

MODELO MATEMÁTICO PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE DIETAS: UMA APLICAÇÃO NA AVALIAÇÃO DOS DIFERENTES CEREAIS UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO¹

MARÍLIA PASTRO VIDAL², GABRIELA AFERRI³, ANGÉLICA SIMONE CRAVO PEREIRA², AUGUSTO HAUBER GAMEIRO^{2*}

¹Recebido para publicação em 20/05/14. Aceito para publicação em 29/08/14.

²Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Pirassununga, SP, Brasil.

³Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Unidade de Pesquisa Jaú, Polo Centro Oeste, Jaú, SP, Brasil.

*Autor correspondente: gameiro@usp.br

RESUMO: Este trabalho propõe a elaboração de um modelo matemático para análises econômicas de dietas compostas de diferentes ingredientes. Foram consideradas variáveis zootécnicas como o consumo e ganho de peso, e as variáveis econômicas, como os preços relativos dos ingredientes. Vinte e quatro cordeiros cruzados, machos inteiros, com aproximadamente 70 dias de idade, com peso vivo inicial de $22 \pm 1,61$ kg e peso vivo final de $37 \pm 2,16$ kg foram alimentados com dietas com alto teor de concentrado, contendo diferentes tipos de grãos (milho moído grosso, milho em grão inteiro, sorgo e milheto). Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e seis repetições, alimentados por um período de 66 dias e posteriormente abatidos. A análise econômica foi feita por meio de três etapas: comparação entre as produtividades dos fatores de produção, comparação entre as margens brutas de comercialização e comparação entre os preços relativos dos fatores de produção. Não houve diferença estatística entre a eficiência técnica dos quatro tratamentos ($P > 0,05$). Os tratamentos à base de milho inteiro e milheto apresentaram maior eficiência econômica. O uso do milho moído grosso em substituição ao milho inteiro só seria recomendado com segurança se seus preços fossem 24% mais baixos que o do milho inteiro. Diante dos comportamentos históricos dos preços do sorgo e do milheto, estes poderiam substituir o milho sem prejuízo estatisticamente significativo do desempenho zootécnico.

Palavras-chave: custo, eficiência econômica, eficiência técnica, produção animal.

MATHEMATICAL MODEL FOR ECONOMIC ANALYSIS OF DIETS: AN APPLICATION IN THE EVALUATION OF DIFFERENT CEREALS IN FEEDLOT LAMB'S DIETS

ABSTRACT: This study presents a mathematical model for economic analysis of diets composed of different ingredients. Variables such as intake and weight gain, and economic variables such as relative prices of the ingredients were considered. Twenty-four crossbred lambs, with initial age and weight of 70 days and 22 ± 1.61 kg, respectively, and final live weight of 37 ± 2.16 kg, were fed with high concentrate diets, containing different types of grains (cracked corn, whole grain corn, sorghum and millet). The animals were distributed in a complete randomized block design with four treatments and six replications, fed during 66 days and then slaughtered. The economic analysis was performed through three steps: a comparison of the productivities of production factors, comparison of commercial gross margins and comparison of the relative prices of factors of production. There was no statistical difference between the technical efficiency of the four treatments ($P > 0.05$). Treatments based on whole maize and millet presented higher economic efficiency. The use of cracked corn to replace the whole maize would only be recommended with certainty whether their prices were 24% lower than whole maize. Observing the historical behavior of prices of sorghum and millet, they could replace corn with no significant loss of production performance.

Keywords: cost, economic efficiency, technical efficiency, animal production.

INTRODUÇÃO

Na última década, ocorreu significativo incremento na demanda por carne ovina no Brasil, o que serviu de estímulo ao setor processador da cadeia produtiva para investir na implantação de uma estrutura agroindustrial para abate de pequenos ruminantes. Maximizar a capacidade produtiva do ovino e, em consequência, o desfrute dos rebanhos, vem se tornando prioridade mundial (NOTTER, 1991), e segue no foco das preocupações (DUBEUF, 2011). Nesse sentido, o confinamento representa importante estratégia para o sistema de produção ovina, pois permite a produção de carne de qualidade e pode promover maior retorno do capital aplicado.

A análise econômica permite o conhecimento dos resultados obtidos em termos de valores monetários. Apesar dos desafios com relação ao processo de apuração dos dados e da subjetividade na sua estimação, a determinação do custo de produção é uma prática necessária e indispensável (LOPES e CARVALHO, 2001).

O objetivo deste estudo foi propor um modelo matemático para realização de análises econômicas de dietas compostas de diferentes ingredientes. O modelo foi aplicado para analisar os aspectos econômicos da utilização de quatro dietas (milho moído grosso, milho grão inteiro, sorgo e milheto) na alimentação de cordeiros confinados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto foi protocolado sob o nº 1898/2010, utilizando vinte e quatro ovinos e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da “Comissão de Ética no uso de animais” da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, e foi aprovado em reunião de 26/05/2010.

