

ROBERTO CLAUDIO DE ALMEIDA CARVALHO



LA-22663
MV000071523

ANÁLISE ECONÔMICA DE EXPERIMENTOS DE
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

UFC/BU/BEA 02/06/1998



R813285 Analise economica de
C417793 experimentos de suin
T636.4 C221a

Tese apresentada à Universi-
dade Federal de Viçosa, como par-
te das exigências do Curso de Mes-
trado em Economia Rural, para ob-
tenção do grau de "Magister Sci-
entiae".

VIÇOSA - MINAS GERAIS

1973

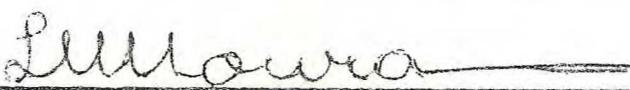
ROBERTO CLAUDIO DE ALMEIDA CARVALHO

ANÁLISE ECONÔMICA DE EXPERIMENTOS
DE ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

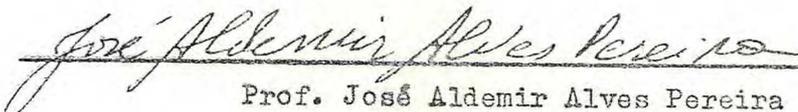
APROVADA:


Prof. Antonio Raphael Teixeira Filho, Orientador


Prof. Robert Lee Thompson, Conselheiro


Prof. Luiz Maria de Moura, Conselheiro


Prof. Tilió Barbosa


Prof. José Aldemir Alves Pereira



Dedico este trabalho a
meus pais, pela amiza-
de, compreensão, apoio
e estímulo.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece:

ao Departamento de Economia Rural, da Universidade Federal de Viçosa, na pessoa de seu chefe, Prof. Antônio Fagundes de Sousa;

ao Professor-Orientador, Antônio R. Teixeira Filho, pela ajuda e amizade;

ao Professor-Conselheiro Robert L. Thompson, pelo interesse e colaboração;

aos Professores Luiz Maria de Moura, Túlio Barbosa e José Aldemir A. Pereira;

aos demais Professores do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa;

aos companheiros de Curso, de modo especial a José Geraldo de Andrade, Guarany Carlos Gomes, Sônia Maria Pereira, João Basílio C. Seraphim, Matheus Ferreira da Silva, Manoel Vara Ochoa, Paulo Torga Bruzzi, Jorge Mirio Trujillo, Antônio Carneiro Mol, João Bosco Monnerat, pela amizade e convivência;

ao Professor José Aluísio Pereira, da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio e estímulo;

à Sr.^{ta} Maria Imaculada de Oliveira, pelo trabalho de datilografia.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ROBERTO CLÁUDIO DE ALMEIDA CARVALHO, filho de Joaquim Olympio da Silveira Carvalho e Aldith Ramos de Almeida Carvalho, nasceu em Caucaia, Ceará, em 23 de outubro de 1948.

Fez estudos primários e secundários em colégios de Fortaleza, Ceará.

Em 1970, graduou-se em Agronomia, pela Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará.

Em 1971, ingressou no Curso de Mestrado em Economia Rural, na Universidade Federal de Viçosa, como bolsista do convênio entre o Departamento de Economia Rural desta Universidade e a Fundação Ford.

CONTEUDO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O Problema	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo Geral	4
1.2.2. Objetivo Especifico	4
2. MATERIAL E METODOS	5
2.1. Dados experimentais	5
2.2. Dados de preço	6
2.3. Modelo econômico	7
2.3.1. Escolha da função de produção	7
2.4. Modelo matemático	9
2.4.1. A função potencial (Cobb-Douglas)	9
2.4.2. A função quadrática	10
2.4.3. Introdução de variáveis simuladas no modelo ..	12
2.5. Modelo estatístico	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1. Análise estatística	19
3.1.1. Resultados estatísticos das funções ajustadas	19
3.1.2. Comentário sobre o comportamento do melão ..	23
3.2. Análise econômica	29
4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	32

46 das
	B - Matrizes de correlação simples das equações ajustadas
41 tamento das equações
	A - Matriz dos dados experimentais utilizados no ajuste
40	APÊNDICE
38	6. LITERATURA CITADA
35	5. RESUMO
Página

1. INTRODUÇÃO

A experimentação é um método fundamental da ciência agrônômica. Através dela são determinadas as diversas relações entre fatores de produção e o produto de diversos processos produtivos. O conhecimento dessas relações é fundamental para a orientação de decisões envolvidas no processo de produção agrícola, principalmente quando as relações físicas do processo produtivo são analisadas economicamente.

O presente trabalho representa uma tentativa de analisar, do ponto-de-vista econômico, dois experimentos de alimentação de suínos envolvendo as fases de crescimento e crescimento-engorda (acabamento) dos animais.

1.1. O Problema

A alimentação é o fator de maior importância na composição dos custos de produção de suínos. Segundo MENDES (9), a alimentação representa 75-80% do custo total de produção de porcos; a falta de uma ração balanceada é um dos fatores limitantes na exploração de suínos.

