acurada do consumo individual, Archer et al. (1997) constataram que seriam necessários no mínimo 35 dias de avaliação para animais taurinos. Para a raça nelore considerou-se que 28 dias de avaliação são suficientes (CASTILHOS et al., 2011). No entanto, para o ganho de peso, deve-se ter um período mínimo de avaliação de 70 a 84 em função da maior variação desta característica no tempo (devido às diferenças de conteúdo gastrointestinal entre pesagens) quando comparado ao consumo. Por esta razão o CAR deve ser determinado por um período mínimo de 70 dias (CASTILHOS et al., 2011).

Após o período de alimentação, o consumo alimentar residual é calculado como a diferença entre o consumo alimentar observado (CA, kg/dia) e o consumo estimado através de ajustes para peso médio metabólico (PMM,  $\text{kg}^{0,75}$ ) e taxa de ganho de peso (GMD, kg/dia). Portanto a equação para cálculo do consumo alimentar residual (CAR) é a seguinte:

O CAR seria o resíduo da equação:

$$\text{Consumo alimentar} = \text{intercepto} + \beta p^* (\text{peso})^{0,75} + \beta g^* \text{ganho de peso} + \text{resíduo},$$

em que  $\beta p^*$  é o coeficiente de regressão do peso metabólico;  $\beta g^*$  é o coeficiente de regressão do ganho de peso (OKINE et al., 2004). Esta regressão explica

70 a 80% da variação no consumo predito, conforme dados observados na literatura (ARTHUR et al., 2001; BASARAB et al., 2003; NKRUMAH et al., 2007).

Assim, o CAR é a diferença entre o consumo real e a quantidade de alimento que o animal deveria ingerir baseado no seu peso vivo metabólico médio e taxa de ganho de peso. Graficamente, o CAR de cada animal pode ser visualizado como a distância vertical do ponto de consumo de cada animal até linha de regressão (Figura 3). Animais acima de linha (CAR positivo) consomem mais do que foi predito, são menos eficientes (CAR < +0,5 kg/dia); enquanto que os animais abaixo da linha (CAR negativo) consomem menos do o predito, e, portanto, são mais eficientes (CAR > -0,5kg/dia).

### Benefícios da adoção do CAR

Está bem estabelecido na literatura que a característica consumo alimentar residual apresenta moderada a alta herdabilidade, com a maior parte das estimativas publicadas variando entre 0,30 a 0,35 (ARCHER et al., 1998; KOCH et al., 1963). Portanto, o CAR é uma característica que pode ser incluída em programas de melhoramento genético de bovinos de corte, já que apresenta suficiente variabilidade genética aditiva.

Não há na literatura nacional estimativa de herdabilidade para CAR publicada para zebuínos, mas visto a grande variabilidade fenotípica constatada (ALMEIDA

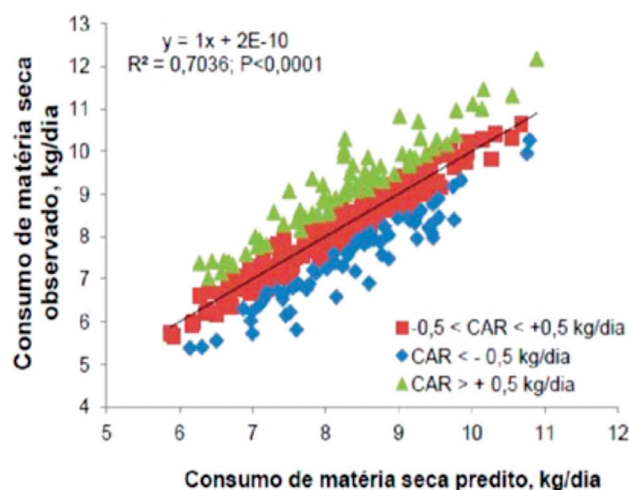


FIGURA 3. Relação entre o consumo predito e o observado de matéria seca de novilhos nelore. Fonte: Nascimento (2011).

& LANNA, 2004), acredita-se que a magnitude desta estimativa pode ser semelhante à de bovinos europeus.