Análise econômica

A análise econômica se dividiu em três etapas: i) comparação entre as produtividades dos fatores de produção; ii) comparação entre as margens brutas de comercialização; e iii) comparação entre os preços relativos dos fatores de produção de interesse. Na sequência são apresentados os métodos para o desenvolvimento de cada uma das etapas propostas.

Comparação entre as produtividades dos fatores de produção

Para a Teoria Econômica, fatores de produção são todos os bens e serviços empregados para a elaboração de outros bens e serviços (SAMUELSON, 1972; MANKIW, 2005). Os fatores de produção podem ser organizados em três grupos: recursos naturais (T), trabalho (L) e capital (K). Em função de como esses fatores são combinados para a produção de um bem, denominado de “produto”, tem-se determinada quantidade produzida (Q). A tecnologia de produção representa essa forma de como os fatores são combinados para a elaboração do produto. Por conseguinte, tem-se que a quantidade do produto (Q) é uma função de T , L e K , e de como são combinados:

$$Q = f(T, L, K) \quad (1)$$

A expressão (1) é conhecida como “função de produção” (PASSOS e NOGAMI, 2003). A produtividade dos fatores de produção é dada pela razão entre a quantidade de produto e a quantidade do fator alocada no processo. Para o caso da produtividade do fator T , por exemplo, tem-se: Q/T .

Para esta pesquisa, Q é a quantidade de quilogramas de peso vivo de cordeiros acabados em um sistema intensivo de produção baseado em dietas com elevada concentração energética. São consideradas quatro tecnologias de produção distintas, representadas pelos quatro tratamentos. Não há variação na alocação de trabalho e capital entre os tratamentos, uma vez que o manejo, os equipamentos e as instalações são idênticos.

Adaptando-se a nomenclatura das variáveis para cada uma das repetições do experimento, tem-se que $CMOT_i$ é o consumo de matéria orgânica total (em kg) do animal i e GPT_i o ganho de peso dos animais (em kg). Então o inverso da produtividade do fator “dieta” (T/Q), também conhecido como “conversão alimentar” (CA_i) pode ser representado por:

$$CA_i = CMOT_i / GPT_i \quad (2)$$

A expressão (2) foi utilizada para o cálculo das CA de cada observação do experimento. As estatísticas obtidas para os tratamentos milho grão (MII), sorgo (SOI) e milheto (MIL) foram comparadas com a média do tratamento controle (milho moído grosso, MMG). A comparação entre os inversos das produtividades dos fatores de

produção permitiu inferir sobre a eficiência técnica das diferentes dietas.

Comparação entre as margens brutas de comercialização

A análise das produtividades dos fatores de produção, no caso, das dietas, apresentada no item anterior permite avaliar a eficiência técnica. Para analisar a eficiência econômica também foram considerados os preços dos fatores (custo da dieta) e do produto.

Segundo PASSOS e NOGAMI (2003), diz-se que um método de produção é tecnologicamente “mais eficiente” entre os alternativos se permitir a obtenção da mesma quantidade de produto que os demais, com a utilização de menor quantidade de pelo menos um fator de produção, com a quantidade dos demais fatores de produção permanecendo inalterada. Para os autores, por outro lado, um método de produção será considerado “economicamente eficiente” se permitir a obtenção da mesma quantidade de produto que os alternativos, ao menor custo possível. GAMEIRO (2009), baseando-se nesses dois conceitos, reforça que máxima eficiência técnica não implica, necessariamente, máxima eficiência econômica. Para o autor, essa distinção é fundamental para a análise econômica aplicada à Zootecnia.

Seja PC_i o preço do quilo vivo (em R\$/kg) do cordeiro i e CD_i o custo da dieta (em R\$/kg) consumida pelo cordeiro i , obtido em função da sua composição e dos preços dos ingredientes. Então a margem bruta de comercialização (MB_i) pode ser representada por:

$$MB_i = \frac{GPT_i}{CMOT_i} \times \frac{PC_i}{CD_i} \quad (3)$$

As variáveis GPT_i e $CMOT_i$ são obtidas pelos resultados do experimento. O preço do produto, PC_i , foi levantado junto ao mercado, tendo-se como referência o Informativo Semanal do Indicador de Preço do Cordeiro Paulista (UNICETEX, 2011). O custo da dieta (CD) é composto pelo somatório do produto entre as quantidades de todos os seus ingredientes (QG) e seus respectivos preços (PG):

$$CD = \sum PG \times QG \quad (4)$$

As quantidades dos ingredientes (QG) foram previamente definidas por ocasião da formulação das dietas (Tabela 1). Os preços dos ingredientes