Mão-de-obra e outros itens que concorrem para a formação dos custos de produção de suínos compõem uma fração relativamente pequena destes custos, HEADY e DILLON (4). Deste modo, o conhecimento da ração que proporcione custo mínimo de produção de carne interessa

imediatamente ao produtor. Além do interesse do produtor, esses conhecimentos são importantes no sentido de que possibilitam aumento na produção de carne de porco a mais baixo custo, o que favorece o consumidor.

O conhecimento de rações de baixo custo é importante também para organismos que tenham o interesse de incentivar a suinocultura. Fábricas de rações que abastecem os criadores, também poderão ser beneficiadas pelo conhecimento das rações economicamente mais adequadas.

O processo de alimentação de suínos requer, entre os diversos tipos de alimentos, duas classes principais: carboidratos (energia) e fontes protéicas.

Estas duas classes maiores são combinadas com pequenas quantidades de minerais, vitaminas etc., que têm reduzida importância no custo da ração.

Normalmente, os alimentos protéicos são mais onerosos que os energéticos. Dentro de cada classe, encontram-se componentes de preços diversos.

Entre os alimentos energéticos destaca-se o milho. Este, apesar de suas características como alimento, conta com múltiplos usos e é um alimento energético de alto custo. Dado seu alto custo, a substituição de milho por outros componentes energéticos de menores preços representa um meio que se usa com o fim de reduzir o custo das rações. Um substituto que tem sido utilizado recentemente é o melão, subproduto da usina açucareira, o qual tem sido experimentalmente usado na alimentação animal.

Como alimento, o melão é biologicamente inferior ao milho. Entre as razões de sua inferioridade conta-se o alto teor de potássio. Quando o melão é usado em doses altas, a elevada ingestão de potássio provoca diarréias em certas espécies, o que ocasiona perda de peso e conseqüente redução nos lucros prováveis de se alcançar no processo.

Nestas circunstâncias a questão fundamental do ponto-de-vista econômico, diz respeito à determinação de até que ponto usar melão em lugar do milho e qual a combinação final de energéticos e protéicos na ração a fim de se alcançar a máxima eficiência econômica.

Em estudos econômicos de alimentação de suínos, dois fenômenos são de vital importância. O primeiro diz respeito à insofismável lei dos rendimentos decrescentes. O segundo se refere às mudanças nas exigências do animal, à medida que seu desenvolvimento se processa. As diferenças nas exigências alimentares dos animais fazem com que as taxas de substituição entre os elementos protéicos e os energéticos da ração mudem com o desenvolvimento do animal. No período de crescimento, ele precisa de rações com maior percentagem de proteínas para a formação de determinados tecidos. Na fase de acabamento, o animal exige maiores percentagens de carboidratos. Assim, as taxas de substituição entre os alimentos mudam com o desenvolvimento do processo produtivo. A consequência prática de fenômenos desta natureza resulta na adoção de rações diferentes para diferentes estágios de desenvolvimento dos animais.

Aliado ao fenômeno de mudanças nas exigências alimentares dos animais, há o fenômeno mais geral de retornos decrescentes das rações. Estes dois fenômenos são fundamentais na condução de estudos da natureza do presente.

O problema importante ao qual o presente trabalho é dirigido é a determinação de rações ótimas em intervalos definidos do processo de desenvolvimento do animal, isto é, a determinação das quantidades ótimas de cada componentes em diferentes situações de preço e em diferentes etapas do desenvolvimento do animal.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O trabalho tem por finalidade efetuar uma análise econômica de experimentos de alimentação de suínos tipo carne, fases de crescimento e acabamento, determinando rações ótimas para intervalos selecionados do processo produtivo e para o processo produtivo como um todo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Ajustamento da função de produção que descreva as relações entre ganho de peso, ou peso total, e consumo de alimentos (melaço, fubá de milho e farelo de soja).

- Verificar a possibilidade de descrever, com uma só função, as fases de crescimento e acabamento.

- Determinar as quantidades ótimas de alimentos a serem ministrados aos animais, em cada fase de desenvolvimento e no processo como um todo.

- Verificar o comportamento do melaço como substituto parcial do milho nas rações, determinando o nível economicamente ótimo da substituição.

- Analisar a sensibilidade das soluções ótimas às variações de preço.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados exponenciais

Os dados a serem usados nessa análise econômica foram obtidos de dois experimentos realizados nas instalações de suinocultura do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa. Em cada experimento foram utilizados 60 animais, distribuídos em 5 tratamentos (12 para cada tratamento). O delineamento foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 3 repetições, com 4 animais por repetição.

A mensuração do consumo de alimento foi feita através de pesagens das quantidades ministradas, bem como do que sobrava nos comedouros. A ração foi dada à vontade, água foi mantida à disposição, sendo renovada diariamente.

Os dados de ganhos de peso ou de peso total foram obtidos a partir de pesagens efetuadas de 14 em 14 dias.

O primeiro experimento trata da fase de crescimento dos suínos e teve duração de 56 dias.