Ao contrário da conversão alimentar, a seleção para consumo alimentar residual pode selecionar animais de menor consumo e menores exigências de manutenção, sem alterar o peso adulto ou o ganho de peso (BASARAB et al., 2003; CARTENS et al., 2002; KOCH et al., 1963; PAULINO et al., 2005). Almeida & Lanna (2004) confirmaram estas não-associações entre o CAR e o peso vivo metabólico e entre o CAR e ganho médio diário em novilhos nelores terminados em confinamento.

A correlação genética entre este novo parâmetro de eficiência (CAR) e o tradicional parâmetro conversão alimentar é moderada ( $r_g = 0,50$ ; ARCHER; HERD; ARTHUR, 2001), sugerindo que genes diferentes estão ligados a estas características. Mas o valor de  $r_g$  também indica que ao incluir o CAR no programa de seleção haveria melhora concomitante da conversão alimentar (CARTENS et al., 2002).

### **Benefícios ambientais do CAR**

O uso da característica CAR como ferramenta em programas de melhoramento genético também é relevante quando são considerados não só os impactos econômicos diretos da redução do consumo de alimentos, como também os efeitos do impacto ambiental da produção de carne pela redução da produção do metano proveniente da fermentação entérica dos ruminantes. Nkruman et al. (2006) relataram diferenças significativas em emissão de metano entre animais de baixo e alto CAR, sendo que os primeiros (mais eficientes) produziram 28% menos metano que os menos eficientes (alto CAR).

Animais que consomem menos alimentos, também defecam menos, e além de se diminuir a quantidade de efluentes, também se diminui o metano emitido na fermentação das fezes. Com a seleção de animais mais eficientes é possível reduzir a utilização de áreas de pasto para produzir a mesma quantidade de carne (BASARAB et al., 2003). Portanto, a seleção de animais baseada no CAR, pode-se melhorar o impacto ambiental, pois se reduz a produção de gases poluentes e esterco.

### **Base biológica da variação do CAR em bovinos de corte**

Apesar de haver reais evidências da existência da variabilidade em eficiência alimentar, independente das características de crescimento, a base biológica que dirige este processo não foi completamente explicada.

A regulação fisiológica do consumo alimentar residual está provavelmente sob o controle de muitas centenas de genes (ARTHUR & HERD, 2008). Os fatores metabólicos que podem contribuir para a variação no CAR são muitos e os principais mecanismos fisiológicos que influenciam a variação no CAR estão relacionados com a resposta ao estresse, turnover proteico e metabolismo dos tecidos (37%), atividade (10%), digestibilidade (10%), incremento calórico (9%), composição corporal (5%) e padrões de alimentação (2%). Conforme o aumento no CAR, maior proporção da ingestão de energia metabolizável direcionada para a produção de calor e menor proporção para a retenção de energia (BASARAB et al., 2003; RICHARDSON & HERD, 2004; ARTHUR & HERD, 2008).

Em estudo com novilhos Nelore (GOMES et al., 2013), animais com alto e baixo CAR não diferiram quanto à digestibilidade, à reciclagem das proteínas miofibrilares e o metabolismo nitrogenado, entretanto os animais com maior eficiência tiveram menores níveis séricos de cortisol e também apresentaram períodos mais longos de ócio. Os estudos demonstraram que a variação em CAR em novilhos Nelore está provavelmente relacionada à deposição de gordura interna, às exigências energéticas de manutenção, ao grau de atividade física e à resposta ao estresse.

### **Resultados obtidos na seleção baseada no CAR**

Pesquisadores australianos têm conduzido experimentos com CAR em gado de corte desde 1993. Arthur et al. (2001) em um experimento de seleção, no qual fêmeas de baixo CAR (mais eficientes) foram acasaladas com touros de baixo CAR (também mais eficientes) e fêmeas de alto CAR (menos eficientes) foram acasaladas com touros de alto CAR (também menos eficientes). O desempenho da progênie após cinco anos de seleção (quase duas gerações) foi comparado. A progênie oriunda de pais de baixo CAR (mais eficientes) apresentaram o mesmo ganho de

peso (1,44 vs 1,40 Kg/dia) e o mesmo peso final (384 vs.381 Kg) do que a progênie oriunda dos pais alto CAR(menos eficientes). Entretanto, filhos de pais com baixo CAR também apresentaram o CAR mais baixo (-0,54 vs. +0,70 Kg/dia), consumiram menos alimento (9,4 vs.10,6 Kg MS) e apresentaram menor conversão alimentar (6,6 vs.7,8) do que filhos de alto CAR (ARTHUR et al., 2001). De acordo com Herd et al. (2004b), touros com diferença esperada na progênie (DEP) para CAR de -1kg/dia resultam em progênies com crescimento 19% mais rápido, sem nenhum aumento no consumo de matéria seca, com CAR 26% menor e conversão alimentar (CA) 41% menor.