das dietas foram levantados junto a instituições de pesquisa que acompanham os respectivos mercados. De forma a se obter preços históricos representativos, foram trabalhados os preços mensais desses produtos no período de 10 anos. Os preços nominais foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), para o mês de janeiro de 2011, seguindo o método usual, apresentado por HOFFMANN (1991):

$$PQ_{\text{corrigido},t} = PQ_{\text{nominal},t} \times \left(\frac{INPC_{\text{jan}_2011}}{INPC_t} \right) \quad (5)$$

sendo $PQ_{\text{corrigido},t}$ o preço real do ingrediente no mês t , corrigido para o mês de janeiro de 2011; $PQ_{\text{nominal},t}$ o preço do ingrediente no mês t ; $INPC_{\text{jan}_2011}$ o índice para o mês de janeiro de 2011; e o $INPC_t$ o índice para o mês t .

Tabela 1. Composição percentual das dietas, na matéria seca

Ingredientes	Dietas			
	MMG ¹	MII ²	SOI ³	MIL ⁴
Feno	7,35	7,35	7,35	7,35
Milho moído grosso	69,8	-	-	-
Milho grão inteiro	-	69,8	-	41,87
Sorgo grão inteiro	-	-	69,8	-
Milheto grão inteiro	-	-	-	27,93
Farelo de soja	5,9	5,9	5,9	5,9
Casca de soja	13,94	13,94	13,94	13,94
Calcáreo	0,59	0,59	0,59	0,59
Uréia	1,42	1,42	1,42	1,42
Sal mineral	1	1	1	1
Nutrientes (%)				
Proteína bruta	15,21	15,10	15,54	17,82
NDT ^a	75,66	75,26	75,77	74,29
EM (Mcal/kg MS)	2,74	2,72	2,74	2,69
Ca	0,53	0,39	0,43	0,50
P	0,30	0,27	0,28	0,34
Bromatologia (%)				
FDN	27,80	26,92	23,10	26,81
Amido	96,45	96,56	97,23	97,55
Extrato Etéreo	2,66	2,54	2,88	2,97

¹Milho grão moído grosso (controle); ²Milho inteiro; ³Sorgo inteiro; ⁴Substituição de 40% do milho inteiro por milheto.

De posse dos preços corrigidos, foram identificados os preços mínimo, médio e máximo para a série histórica. Os cálculos de MB foram realizados considerando os preços médios. Os preços limites, mínimo e máximo, foram utilizados para análises de sensibilidade, a serem descritas na terceira etapa da análise econômica.

As estatísticas obtidas para os tratamentos milho grão, sorgo e milheto foram comparadas com a média do tratamento controle (milho moído grosso). O embasamento para a utilização da MB como parâmetro para a avaliação da eficiência econômica foi descrito por GAMEIRO (2009).

Comparação entre os preços relativos dos fatores de produção de interesse

O “preço relativo” é o preço de um bem em relação aos preços dos outros bens (PASSOS e NOGAMI, 2003). Os preços relativos daqueles fatores de produção que diferenciam a composição das dietas apresentam influência sobre a eficiência econômica, representada nesta pesquisa pela MB de comercialização. Por esta razão é conveniente a realização de análises das variações nesses preços.

A expressão (3) pode ser aplicada para representar o comportamento médio da MB de cada tratamento, caracterizado por uma determinada dieta *d*:

$$MB_d = \frac{GPT_d}{CMOT_d} \times \frac{PC_d}{CD_d} \quad (6)$$

sendo GPT_d o ganho médio de peso proporcionado pela dieta *d*; $CMOT_d$ o consumo médio de matéria orgânica relacionado à dieta *d*; PC_d o preço médio do quilo do cordeiro vivo obtido pela sua comercialização; e CD_d o custo do quilo da dieta *d*.

Foi definida uma relação entre os preços dos ingredientes de interesse que seja capaz de igualar as MB (na hipótese de que não ocorra diferença significativa entre elas) ou que sejam capazes de gerar determinada superioridade entre as margens (na hipótese de que possa haver diferença significativa entre elas).

A recomendação técnica de uma dieta em detrimento da outra pode depender do preço relativo entre dois ingredientes *a* e *b* substitutos, definido por PG_b/PG_a . A medida que este coeficiente caia abaixo de determinado nível, a recomendação de substituição do ingrediente *a* pelo *b* poderia ocorrer sem o comprometimento significativo da MB de produção.