O rebanho utilizado era constituído de leitões recém-desmamados, assim divididos quanto à raça: 49 de raça Duroc e 11 mestiços 3/4 Duroc x Wessex, sendo a idade média de 45 dias. As 5 rações continham 0, 10, 20 e 30% de melaço, sendo que a 5.^a tinha 30% de melaço + 10% de sabugo de milho. Esta ração foi incluída com a finalidade-

de de verificar o efeito do sabugo no controle dos efeitos diarréicos de grandes quantidades de melaço. Todas as rações continham em torno de 16% de proteína bruta.

O segundo experimento trata da fase de crescimento-engorda dos suínos, com uma duração média de 67 dias, determinada pela necessidade de esperar que o animal atingisse o peso de mercado, 90 kg. Por isso, nas últimas semanas do experimento, as pesagens foram efetuadas semanalmente.

O rebanho era constituído de 40 animais Duroc e 20 mestiços 3/4 Duroc x Wessex, com uma idade média de 119 dias. As rações continham 0, 15, 30, 45 e 60% de melaço, substituindo parcialmente ao milho, contendo 14% de proteína bruta.

As rações ministradas aos animais continham melaço e fubá de milho com energéticos, farelo de soja como fonte protéica e pequenas quantidades de antibióticos, vitaminas e minerais.

Para maiores detalhes, ver SANCHEZ (10). Os dados utilizados nas análises contidas no presente estudo se acham transcritos no Apêndice A.

2.2. Dados de preços

Os preços do produto e dos componentes das rações foram coletados junto à Cooperativa Agropecuária Mista de Viçosa (CAMIV). São dados que se referem aos preços vigentes no mercado local. Os dados coletados foram os seguintes:

P_y = preço da carne de porco (preço de 1 kg de peso vivo) =
= Cr\$ 4,00

PX_1 = preço de 1 kg de melaço = Cr\$ 0,30

PX_2 = preço de 1 kg de fubá de milho = Cr\$ 0,65

PX_3 = preço de 1 kg de farelo de soja = Cr\$ 1,50

2.3. Modelo Econômico

O estudo tem como fundamento os princípios da teoria da produção. Será utilizada uma função de produção com três insumos variáveis, considerando-se um estoque de recursos fixos. As análises serão, portanto, de curto prazo.

Os conceitos econômicos fundamentais relacionados com função de produção são amplamente discutidos em diversos livros e teses como: FERGUSON (2), HEADY (3), CAMPOS (1), SILVA (13), SCHUH (11) KEHRBERG (7) e outros; não sendo por isso transcritos aqui em toda a amplitude em que serão implícita ou explicitamente usados.

2.3.1. Escolha da função de produção

Uma função de produção para analisar experimentos zootécnicos deve permitir, entre outras coisas:

- a) Produtividade decrescente por unidade de insumo (alimento).
- b) Taxa marginal de substituição decrescente, numa isoquanta específica.
- c) Taxa de substituição que mude para uma determinada linha de ração, à medida que o animal aumenta de peso.

A primeira condição implica numa curva decrescente de produtividade marginal decrescente para cada tipo de alimento.

A segunda implica em isoquantas convexas à origem.

A terceira condição exige uma análise mais pormenorizada que será oferecida a seguir.

Há, como já foi dito, dois tipos principais de alimentos usados nas rações: uma fonte de carboidratos e uma fonte de proteínas.

No estágio inicial de vida, os animais precisam muito de proteínas, por motivos inerentes à sua própria fisiologia. À medida que crescem, vão precisando cada vez mais de carboidratos e menos de pro

teínas, para atender ao desenvolvimento do seu corpo.

Uma função de produção, portanto, deveria apresentar propriedades que permitam que estes aspectos biológicos sejam descritos. Isto é, esta função deveria permitir que ao longo de um caminho de expansão, em cada nova isoquanta atingida, mudasse a proporção destes dois alimentos na ração (o que implicaria em rações diferentes para cada isoquanta). Isto quer dizer que o caminho de expansão não deve ser uma reta que passa pela origem.

Se for linear através da origem, haverá sempre, ao longo do mapa de isoquantas, uma mesma razão carboidratos/proteína (C/P);

Se o caminho de expansão for linear mas não passar pela origem, pode-se notar que a razão C/P muda à medida que isoquantas mais elevadas são atingidas.

A função quadrática apresenta estas três propriedades fundamentais. Suas isoclinas são lineares, mas apenas uma passa pela origem.

A função potencial tem isoclinas lineares que passam pela origem (isto é, suas isoclinas são linhas de razão, também). Assim, ela não permite a terceira condição.

Outra observação relevante é a de que não se espera que haja declínio do produto total em alimentação de animais, ou seja, a função não deve passar por um máximo e depois declinar. Quanto a este aspecto a função potencial teria vantagem sobre a quadrática.

HEADY e DILLON (4), numa análise de experimentos de alimentação de suínos em confinamento, usaram funções Cobb-Douglas e quadrática. A função Cobb-Douglas provê um meio simples de estimar taxas médias de substituição. Ela permite taxas de substituição e produtividade decrescentes dos alimentos. No entanto, ela não permite que a taxa de substituição mude com o peso do animal. Em outras palavras, para uma linha de ração (ou linha de escala), todas as linhas de contorno terão a mesma declividade ou taxa de substituição em cada ponto onde interceptem a linha de ração. A quadrática, entre outras e-

quações, permite que as taxas de substituição mudem ao longo de uma linha de escala. Entretanto, estimando-se diferentes funções Cobb-Douglas para diferentes intervalos conseguem-se taxas de substituição diferentes entre os intervalos.