Parece existir alta correlação genética entre as características relacionadas com consumo pós-desmame e na maturidade, indicando que os processos biológicos que regulam o consumo e a eficiência em idades mais jovens são similares aos processos que regulam o consumo e a eficiência em idades mais avançadas. A alta correlação entre o CAR no pós-desmame e o CAR na idade adulta ( $r_g = 0,98$ ), sugere a oportunidade de utilizar a seleção para aprimorar a eficiência de animais em crescimento e vacas adultas, simultaneamente, baseadas em medidas coletadas no pós-desmame (ARCHER et al.,2002).

Branco et al. (2009) avaliaram machos nelores selecionados para peso ao desmame, não observaram diferenças ( $P>0,05$ ) entre as classes de CAR em relação ao peso vivo inicial, peso vivo final e ganho

médio diário. Os consumos de matéria seca, expressos em  $g/kg^{0,75}$  e em porcentagem do peso vivo, foram diferentes ( $P<0,05$ ) entre as classes de CAR. A conversão alimentar e a eficiência alimentar, foram diferentes entre as classes de CAR ( $P<0,05$ ), seguindo a mesma tendência do CAR, ou seja, animais de baixo CAR apresentaram menores conversões alimentares e maiores eficiências.

A variação observada nos valores de CAR foi de - 0,67 a + 0,95 kg/dia, ou seja, uma diferença de 1,62 kg entre os dois animais mais e menos eficientes do experimento. Essa amplitude de variação é menor que as relatadas na literatura, fato que pode ser explicado pela homogeneidade dos animais testados (BRANCO et al.,2009).

Segundo algumas pesquisas brasileiras, a variação fenotípica (desvio padrão) do CAR para bovinos zebrinos é semelhante ou superior aos demais estudos em taurinos, variando de 0,41 a 1,05 kg/dia (ALMEIDA ET AL.,2004; ALMEIDA,2005; BONIM et al.,2008; PAULINO et al., 2005), também foi constatado nesses estudos, que não a diferença na composição corporal entre os animais mais ou menos eficientes.

#### Correlações fenotípicas e genéticas do CAR com outras características

As correlações fenotípicas e genéticas entre o CAR e CMS podem variar de 0,13 a 0,81 e 0,24 a 0, 85, respectivamente (ROBINSON & ODDY, 2004; Rolfe

TABELA 1. Características de desempenho de tourinhos Nelore distribuídos nas classes de CAR

Características	Classes de CAR			CV (%)	P
	Baixo	Médio	Alto		
Número de Animais	40	45	36	---	---
Peso inicial (kg)	202 a	196 a	199 a	17,14	0,766
Peso final (kg)	296 a	289 a	290 a	15,19	0,769
GMD (kg/d)	0,826 a	0,824 a	0,806 a	19,5	0,222
CMS (% PV)	2,46 b	2,57 a	2,60 a	6,46	<0,001
CMS (g/kg <sup>0,75</sup> )	97,30 a	101,21 b	102,79 b	6,58	0,0013
CA (kg MS/g ganho)	7,32 a	7,65 b	7,90 b	11,12	0,014
EA (g ganho/ kg MS)	137 a	132 b	128 b	10,30	0,013
CAR (kg/d)	-0,335 c	-0,0002 b	0,370 a	-4,19E16	<0,001

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem ( $P>0,05$ ) pelo Ismeans ajustadas por Pdiff. GMD: Ganho Médio Diário; CMS: Consumo de Matéria Seca; CA: Conversão Alimentar; EA: Eficiência Alimentar; CAR: Consumo Alimentar Residual; CV: Coeficiente de Variação. Fonte: Branco (2009).