Sejam MB_a e MB_b as margens brutas para os tratamentos com a utilização dos ingredientes *a* e *b*, e que não tenha sido verificada diferença estatística entre elas. Então sua equivalência seria dada por:

$$MB_a = MB_b \quad (7)$$

$$\frac{GPT_a}{CMOT_a} \times \frac{PC_a}{CD_a} = \frac{GPT_b}{CMOT_b} \times \frac{PC_b}{CD_b} \quad (8)$$

Sob a hipótese de que o preço do cordeiro seja o mesmo no mercado, independentemente da dieta fornecida aos animais, tem-se que $PC_a = PC_b$. Rearranjando os termos:

$$\frac{CD_b}{CD_a} = \frac{GPT_b}{GPT_a} \times \frac{CMOT_a}{CMOT_b} = \frac{CA_a}{CA_b} \quad (9)$$

Portanto, o custo relativo de um quilograma de dieta à base de *a* e um quilograma de dieta à base de *b*, deve igualar-se à razão inversa entre as respectivas CA. A expressão (9) correlaciona, de forma direta, indicadores econômicos (preços dos fatores de produção) com indicadores zootécnicos (composições das dietas e conversões alimentares). Em seguida, o custo da dieta (CD) foi decomposto, de modo a isolar o preço dos ingredientes (PG).

A partir da expressão (4), o custo da dieta (CD_d) é composto pelo somatório das quantidades dos ingredientes *g* (QG_{gd}) multiplicadas pelos seus respectivos preços (PG_g):

$$CD_d = \sum_g PQ_g \times QG_{gd} , \text{ para todo ingrediente } g. \quad (10)$$

A partir da expressão (10) pode-se obter o custo da dieta à base do ingrediente *a*, decompondo-a da seguinte maneira:

$$CD_a = PG_a \times QG_{aa} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{ga} ,$$

sendo g^* o conjunto dos ingredientes $g - \{a\}$ (11)

De forma equivalente, para o custo da dieta à base do ingrediente *b*:

$$CD_b = PG_b \times QG_{bb} + \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{gb}$$

sendo g^{**} o conjunto dos ingredientes $g - \{b\}$. (12)

Aplicando (11) e (12) em (9) tem-se (13):

$$\frac{CD_b}{CD_a} = \frac{PG_b \times QG_{bb} + \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{gb}}{PG_a \times QG_{aa} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{ga}} = \frac{CA_a}{CA_b} \quad (13)$$

A razão CA_a/CA_b será representada por α_{ab} , gerando:

$$\frac{PG_b \times QG_{bb} + \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{gb}}{PG_a \times QG_{aa} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{ga}} = \frac{CA_a}{CA_b} = \alpha_{ab} \quad (14)$$

Isolando-se PG_b obtém-se:

$$PG_b = \frac{\alpha_{ab} \left(PG_a \times QG_{aa} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{ga} \right) - \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{gb}}{QG_{bb}} \quad (15)$$

Dividindo-se a expressão (14) pelo preço do ingrediente a , PG_a , obtém-se, finalmente, o preço relativo dos ingredientes a e b (PG_b/PG_a) que fornecem a mesma MB de comercialização. Assim, o preço relativo calculado fornece um limite máximo da relação entre os preços nominais que deve ser respeitado para que se permita a recomendação de qualquer uma das duas dietas, sem comprometer a MB de comercialização.

Caso não exista diferença estatisticamente significativa entre as CA, tem-se $CA_a = CA_b$, ou seja, $\alpha_{ab} = 1$. Portanto, a expressão (15) transformar-se-ia em:

$$PG_b = \frac{PG_a \times QG_{aa} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{ga} - \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{gb}}{QG_{bb}} \quad (16)$$

Sob a condição de que a diferença entre as dietas a e b é que um único ingrediente (b) seja substituído por outro (a), mantidas, porém, as mesmas quantidades de a e b em ambas as dietas, bem como de todos os demais ingredientes e seus respectivos preços, o segundo e o terceiro termos do numerador seriam idênticos e, portanto, anular-se-iam, gerando:

$$PG_b = \frac{PG_a \times QG_{aa}}{QG_{bb}} \quad (17)$$

Como QG_{aa} e QG_{bb} são iguais, a condição que garantiria a mesma MB de produção seria:

$$PG_b = PG_a \quad (18)$$

Dividindo-se a expressão (18) por PG_a para se obter o preço relativo dos ingredientes a e b , tem-se:

$$\frac{PG_b}{PG_a} = 1 \quad (19)$$

Dessa forma, caso o preço relativo de mercado seja inferior ao limite máximo calculado ($PG_b/PG_a = 1$), a recomendação deveria ocorrer no sentido de substituição da dieta à base de a pela dieta à base de b , *ceteris paribus*¹. Em outras palavras, o critério que definiria qual dieta deveria ser recomendada seria: aquela que fosse composta pelo ingrediente de menor preço.

A terceira etapa da análise econômica sugere a importância de se estudarem os comportamentos históricos dos preços relativos dos ingredientes de interesse. Avaliações nesse sentido serão realizadas, especialmente relacionando os preços do sorgo com os do milho (milho moído grosso e milho grão inteiro) e do milheto com os do milho (milho moído grosso e milho grão inteiro).

No caso da comparação entre as dietas com milho moído grosso e inteiro, será estimada a variação entre os preços de ambos, que basicamente representará o custo adicional de se triturar o grão, que permitiria a substituição de um pelo outro sem mudança significativa na margem de produção.