Enquanto uma diferente taxa de substituição a cada mudança de uma unidade no peso do porco é teórica e logicamente possível, taxas de substituição que servem como médias em alguns intervalos de peso são suficientes para orientar decisões uma vez que a mesma razão é dada por vários dias. Embora as funções potenciais para os intervalos façam com que os pontos de interseção de todos os contornos de peso e linhas de ração tenham a mesma taxa de substituição dentro do intervalo, elas permitem estimar diferentes taxas, como médias, para os diferentes intervalos.

Neste estudo serão avaliadas as possibilidades de se utilizar a função quadrática e a potencial. Esta última, estimada para diversos intervalos do processo analisado. \times

2.4. Modelo matemático

A expressão matemática dos modelos a serem estimados corresponde à função quadrática e à função potencial.

2.4.1. A função potencial (Cobb-Douglas)

A função potencial tem a forma de um monômio em que os parâmetros a serem estimados são os expoentes das variáveis que o integram.

A função pode ser expressa do seguinte modo:

$Y = A \prod X_i^{b_i}$, onde Y é a variável dependente, ganho de peso, ou peso total, no presente caso, X_i , $i = 1, 2, \dots, n$ são as variáveis independentes, neste estudo representadas pelos componentes da ração utilizada. Desta forma,

Y = ganho em peso, ou peso total, dos animais utilizados no experimento

X_1 = consumo de melação

X_2 = consumo de fubá de milho

X_3 = consumo de farelo de soja

O monômio a ser estimado se transforma numa equação linear quando as variáveis são tomadas nos logaritmos.

Conforme salientado anteriormente, esta função será ajustada a dados de diferentes etapas do experimento. Esta medida visa contornar problemas causados pelas características da função que foram realçadas ao se apresentar o item 2.3.1., e que a tornam menos apropriada para estudos da natureza do presente. Considerando as características do fenômeno estudado e da função a ser utilizada na análise, pode-se a priori definir os sinais dos expoentes a serem estimados. Todos eles devem ser maiores do que zero e menores do que 1, ou seja:

$$0 < b_i < 1$$

2.4.2. A função quadrática

Considerando os três componentes das rações utilizadas no experimento a ser analisado, a função quadrática completa tem a seguinte configuração:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_2 + b_4 x_2^2 + b_5 x_3 + b_6 x_3^2 + b_7 x_1 x_2 + b_8 x_1 x_3 + b_9 x_2 x_3$$

onde

y = ganho em peso, ou peso total, dos animais

x_1 = consumo de melação

x_2 = consumo de fubá de milho

x_3 = consumo de farelo de soja

Para que a função quadrática se conforme às características pressupostas do fenômeno a ser estudado (retornos marginais positivos), é necessário que os coeficientes dos termos lineares em cada variável isolada sejam todos positivos, e que os coeficientes dos termos quadrados sejam todos negativos.

Desta forma, tem-se as seguintes especificações a priori

$$b_1 > 0$$

$$b_3 > 0$$

$$b_5 > 0$$

$$b_2 < 0$$

$$b_4 < 0$$

$$b_6 < 0$$

Os sinais dos termos que representam as interações não podem ser especificados a priori. Se a interação entre dois fatores tiver coeficiente maior do que zero, as isoclinas a serem determinadas na análise terão inclinação positiva. Se o coeficiente da interação for nulo, as isoclinas terão inclinação positiva também, com exceção das linhas de fronteira, que são perpendiculares aos eixos dos insumos. Se o coeficiente do termo de interação entre duas variáveis independentes for negativo, as isoclinas do processo terão inclinações positiva e negativa. Dois pontos adicionais podem ser mencionados com relação à função quadrática. O primeiro se relaciona ao fato de as isoquantas poderem tocar os eixos dos fatores e não serem assintóticas a eles. Certos níveis de produto podem ser obtidos usando-se apenas um fator. O segundo ponto se refere ao máximo da função quadrática. A superfície de produção expressa pela função contém apenas um ponto máximo. Este representa o ponto para onde converge o mapa de isoquantas e também as isoclinas. Estas são lineares.

O fato de que a função quadrática implica em isoclinas e iso

quantas convergindo para um máximo, constitui-se numa limitação do uso da função para estudos da natureza do presente, onde não se espera que exista um máximo definível.

2.4.3. Introdução de variáveis simuladas no modelo

No desenvolvimento dos animais ocorrem duas fases, comumente identificadas tanto na prática como em experimentação: a fase de crescimento e a fase de crescimento-engorda ou acabamento.