et al., 2013; AHOLA et al., 2011), mostrando que existe moderada a forte correlação entre elas e considerável variação para essa característica existe entre animais. Castro Bulle et al. (2007) trabalhando com animais com predominância Angus X Hereford, encontraram diferenças entre os animais de alto a baixo CAR de 15,3% no consumo de matéria seca (7,52 vs. 6,37 kg/d) durante 120 dias de experimento. Em animais nelores, estes resultados também foram observados (FARJALLA, 2009; NASCIMENTO, 2011; SOUZA, 2010). Farjalla (2009), avaliando 75 novilhos nelore com aproximadamente 18 meses, relatou que animais com baixo CAR consumiram 20% menos que animais com CAR alto. Nascimento (2011) observou em 310 novilhos nelore, que o consumo dos animais mais eficientes em kg/dia foi no mínimo 11,2% menor em relação aos menos eficientes.

Os valores encontrados de correlação genética entre o CAR e o peso vivo metabólico médio (PVMM) podem variar de -0,20 a 0,33 (LANCASTER et al., 2009), enquanto que as correlações genéticas entre o CAR e o GPD podem variar - 0,15 a 0,27 (ROLFE et al., 2013), mostrando fraca correlação destas características com CAR. Todavia, a correlação fenotípica para ambas as características e CAR em estudos anteriores foram próximas de 0,00 (KOCH et al., 1963; ARTHUR et al., 2001; BASARAB et al., 2003; AHOLA et al., 2011) indicando independência entre elas na maioria dos estudos. Assim, com uso do CAR é possível obter animais mais eficientes dentro dos limites desejáveis, e dessa forma a seleção não conduz a aumentos no tamanho adulto dos animais (SUNDS-TROM, 2004).

### Limitações da utilização do CAR

Dentre as limitações da adoção para este parâmetro (CAR), quatro merecem destaque: mudança na composição do ganho, custo elevado para determinar animais mais eficientes, correlação entre eficiência alimentar em confinamento e pastagem e menor potencial de ganho dos animais de baixo CAR.

A aparente menor deposição de gordura corporal de bovinos mais eficientes pode sugerir que a seleção para baixo CAR pode levar a animais com menores reservas corporais, as quais são importantes para a manutenção da categoria de matrizes, uma vez que

esta é submetida à estacionalidade de qualidade e disponibilidade de forragem em regiões tropicais, podendo vir a afetar a eficiência reprodutiva do rebanho (LANNA & ALMEIDA, 2004).

Segundo Lanna & Almeida (2004) esta limitação poderia ser superada através da estimativa do consumo predito não só pelo peso vivo e pelo ganho de peso, mas também pela composição corporal, a qual pode ser ao menos parcialmente avaliada através da técnica da ultra-sonografia, porém para Almeida (2005) as diferenças na composição corporal entre animais explicam uma parcela muito pequena da variabilidade no CAR. Herd et al. (2004) identificaram e quantificaram as bases biológicas do consumo alimentar residual para animais taurinos. A composição corporal contribuiu com apenas 5% da variação genética do CAR, o acréscimo no  $R^2$  ao acrescentar a variável espessura de gordura subcutânea obtida por ultrassom foi de somente 2 a 4 pontos percentuais.

Embora diversas pesquisas relatem mudanças na composição corporal, a maioria dos estudos nacionais (ALMEIDA et al., 2004; ALMEIDA, 2005; BONIM et al., 2008; PAULINO et al., 2005) não encontraram diferenças na composição corporal entre os animais eficientes e não eficientes.

Segundo Almeida (2005) uma das limitações do CAR, é o custo para se determinar o consumo alimentar individual que é muito mais elevado do que para obtenção do ganho de peso, circunferência escrotal, etc. O alto custo poderia ser minimizado pelo auxílio de marcadores fisiológicos ou genéticos, viabilizando a inclusão do CAR em programas de melhoramento genético.

Com relação ao custo-benefício, tem-se que para a seleção baseada no CAR, os benefícios obtidos são maiores que os gastos oriundos da coleta individual dos dados de consumo do animal. Conforme estimativas de Lanna & Almeida, (2004), assumindo desvio-padrão fenotípico de 1,05kg de MS/dia, uma herdabilidade de 34%, intervalo de gerações de cinco anos e intensidade de seleção de 5% para machos e 50% para fêmeas, estima-se um ganho genético anual na redução do consumo de 0,102 kg de MS/dia. Ou seja, a cada ano de seleção os animais consumiriam 1,3% menos alimentos com o mesmo desempenho.