Partindo-se da expressão (15), considera-se o ingrediente a o milho moído grosso e b o milho grão inteiro. A diferença entre o preço do milho moído grosso e o preço do milho grão inteiro pode ser representada por uma variação percentual q , da seguinte maneira:

$$PG_a = PG_b + q \times PG_b \quad (20)$$

¹*Ceteris paribus* também grafada *coeteris paribus*, é uma expressão do latim que pode ser traduzida por "todo o mais é constante" ou "mantidas inalteradas todas as outras coisas". Trata-se de uma hipótese amplamente utilizada na Teoria Econômica.

Aplicando-se (20) em (15):

$$PG_b = \frac{\alpha_b \left((1+q) \times PG_b \times QG_{aa} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{ga} \right) - \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{gb}}{QG_{bb}} \quad (21)$$

A partir de (21) pode-se calcular o valor de q que garante a substituição entre as formas de milho (inteiro ou moído grosso) sem comprometer a MB de produção.

Análise estatística

Os dados foram analisados pelo procedimento GLM do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), em análise de variância utilizando o teste Tukey, segundo o seguinte modelo estatístico:

$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + e_{ijk}$, em que: Y_{ijk} = observação referente ao animal k , do bloco i , submetido ao tratamento j ; μ = média geral; B_i = efeito do bloco i ; T_j = efeito do tratamento j ; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijk} . A significância estatística foi declarada quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dietas não diferiram entre si para CA ($P > 0,05$), porém diferiram quanto a margem bruta ($P < 0,05$), como demonstrado na Tabela 2. Para a comparação entre as MB de comercialização foi necessário o levantamento de preços representativos para o produto e para os ingredientes das dietas. Os preços do cordeiro constam na Tabela 3 e dos ingredientes na Tabela 4.

Com as informações de preços dos ingredientes (Tabela 4) e de composição das dietas (Tabela

1) calcularam-se os custos unitários das dietas para cada um dos quatro tratamentos, conforme ilustrado na Tabela 5.

A dieta de menor custo foi a SOI, em vista do preço médio significativamente inferior da fonte energética para este tratamento. A dieta MIL apresentou custo 12,55% inferior ao controle. A dieta MII apresentou custo médio 5,24% menor que a controle, sendo essa diferença devido ao custo operacional de trituração do produto, uma vez que suas composições em peso são idênticas.

Comparando os preços relativos dos fatores de produção, observou-se que a dieta MII apresentou MB estatisticamente superior ao da dieta controle. Muito embora as dietas não tenham se diferenciado na comparação entre as CA, o maior consumo numérico da dieta controle, adicionado do custo operacional do processo de trituração (adotado em 10% do preço do grão neste trabalho) foi responsável pela maior margem bruta da dieta contendo milho inteiro.

Assim, se, por exemplo, $PG_b/PG_a = 0,8$, o preço do ingrediente b deve ser no máximo 80% do preço do ingrediente a para que possa ser recomendada a substituição de a por b sem comprometer a margem. Esse preço relativo referencial deve ser comparado com o preço relativo dos ingredientes em vigência no mercado.

Se, ao se levantarem os preços nominais no mercado, forem encontrados, por exemplo, $PG_a =$

Tabela 2. Médias e probabilidades (P) das conversões alimentares (CA) e margens brutas de comercialização (MB)

Variáveis	Dietas				P
	MMG ¹	MII ²	SOI ³	MIL ⁴	
CA	3,98	3,46	4,30	3,62	0,1833
MB	2,42	3,00	2,82	3,07	0,0466

¹Milho grão moído grosso (controle); ²Milho inteiro; ³Sorgo inteiro; ⁴Substituição de 40% do milho inteiro por milheto.

Tabela 3. Preços representativos para o cordeiro no estado de São Paulo entre os anos 2009 e 2011, em R\$/kg de animal vivo

Nível	Mínimo	Médio	Máximo
Preço (R\$/kg)	4,00	5,00	6,00

Fonte: baseado em UNICETEX (2011).

Tabela 4. Preços representativos dos ingredientes das dietas, em R\$/kg do insumo

Ingredientes	Preços ¹		
	Mínimo	Médio	Máximo
Feno	0,3000	0,5000	0,7000
Milho moído grosso	0,2750	0,4290	0,8030
Milho grão inteiro	0,2500	0,3900	0,7300
Sorgo grão inteiro	0,1600	0,2800	0,5100
Milheto grão inteiro	0,1625	0,2535	0,4745
Farelo de soja	0,5200	0,8600	1,2600
Casca de soja	0,1512	0,2500	0,3663
Calcário	0,0346	0,0442	0,0534
Uréia	1,2600	2,2200	3,1700
Sal mineral	4,3655	6,7584	7,8948

¹Fonte: i) milho grão inteiro, sorgo grão inteiro, farelo de soja, calcário, uréia e sal mineral: IEA (2011); ii) milho moído grosso: considera os preços do milho grão inteiro acrescidos de 10% referentes operação de trituração, percentual esse, aproximado, levantado no mercado; iii) casca de soja: preço médio levantado no mercado, preços mínimo e máximo obtidos pelas mesmas proporções entre esses níveis para o farelo de soja; e iv) feno e milheto: preços levantados no mercado.