Os dados experimentais analisados neste trabalho são provenientes de dois experimentos realizados simultaneamente, um cobrindo a fase de crescimento e o outro a de acabamento. Deste modo, aparece uma dificuldade ao se tentar ajustar uma função de produção que descreva o processo produtivo como um todo. Sendo os experimentos conduzidos à mesma época com animais diferentes pode haver diferenças na superfície de resposta de uma fase para a outra. Estas diferenças podem ocorrer na interseção, ou constante de regressão na função potencial, na declividade ou em ambas, conforme mostra a Figura 1.

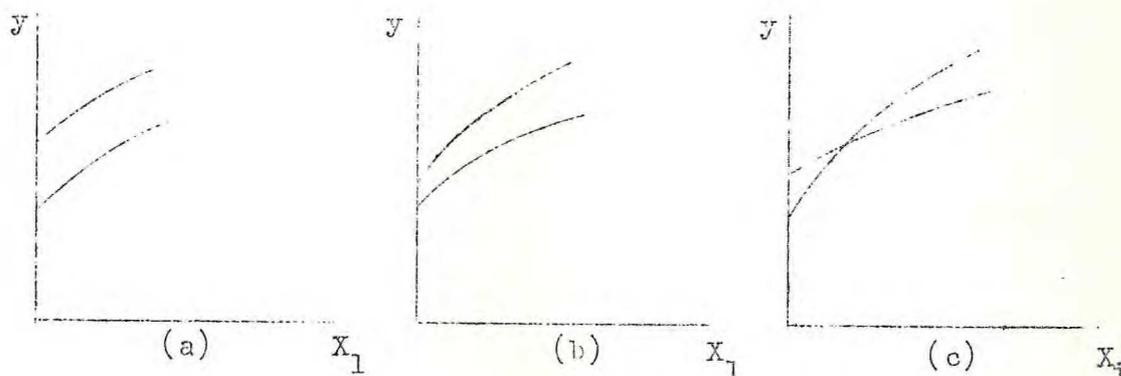


FIGURA 1 - Possíveis modificações na interseção (a), declividade (b) ou nas duas ao mesmo tempo (c), que podem ocorrer na superfície de resposta, ao se passar de uma fase para a outra.

Considerando-se que os animais usados em cada experimento tinham uma composição racial muito semelhante. Considerando-se também que os animais que entraram no experimento da fase de acabamento tinham uma idade média aproximadamente igual a dos animais no fim do experimento que tratou da fase de crescimento, pensou-se que todo o processo produtivo poderia ser descrito com uma só função de produção. Para testar a validade desta hipótese, variáveis simuladas foram introduzidas nas equações.

O processo consiste em tomar uma variável discreta S_1 que assume o valor zero para a fase de crescimento e o valor 1 para a fase de acabamento, como está mostrado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Valor de S_1 para as Fases Estudadas

Fase	S_1
Crescimento	0
Acabamento	1

Em termos da função potencial, a diferença entre as fases de crescimento e acabamento pode ser expressa em mudanças nas elasticidades de produção, mudanças no termo constante ou ambas simultaneamente.

Para estas funções, é necessário utilizar duas variáveis mudas: uma para declividade, S_1 , e outra para o termo constante, S_2 . Isto é necessário pois a função potencial é estimada na forma logarítmica. Assim, introduz-se S_2 com valores 1 e 10 (pois $\log_{10} 1 = 0$ e $3 \log_{10} 10 = 1$).

O modelo completo, possibilitando-se testar o efeito no termo constante e nas elasticidades pode ser assim escrito:

$$Y = A X_1^{b_1 + b_5 S_1} X_2^{b_2 + b_6 S_1} X_3^{b_3 + b_7 S_1} S_2^{b_4}$$

Deste modo, se houver significância das variáveis simuladas, haverá uma curva de resposta distinta para cada experimento, sendo que a diferença (no termo constante e/ou na declividade) será proporcionada pelos coeficientes das variáveis mudas. Sendo S_1 e $\log S_2$ iguais a zero para a fase de crescimento e iguais a 1 para a fase de acabamento, obter-se-ia as seguintes equações:

$$\text{Fase crescimento} - Y = A X_1^{b_1} X_2^{b_2} X_3^{b_3}$$

$$\text{Fase acabamento} - Y = \text{antilog} (\log A + b_4) X_1^{b_1 + b_5} X_2^{b_2 + b_6} X_3^{b_3 + b_7}$$

Se as variáveis mudas não apresentarem coeficientes com significância estatística, todo o processo produtivo pode ser descrito com uma só equação.

Em termos da função quadrática, a alteração qualitativa envolvida na mudança da fase de crescimento para a de acabamento pode representar modificações nos termos lineares da função, nos termos quadrados, bem como nas interações.

O modelo pode ser assim descrito:

$$Y = A + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1^2 + b_5 X_2^2 + b_6 X_3^2 + b_7 X_1 X_2 + b_8 X_1 X_3 + b_9 X_2 X_3 + b_{10} S_1 + d_{11} S_1 X_1 + d_{21} S_1 X_2 + d_{31} S_1 X_3 + d_{41} S_1 X_1^2 + d_{51} S_1 X_2^2 + d_{61} S_1 X_3^2 + d_{71} S_1 X_1 X_2 + d_{81} S_1 X_1 X_3 + d_{91} S_1 X_2 X_3$$

Deste modo, se houver significância das variáveis simuladas e suas interações com as demais variáveis independentes, haverá uma equação diferente para cada fase do processo produtivo.