A correlação entre a eficiência em confinamento com a eficiência em pastejo precisa ser confirmada para zebuínos, pois o nosso sistema de produção de carne bovina é mais explorado em regime de pastejo. Em animais taurinos, as pesquisas australianas de Herd et al. (2004) demonstraram que, novilhos Angus e Hereford filhos de pais com eficiência geneticamente favorável para CAR de -1,0kg/dia (em confinamento) foram 41% mais eficientes a pasto. Os animais cresceram 19% mais rápido, sem aumento no consumo e apresentaram CAR 26% mais baixo, portanto o uso de touros pré-selecionados para CAR em confinamento poderá trazer benefícios para outros sistemas de produção no Brasil (semi-confinamento e pastejo).

Segundo Archer (1999) há correlação altíssima entre CAR no desmame de fêmeas e nessas mesmas fêmeas quando adultas ( $rg = 0,98$ ), levando a crer que se for possível determinar precocemente os animais mais eficientes, isso ajudará a selecionar fêmeas na desmama.

Embora todos os animais com CAR negativo sejam eficientes, existe uma grande variação no consumo, assim indivíduos com menor consumo e ganho podem ser menos lucrativos, pois o ganho de peso é o determinante do grau de acabamento e tempo de confinamento (NASCIMENTO, 2011).

### **Relação do CAR com características de carcaça e qualidade da carne**

Com relação às características de carcaça os resultados da literatura são controversos, alguns estudos (ROBINSON et al., 2004; HERD et al., 2004) afirmam que o CAR está relacionado com a composição do ganho onde os animais mais eficientes (CAR negativo) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de apresentar menor teor de gordura abdominal. Entretanto, Sainz et al. (2006), não encontraram diferença entre novilhos Angus-Hereford com alto e baixo CAR para peso de carcaça quente, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmorização, acabamento, massa visceral e gordura abdominal.

Em estudo com bovinos Nelore, Leme & Gomes

(2007) relataram que animais de baixo CAR apresentaram menor deposição de gordura subcutânea, menores quantidades de gordura renal pélvica e inguinal e maior área de olho de lombo, sugerindo que bovinos dessa raça que mais eficientes para CAR apresentam um ganho maior em proteína e menor em gordura. No mesmo estudo, com relação à composição física da carcaça, não houve diferença entre animais para percentagem de dianteiro, traseiro e peso dos ossos.

Em relação às características da carne que interferem na escolha do consumidor, a maciez é o segundo atributo mais importante, ficando somente atrás da coloração. McDonagh et al. (2001) avaliaram animais britânicos de uma progênie oriunda de seleção para consumo alimentar residual e apesar de não terem sido observadas diferenças quanto à força de cisalhamento, amostras do músculo Longissimus de animais de baixo CAR apresentaram menores valores de índice de fragmentação miofibrilar e concentrações de calpastatina no músculo 13% maiores, quando comparados com animais de alto CAR.

Os autores (MCDONAGH et al. 2001) concluíram que em razão da progênie de uma única seleção divergente para CAR ter apresentado diferenças quanto às características acima descritas, uma seleção contínua para baixo CAR pode afetar negativamente a maciez da carne.

Os resultados apresentados por Gomes et al. (2012) com relação à maciez da carne em novilhos Nelore não concordam com obtidos por McDonagh et al. (2001) para animais taurinos. Não houve diferenças entre novilhos Nelore com alto e baixo CAR para a força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e a atividade do sistema calpaína.

### **CAR em diferentes classes sexuais**

Em condições favoráveis de nutrição e manejo, machos inteiros apresentam desempenho superior em relação a machos castrados e fêmeas. A classe sexual é responsável por causar diferenças em eficiência alimentar e características de carcaça.

Paulino et al. (2005) compararam 16 machos inteiros, 15 castrados e 16 fêmeas com idade média de 21 meses e pesos de 276,2; 265,8; 257,3 kg; respecti-



vamente, e constataram que a eficiência alimentar foi diferente entre as condições sexuais, enquanto que, para CAR essa diferença não foi estatisticamente significativa. Os animais classificados com baixo CAR apresentaram a mesma taxa de ganho de peso (0,72 kg/dia) dos animais menos eficientes, porém consumiram 11,5% menos de matéria seca.