Tabela 5. Custo das dietas, calculados a partir dos preços médios dos ingredientes (R\$)

Ingredientes	Dietas (R\$/100 kg)			
	MMG ¹	MII ²	SOI ³	MIL ⁴
Feno	3,68	3,68	3,68	3,68
Milho moído grosso	29,94	-	-	-
Milho grão inteiro	-	27,22	-	16,33
Sorgo grão inteiro	-	-	19,54	-
Milheto grão inteiro	-	-	-	7,08
Farelo de soja	5,07	5,07	5,07	5,07
Casca de soja	3,49	3,49	3,49	3,49
Calcário	0,03	0,03	0,03	0,03
Uréia	3,15	3,15	3,15	3,15
Sal mineral	6,76	6,76	6,76	6,76
Custo médio (R\$/kg)	0,5212	0,4939	0,4171	0,4558
Varição controle (%)	0	-5,24	-19,97	-12,55

¹Milho grão moído grosso (controle); ²Milho inteiro; ³Sorgo inteiro; ⁴Substituição de 40% do milho inteiro por milheto.

R\$ 1,00 e $PG_b = R\$ 0,70$, tem-se $PG_b/PG_a = 0,7$ ou 70%. Como o preço relativo de mercado é inferior ao limite máximo calculado (80%), a recomendação deveria ocorrer no sentido de substituição da dieta à base de a pela dieta à base de b . Se, por outro lado, os preços de mercado forem $PG_a = R\$ 1,00$ e $PG_b = R\$ 0,85$, o preço relativo vigente encontra-se acima do limite de 80%, de modo que não deveria acontecer a recomendação de substituição da dieta a pela b , uma vez que a MB poderia ser comprometida.

A partir da expressão (21) pode-se calcular o valor de q que garante a substituição entre as formas de milho (inteiro ou moído grosso) mantendo a mesma MB de produção. Foi obtida a expressão para o valor de q em função do preço do milho grão no mercado (PG_b):

$$q = -0,13237 - \frac{0,0425}{PG_b} \quad (22)$$

O preço médio considerado para o milho em grão foi de R\$ 0,39/kg. Substituindo-o em (22) obtém-se $q = -0,2413$. Assim, a esse nível de preço do grão, o preço do milho moído grosso deveria cair 24,1% abaixo do preço do inteiro para que a sua MB fosse elevada de modo a igualar-se à margem do tratamento com o grão inteiro. Esse desconto exigido é explicado pela superioridade do desempenho da CA da dieta com o grão inteiro, ainda que estatisticamente não tenha apresentado diferença significativa.

De acordo com os resultados, a dieta MII é a que apresenta maior eficiência econômica. Observa-se,

$$PG_{SOI} = \frac{\alpha_{13} \left(PG_{MMG} \times QG_{MMG1} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{g1} \right) - \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{g3}}{QG_{SOI3}} \quad (24)$$

Aplicando-se os dados utilizados no experimento em (24) pode-se obter a expressão que relaciona o preço do sorgo com o preço do milho moído grosso, que garante a obtenção das mesmas MB de comercialização:

$$PG_{SOI} = 0,9268 \times PG_{MMG} - 0,0232 \quad (25)$$

Na Figura 1 ilustra-se o comportamento histórico dos preços reais (corrigidos do efeito inflacionário)

pela expressão (22), que independentemente do preço do grão inteiro (PG_b), q será sempre negativo. A utilização do grão moído grosso poderia acontecer em situações atípicas, nas quais seus preços eventualmente estejam abaixo do grão inteiro. Como há um custo adicional para a trituração do grão, tais ocasiões são consideradas exceções.

Diante da relação entre MMG (controle) e SOI verificou-se que não houve diferença entre as CA e as MB. Dessa forma, a recomendação técnica de uma dieta em detrimento da outra poderia depender do preço relativo entre os dois ingredientes, definido por: PG_{SOI}/PG_{MMG} .

Uma vez que a única diferença na composição das dietas é a substituição do milho moído grosso pelo sorgo, mantendo-se as mesmas proporções; e que não houve diferença significativa entre as CA, a utilização da dieta SOI seria economicamente recomendada para qualquer situação em que o preço desse grão fosse inferior ao do milho moído.