Já que S_1 é igual a zero para a fase de crescimento é igual à unidade para a fase de acabamento, as equações seriam as seguintes:

Fase crescimento

$$Y = A + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1^2 + b_5 X_2^2 + b_6 X_3^2 + b_7 X_1 X_2 + b_8 X_1 X_3 + b_9 X_2 X_3$$

Fase acabamento

$$Y = (A + b_{10}) + (b_1 + d_1) X_1 + (b_2 + d_2) X_2 + (b_3 + d_3) X_3 + (b_4 + d_4) X_1^2 + (b_5 + d_5) X_2^2 + (b_6 + d_6) X_3^2 + (b_7 + d_7) X_1 X_2 + (b_8 + d_8) X_1 X_3 + (b_9 + d_9) X_2 X_3$$

Se as variáveis mudas não apresentarem significância estatística, todo o processo produtivo pode ser descrito com uma só equação.

Para uma discussão pormenorizada sobre variáveis mudas ver TOMÉK (15), SUITS (14) e JOHNSTON (6).

2.5. Modelo estatístico

Os seguintes modelos serão ajustados:

$$1) Y = A X_1^{b_1} X_2^{b_2} X_3^{b_3} \quad \xi$$

ou, na forma logarítmica:

$$\log Y = \log A + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + b_3 \log X_3 + \log \xi$$

Haverá uma equação desse tipo para cada intervalo selecionado:

$$2) Y = A X_1^{b_1 + b_5 S_1} X_2^{b_2 + b_6 S_1} X_3^{b_3 + b_7 S_1} S_2^{b_4} \quad \xi$$

ou, na forma logarítmica:

$$\log Y = \log A + b_1 \log X_1 + b_{51} S_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + b_{61} S_1 \log X_2 + \\ + b_3 \log X_3 + b_{71} S_1 \log X_3 + b_4 \log S_2 + \log \xi$$

$$3) Y = A + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1^2 + b_5 X_2^2 + b_6 X_3^2 + b_7 X_1 X_2 + b_8 X_1 X_3 + \\ + b_{10} S_1 + d_{11} S_1 X_1 + d_{21} S_1 X_2 + d_{31} S_1 X_3 + d_{41} S_1 X_1^2 + d_{51} S_1 X_3^2 + \\ + d_{71} S_1 X_1 X_2 + d_{81} S_1 X_1 X_3 + d_{91} S_1 X_2 X_3 + \xi$$

onde

Y = ganho de peso, acumulado, em kg, ou peso total, em kg

X_1 = consumo de melão, acumulado, em kg

X_2 = consumo de fubá de milho, acumulado, em kg

X_3 = consumo de farelo de soja, acumulado, em kg

S_1 e S_2 = variáveis simuladas para verificar diferenças na superfície de resposta entre as duas fases.

ξ = erro estocástico.

MARSHAK e ANDREWS (8) demonstram a semelhança e diferença entre medir o efeito de quantidades diferentes de fertilizantes ou ração na produção de unidades experimentais e medir o efeito de quantidades diferentes de capital e trabalho na produção de firmas de livre decisão. A semelhança é que em ambos os casos trata-se com equações aleatórias. A diferença é que, no caso de uma firma, tem-se um sistema de equações simultâneas, e no caso de unidades experimentais, uma única equação pode ser isolada. O economista não pode fazer experimentos, não obstante é esperado que aconselhe como influenciar os acontecimentos. Por isto é que seus dados são o resultado de equa-

ções aleatórias simultâneas, e que ele está interessado nos parâmetros de cada equação.

No caso de análise econômica de dados experimentais, tem-se que o pesquisador biológico pode controlar seus experimentos. Disto resulta uma relação causal unilateral entre produto e insumos, sendo as quantidades dos insumos pré-determinadas.

Assim, não há erros de observação significantes. O processo produtivo pode ser descrito por uma única equação, independente de outras relações.

Sendo os insumos medidos com exatidão, a matriz de variáveis independentes é considerada fixa, não estocástica.

A presença do erro é determinada, entre outras coisas, pelos erros de observação ou de medida e pela omissão de variáveis no modelo. Nos experimentos controlados, os primeiros são desprezíveis e as variáveis omitidas geralmente são de pequena importância. Deste modo, espera-se que os erros apresentem valores em torno de zero.

A autocorrelação dos erros pode ocorrer devido a fatores como: a) escolha inapropriada da forma algébrica da função de produção; b) erros de observação; c) omissão de variáveis importantes. Ao se estimar funções de produção a partir de dados não experimentais de séries temporais, todas essas três causas de autocorrelação podem ocorrer. Contudo, não há razão para que essas fontes de autocorrelação de erros não sejam minimizadas sob condições experimentais, (HEADY e DILLON (4)).

Enfim, ao se trabalhar com dados experimentais, pode-se fazer, com elevado grau de validade, algumas pressuposições sobre o termo de erro aleatório.