## CONCLUSÕES

A seleção de bovinos de corte visando a eficiência alimentar é sem dúvidas uma alternativa para se aumentar a eficiência produtiva, reduzir os custos de produção e mitigar os impactos ambientais da pecuária. A inclusão do CAR nos diversos programas de melhoramento de bovinos de corte do Brasil seria um grande avanço da pecuária de corte brasileira. Estudos com CAR em zebuínos ainda são recentes no Brasil e há dificuldades na comparação de resultados com os estudos internacionais, com predominância de animais taurinos. Portanto, são necessários mais estudos para se compreender esta medida de eficiência e futuramente se estimar coeficientes de herdabilidade para zebuínos criados nas condições climáticas brasileiras. O alto custo para se mensurar o CAR, é sem dúvidas um dos obstáculos da inclusão do CAR em programas de melhoramento genético, que certamente será resolvido com auxílio de marcadores moleculares para esta característica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHOLA, J.K.; SKOW, T.A.; HUNT, C.W. et al. Relationship between residual intake and product palatability in longimus sussteaks from steers sired by Angus divergente for intramuscular fat expected progeny difference. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v.27, p.109-115, 2011.
- ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2005. 181p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" /Universidade de São Paulo, 2005.
- ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar em bovinos de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41; 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. et al. 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.
- ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. et al. Genetic variation in feed efficiency and its component traits. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale: 6WCGALP, 1998. P.81-84.
- ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. et al. Optimum post weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p.2014-2032, 1997.
- ARCHER, J. A.; REVERTER, A; HERD, R. M. et al. Genetic variation in feed intake and feed efficiency of mature beef cows and relationships with post weaning measurements. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 7, 2002, Montpellier. **Proceedings Montpellier**: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 2002. p. 221-224.
- ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG; v.37, p.269-279, 2008.
- ARTHUR, P.F; ARCHER, J.A; HERD, R.M. Feed Intake and efficiency in Beef Cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44; p.361-369, 2004.
- ARTHUR, P.F; HERD, R.M. Efficiency of feed utilization y Livestock: Implications and benefits of genetic improvement. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.85, p.281-290, 2005.
- ARTHUR, P.F; ARCHER, J.A; HERD, R.M. et al. Response to Selection for net feed intake in beef cattle. In: Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, 14., 2001, Queenstown. **Proceedings...** Queenstown: Livestock Library, 2001 a.p.135-138.
- BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L. et al. Residual feed intake and body composition in Young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, p. 189-204, 2003.
- BASARAB, J.A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian**

- Journal of Animal Science**, Ottawa, v.87, p.489-502, 2007.
- BERRY, D.P. Improving feed efficiency in cattle with residual feed intake. In: GARNSWORTHY, P. (Ed). **Recent Advances in Animal nutrition**. Nottingham: University of Nottingham Press, 2008. P.67-99.
- BISHOP, S.C. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilization in Hereford cattle. II. Effects of age and length of performance test. **Livestock Production Science**, Rome, v.30, p.19-31, 1992.
- BONIN, M.N. et al. Avaliação do consumo alimentar residual em touros jovens da raça Nelore Mocho em prova de desempenho animal. **Acta Scientiarum**, v.30, n.4, p. 425-433, 2008.
- BRANCO, R.H. BONILHA, M.F.S. RAZZOK. G.A. et al. Consumo alimentar residual de machos Nelore selecionados para peso pós-desmame. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46,2009, Maringa, PR. **Anais...** da 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Maringa, PR: SBZ: UEM, 2009.
- CAMERON, N.D. Across species comparisons in selection for efficiency. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 6. 1998. Armidale. **Proceedings...** Armidale: 6WCGALP, 1998. V. 25, P.73-80.
- CASTILHOS, A.M.; BRANCO, R.H.; RAZZOK, A.G. et al. Test pos-weaning duration for performance, feed intake and efficiency in nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.2, p.301-307, 2011.
- CARTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B et al. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef cattle Research in Texas**, 31-34, 2002.
- CASTRO BULLE, F.C.P.; PAULINO, P. V. R.; SANCHES, A.C. et al. Growth, Carcass Quality, Protein and Energy Metabolism in Beef Cattle With Different Growth Potentials and Residual Feed Intakes. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 928-936, 2007.
- CREWS, D.H. Genetics of efficiency feed utilization and national cattle evolution: a review. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.4, p.152-162, 2005.
- FAO. 2013. **World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FARJALLA, Y.B. **Desempenho, Características de carcaça e qualidade de carne de Bovinos Nelore estratificados pela eficiência alimentar através do consumo alimentar residual**. 2009.57p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- FERREL, C.L; JENKINS, T.G. Cow type and nutritional environment: nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.61, p.725-741, 1985.
- GIBB, M.J.; McALLISTER, T.A. The Impact of feed intake and feeding behaviour of cattle on feedlot and feed bunk management. In: Western Nutrition Conference, 20, 1999, Calgary. **Proceedings...** Calgary: University of Alberta, 1999, p.101-116.
- GOMES, R.C.; SAINZ, R.D; LEME, P.R. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nelore steers with high and low residual feed intake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.44 - 50, 2013.
- GOMES, R.C.; SAINZ, R.D., SILVA, S.L.; et al. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nelore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, v.150, p.265-273, 2012.
- HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Savoy v.81, n.1, p.9-17, 2003.
- HERD, R.M.; ODDY, V.H.; RICHARDSON, E.C. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood 44:423-430.
- KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.
- LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E; RIBEIRO, F.R.B. et al. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass characteristics in growing bulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1528-1539, 2009.