As CA referentes às dietas MMG (controle) e SOI, embora não tenham apresentado diferença significativa, merecem consideração do ponto de vista econômico, pois podem aumentar a margem de segurança para as recomendações de eventuais substituições do milho pelo sorgo. A partir da expressão (15), utilizando-se os resultados para as CA médias obtidas pelo experimento tem-se que:

$$\frac{CA_1}{CA_3} = \frac{3,989}{4,304} = 0,9268 = \alpha_{13} \quad (23)$$

Adaptando-se a expressão (15) para os tratamentos 1 (dieta MMG, controle) e 2 (SOI) tem-se:

do milho moído grosso e do sorgo no período de 10 anos.

Existe uma correlação bastante evidente entre os preços do milho moído grosso e do sorgo (0,97,89). Portanto, ainda que ocorra variação temporal nos preços dos dois produtos (Figura 1), os seus preços relativos devem variar em uma faixa mais estreita, uma vez que os preços apresentam comportamento semelhante. A Figura 2 apresenta o comportamento dos preços relativos históricos e dos preços relativos-limites (PG_{SOI}/PG_{MMG}). Estes foram calculados a

partir da expressão (25) e indicam o nível máximo de relação de preço no qual a substituição do sorgo pelo milho moído grosso poderia ocorrer sem comprometer a MB de produção.

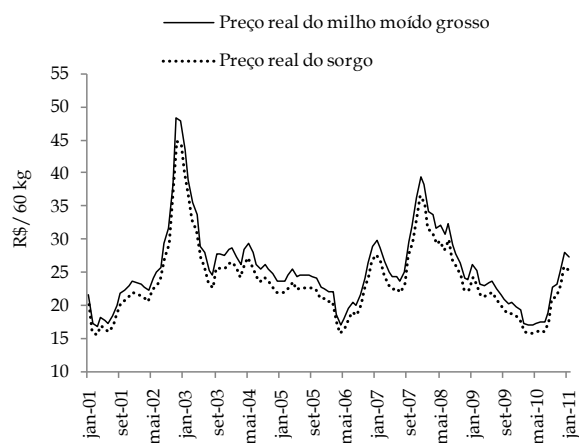


Figura 1. Comportamento histórico dos preços reais (corrigidos do efeito inflacionário) do milho moído grosso (“milho quebrado”) e do sorgo no período de 10 anos (Fonte: IEA, 2011; sendo os preços do milho moído grosso equivalentes aos do milho grão acrescidos de 10%).

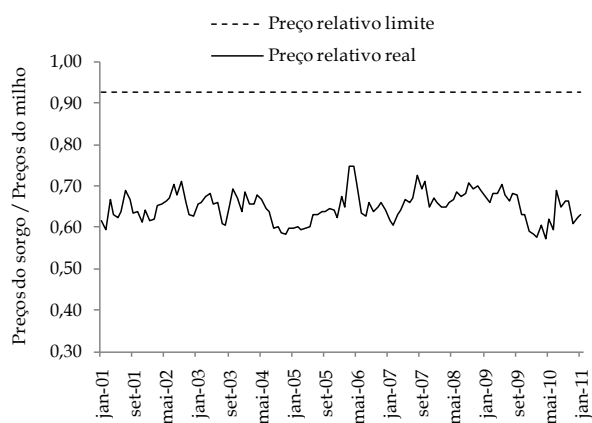


Figura 2. Comportamento dos preços relativos reais e dos preços relativos-limites (PG_{SOR}/PG_{MMG})

Os preços relativos mensais reais variaram entre 57,33% e 74,77%. Os preços relativos-limites oscilariam entre 92,54% e 92,63%, portanto em uma faixa praticamente desprezível. Como resultado tem-se que, diante do comportamento histórico dos preços do sorgo e do milho, a recomendação para o uso do primeiro em detrimento do segundo seria justificável economicamente, *ceteris paribus*, sem prejuízo significativo do desempenho zootécnico.

A relação entre as dietas MMG (controle) e MIL, não apresentou diferença estatística entre as CA, embora tenha sido encontrada diferença entre suas MB. A recomendação técnica de uma dieta em detrimento da outra também poderia depender do preço relativo entre os dois ingredientes, definido por: P_{MIL}/P_{MII} . Deve-se considerar, porém, que a dieta MIL é caracterizada pela substituição parcial do milho pelo milho e não pela substituição total como no caso do sorgo.

Visto que a composição das dietas dos tratamentos conserva a mesma proporção e preço dos demais ingredientes, exceto do milho e milho; e dado que não houve diferença significativa entre as CA, a utilização da dieta MIL seria economicamente recomendada para qualquer situação em que o preço desse grão fosse inferior ao do milho.