Pressupõe-se, inicialmente, que o erro tem média zero, ou seja:

$$E(\xi_i) = 0 \quad i = 1, \dots, n$$

Admite-se, também a esfericidade dos erros, ou seja, que sua

variância seja constante e sua covariância nula. Isto é:

$$E \left(\sum_j \hat{\epsilon}_j \right)^2 = \sigma^2 \quad \text{propriedade de homoscedasticidade}$$

$$E \left(\sum_i \hat{\epsilon}_i \sum_j \hat{\epsilon}_j \right) \text{ para } i \neq j = 0 \quad \text{se esta pressuposição não é satisfeita, diz-se que há autocorrelação dos erros.}$$

Considera-se que os erros são não correlacionados com as variáveis independentes do modelo.

Se se pressupõe também que a distribuição do erro é normal, pode-se verificar a confiabilidade das estimativas através de testes estatísticos, como o teste "t".

No caso das funções potenciais, as pressuposições são feitas sobre o logaritmo do erro.

Mantendo-se todas estas pressuposições, o teorema de Gauss-Markov prova serem os estimadores de mínimos quadrados, na classe de estimadores lineares não tendenciosos, aqueles que têm a menor variância. A pressuposição de normalidade implica, também, que os estimadores de mínimos quadrados são de verossimilhança máxima. Assim, este método de estimação será usado no presente trabalho. Este baseia-se na minimização da soma dos quadrados dos erros.

Para uma discussão mais pormenorizada sobre os estimadores de mínimos quadrados, ver JOHNSTON (6), GOLDBERGER (5) e SCHUH (12).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise Estatística

O presente capítulo contém os resultados estatísticos dos ajustamentos que se realizaram, buscando as relações algébricas que melhor representaram o fenômeno estudado.

3.1.1. Resultados estatísticos das funções ajustadas

Foram ajustadas funções potenciais e quadráticas. Os resultados obtidos com as equações quadráticas mostravam vários problemas. Houve problemas de elevada multicolinearidade, o que fez com que fossem rejeitadas algumas variáveis. Os coeficientes, de modo geral, não apresentaram significância estatística e sinais não esperados ocorreram.

Assim, estas equações foram abandonadas; não serão consideradas na análise.

Para as funções potenciais, obtiveram-se 4 modelos básicos, um em que a variável dependente era definida como ganho de peso e três com peso total como variável dependente.

Esses modelos são apresentados a seguir, Quadro 2.

Primeiramente será analisada a função em que ganho de peso figura como variável dependente.

QUADRO 2 - Resultados Estatísticos para as Equações Potenciais Obtidas (a)

Modelo (b)	I	II	III	IV
Variável				
X_1 (consumo de melação)	-0,023967** (-2,01584)	-0,014463 (-1,12187)	-0,01443	-0,009660
X_2 (consumo de milho)	0,337538**** (8,39330)	0,211525**** (4,85088)	0,211525	0,344923
X_3 (consumo de farelo de soja)	0,603243**** (12,5912)	0,337205**** (6,49112)	0,337205	0,475285
S_2	0,065813 (1,22707)	-0,341192**** (-5,86681)		
S_{11}	0,010561 (0,774695)	0,004803 (0,324969)		
S_{11}	0,032024 (0,676914)	0,133398** (2,01561)		
S_{13}	-0,095203 (-0,161333)	0,138080** (2,15762)		
Constante	1,661	6,695	6,695	3,052
R^2	0,994034	0,985210		

(a) Os números entre parêntese são os valores de t.

(b) A variável dependente no caso do modelo I se refere a ganho de peso, nos casos II, III e IV, se refere a peso total.

* significante a 10%; ** significante a 5%; *** significante a 1%; **** significante a 0,1%.
Observação: Significância inferior a 10% é considerada não relevante.

Na equação ajustada para o processo como um todo (modelo I), verifica-se que os coeficientes das variáveis mudas e suas interações com as variáveis quantitativas não mostraram significância (são estatisticamente iguais a zero). Isto implica em que se pode descrever com uma só superfície de produção, as duas fases de crescimento e acabamento. Deste modo, entre as duas fases não há diferenças no termo constante ou na declividade. Pode-se, portanto, segundo os resultados do modelo I, analisar todo o processo de alimentação tratando as fases de crescimento e a de acabamento como fases contínuas não diferenciadas quanto às respostas dos animais à alimentação.

Neste modelo, nota-se que a variável X_1 (consumo de melaço) apresentou sinal negativo. Isto implica em que, para os níveis usados nos experimentos, o melaço atingiu o terceiro estágio (irracional) de produção. Sua produtividade marginal é negativa. O teste t acusou significância estatística para esta variável, a 5%.

Os coeficientes para as variáveis X_2 (consumo de fubá de milho) e X_3 (consumo de farelo de soja) foram altamente significantes e de sinais esperados.

Assim, para o modelo I, um aumento de 10% no consumo de fubá de milho implica em média num acréscimo de 3,4% na produção. Já um incremento de 10% no consumo de farelo de soja provoca um aumento de aproximadamente 6% na produção. Para fins de análise, admitindo-se a eliminação do melaço na ração, pode-se afirmar que com o aumento em 10% no consumo dos outros dois fatores (combinados na mesma proporção), o ganho de peso aumentará 9,5%.