- LANNA, D.P.D.; CALEGARE, L.; ALMEIDA, R. et al. Conversão: alimentar e eficiência econômica de vacas de corte de raças puras ou cruzadas. In: Simpósio de Pecuária de Corte, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003.p.87-110.
- LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção? In: V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004. Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004. P.248-259.
- LEME, P.R., GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual. In: XX Reunión Asociación Latinoamericana de Produccion Animal (ALPA). Cuzco, Perú. **Anais da XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)**, 2007.
- MCDONAGH, M.B.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C. et al. 2001. Meat quality and the calpain system os feed lot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, 41, 103-121.
- NASCIMENTO, M.L. **Eficiência Alimentar e suas Associações com o lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos nelore**. 2011.118 p. Tese (Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- NKRUMAN, J.D., OKINE, E.K., MATHISON, G.W. et al. Relationships of feed lot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, p.145-153, 2006.
- NKUMAR, J.D., SHERMAN, E.L., LI, C. et al. Primary genome scan to identify putative quantitative trait loci for feedlot growth rate, feed intake, and feed efficiency of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, 3170-3181, 2007.
- OKINE, E.K., BASARAB, J.A., GOONEWARDENE, L.A. et al. 2004. Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications. **Anais XV Florida Ruminant Nutrition Symposium**. Gainesville: University of Florida, p.27-38.
- PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo residual, performance e características de carcaça de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. In: 6º Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas. 2005, Uberaba.
- RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, n., p. 431- 440 2004.
- ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behavior of feed lot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.90, n. 2/3, p.255-270, 2004.
- ROLFE, K.; NIELSEN, M.K.; FERREL, C.L. et al. Genetic and phenotypic parameter estimator for feed intake and other traits in growing beef cattle. **Nebraska Beef Cattle Reports**, 2010. (Paper, 583). Disponível em: <<http://DIGITALCOMMONS.UNL.EDU/ANIMALSCINBCR/583>> Acesso em: 18 dezembro. 2013.
- SAINZ, R. D.; GUEDES, C. F.; GOMES, R. C. Consumo Alimentar, Eficiência Alimentar e Impactos na Qualidade da Carne. In: V SIMCORTE - V Simpósio de Produção de Gado de Corte e I Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, Viçosa. **Anais...** Viçosa: V SIMCORTE, 2006. P.345-360.
- SOUZA, A.R.D.L.; MEDEIROS, S.R; FALCHI, F.D. et al. Consumo alimentar residual e suas relações com características de desempenho e carcaça de novilhos nelore confinados. In: 47a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010, Salvador, Ba. 47a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.
- SUNDSTROM, B. **Net Feed Intake**: a feed efficiency measure (Now with IGF-1).2004. Disponível em: <<http://WWW.ANGUSAUSTRALIA.COM.AU/NETFEEDINTAKEEBVS.htm>>Acesso em 20 dezembro. 2013.