As CA, apesar de também não terem apresentado diferença significativa, merecem consideração do ponto de vista econômico, pois podem aumentar a margem de segurança para as recomendações de eventuais substituições do milho pelo milho. A partir da expressão (14), utilizando-se os resultados para as conversões alimentares médias obtidas pelo experimento tem-se que:

$$\frac{CA}{CA} = \frac{3,989}{3,620} = 1,1019 \quad (26)$$

A relação entre as CA foi numericamente favorável à dieta MIL. Portanto, mesmo que seu preço seja mais elevado que o do milho, sua recomendação pode ser viável até certo limite. Para o cálculo desse limite, adota-se o método da equivalência das MB, utilizado na comparação dos outros tratamentos. Adaptando-se a expressão (15) para as dietas controle e MIL tem-se:

$$PG_{MIL} = \frac{\alpha_{14} \left(PG_{MII} \times QG_{MII1} + \sum_{g^*} PG_g \times QG_{g1} \right) - \left(PG_{MII} \times QG_{MII4} + \sum_{g^{**}} PG_g \times QG_{g4} \right)}{\bar{QG}_{MII4}} \quad (27)$$

Aplicando-se os dados utilizados no experimento em (27) pode-se obter a expressão que relaciona o preço do milho com o preço do milheto, que garante a obtenção das mesmas MB de comercialização:

$$PG_{MIL} = 1,25467 \times PG_{MII} + 0,08088 \quad (28)$$

Utilizando-se os preços históricos (mínimo, médio e máximo) para o milho (Tabela 4) pode-se estimar os preços do milheto, a partir da expressão (28), e os preços relativos milheto/milho que gera-

riam as mesmas MB de comercialização (Tabela 6). Observa-se que o preço do milheto poderia ser entre 36,5% a 57,8% superior ao do milho que não comprometeria a MB de comercialização. Consequentemente, se o preço do milheto for inferior ao do milho, seu uso em substituição a este poderia ser recomendado. Aos seus preços referenciais de mercado, ilustrados na Tabela 5, situados entre R\$ 0,16/kg e R\$ 0,47/kg, o milheto sempre apresentaria competitividade diante do milho.

Tabela 6. Preços do milho, do milheto e relativos (R\$/kg)

Preço do milho (PG _{MII})	Preço limite do milheto (PG _{MII})	Preço relativo (PG _{MIL} /PG _{MII})
0,25 (mínimo)	0,39	1,5782
0,39 (médio)	0,57	1,4621
0,73 (máximo)	1,00	1,3655

CONCLUSÃO

Este estudo apresenta avanços ao propor uma metodologia para analisar economicamente dietas com diferentes composições. Embora existam numerosos estudos para avaliar o custo-benefício de diferentes dietas, muitas vezes eles não mostram detalhadamente a metodologia utilizada nem consideram as mudanças nos preços relativos dos ingredientes dessa relação.

O modelo proposto pode ser útil para ser adotado na análise econômica de dietas compostas por diferentes ingredientes. Fornece objetividade e transparência para este tipo de análise e, também outras possibilidades de análise, através da variação dos preços relativos dos ingredientes, podendo contribuir para a pesquisa zootécnica.

A substituição do milho pelo milheto ou sorgo é justificada economicamente, sem que haja prejuízo do desempenho zootécnico de ovinos alimentados com essas dietas.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento

de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado e a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo financiamento do estudo.

REFERÊNCIAS

DUBEUF, J.P. The social and environmental challenges faced by goat and small livestock local activities: Present contribution of research–development and stakes for the future. **Small Ruminant Research**, v.98, p.3-8, 2011.

GAMEIRO, A.H. Avaliação econômica aplicada à zootecnia: avanços e desafios. In: SANTOS, M.V.; PRADA E SILVA, L.F.; RENNÓ, F.P.; ALBUQUERQUE, R. (ed.). **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Pirassununga, SP: 5D, 2009. 215p.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 2.ed. São Paulo: Pioneira, 1991. 426p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

LOPES, M.A.; CARVALHO, M.F. Custo de produção e análise de rentabilidade na pecuária leiteira. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2001. p.243-278.

MANKIW, N.G. **Introdução à economia**. Tradução de Allan Vidigal Hastings. 3.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2005. 852p.

NOTTER, D.R.; KELLY, R.F.; McCLAUGHERTY, F.S. Effects of ewe breed and management system on efficiency of lamb production: lamb growth, survival and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v.69, p.22-33, 1991.

PASSOS, C.R.M.; NOGAMI, O. **Princípios de economia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 632p.

SAMUELSON, P.A. **Introdução à análise econômica**. Tradução de Luiz Carlos do Nascimento Silva. 7.ed. Rio de Janeiro: Agir; Brasília: Instituto Nacional do Livro, 1972. 2v., 559p.

UNICETEX. Centro de Inovação Tecnológica e Extensão Universitária. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. (FZEA/USP). **Informativo Semanal do Indicador do Preço do Cordeiro Paulista**. Edições 01 a 77. Disponível em: <<http://www.usp.br/unicetex/>> Acesso em: 25 abr. 2011.