Deste modo, para os fatores X_2 e X_3 , os rendimentos são decrescentes para cada um tomado isoladamente, ou para os dois combinados em proporção fixa.

O coeficiente de determinação foi alto, cerca de 98%, indicando que 98% da variação total da variável dependente, ganho de peso, era explicado pelas variáveis consideradas no modelo.

O termo constante foi altamente significativo.

No modelo ajustado considerando ganho de peso como variável dependente, o melão mostrou coeficiente com sinal negativo. Tendo em vista estes resultados ajustou-se uma equação em que o peso total dos animais foi tomado como a variável dependente e as variáveis explicativas eram as mesmas usadas nos modelos anteriores. Assim, obteve-se o modelo II que é mostrado no Quadro 2.

Verifica-se que, neste caso, o coeficiente para a variável simulada S_2 foi altamente significativa. As interações entre S_1 e as variáveis quantitativas foram significantes a 5%, com exceção de $S_1 X_1$. Isto implica em duas funções diferentes, uma para cada fase de desenvolvimento dos porcos, as diferenças no termo constante e na declividade sendo proporcionadas pelos coeficientes das variáveis mudadas e suas interações com as variáveis quantitativas.

Deste modo, obtém-se os modelos III e IV que acham-se apresentados no Quadro 2.

Nota-se que o melão, neste caso, voltou a apresentar coeficiente com sinal negativo e não significativo.

Já o fubá de milho e o farelo de soja mostraram, como no caso anterior, coeficientes com sinais positivos e altamente significantes.

Se se aumentar o consumo de X_2 em 10%, na fase de crescimento o peso total aumentará 2,1%. Se o consumo de farelo de soja (X_3) sofrer um acréscimo de 10%, provocará um incremento de aproximadamente 3,3% na produção. Na fase de acabamento (modelo IV), as elasticidades de produção de X_2 e X_3 sofrem um aumento para 0,34 e 0,47. Isto significa que aumentos de 10% em X_2 e X_3 causam aumento no peso total de 3,4% e 4,7%, respectivamente. Se considerarmos aumento de 10% em X_2 e X_3 combinados em proporção fixa, teremos um incremento no peso total de 5,4%, na fase de crescimento, e 8,1%, na fase de acabamento.

O termo constante foi altamente significativo. Diminuiu da fase de crescimento para a de acabamento.

O coeficiente de determinação R^2 com valor em torno de 98% indica a boa qualidade do ajustamento. O consumo de alimentos - X_1 , X_2 e X_3 explicam 98% da variação total de Y_2 .

As matrizes de correlação simples para as duas funções ajustadas encontram-se no Apêndice B.

Para os modelos I e II, verifica-se que a introdução de variáveis mudas e suas interações com as demais variáveis independentes fez aparecerem alguns altos coeficientes de correlação.

As variáveis X_2 e X_3 mostraram-se altamente correlacionadas com as variáveis dependentes, Y_1 e Y_2 . O mesmo não ocorreu com X_1 , que apresentou sempre baixos coeficientes de correlação simples com Y_1 e Y_2 .

3.1.2. Comentário sobre o comportamento do melão

Durante a análise estatística das equações, observou-se que a variável X_1 , consumo de melão, apresentava sempre o coeficiente com sinal negativo, implicando em produtividade marginal negativa. Isto dá uma indicação de que quanto a utilização deste recurso o processo produtivo se encontra no terceiro estágio de produção, para os níveis usados nos experimentos.

No trabalho do qual foram gerados os dados experimentais usados neste estudo, SANCHEZ (10) fez uma revisão de literatura abordando diversos estudos em que o melão era utilizado na alimentação de suínos. Um sumário de alguns dos estudos citados é mostrado a seguir.

Henke, em (10), conduzindo experimentos referentes à fase de crescimento-engorda, usando o melão como substituto parcial da cevada, concluiu que o primeiro produz resultados satisfatórios até um limite máximo de 20% na ração.

Clawson, em (10), afirmou que o nível de 10% de melão em rações que continham milho desintegrado com sabugo não aumenta os ga-

nhos de peso de suínos.

Moncada e Maner, em (10), recomendaram, como níveis mais eficientes de utilização do melão, 15% para a fase de crescimento e 22,5% para a fase de acabamento. Estes níveis não causaram transtornos digestivos. Este estudo foi confirmado por Jimenes e Maher sob condições climáticas diversas.

Villet et alii determinaram o nível de 20% de melão na ração como a dosagem máxima para proporcionar ganhos satisfatórios em suínos até 34 kg de peso (aproximadamente a fase de crescimento).

Branco et alii, em (10), usaram os níveis de 0, 15, 30 e 45% de melão em rações para a fase de acabamento e observaram um decréscimo linear no ganho de peso. Níveis de 0, 7,5, 15 e 22,5% durante o período de crescimento não se mostraram significativamente diferentes em seus efeitos sobre os ganhos de peso. Quando se adotaram estes mesmos níveis, seguidos de dosagens duplas (15, 30 e 45%) na fase de acabamento, verificou-se decréscimo linear nos ganhos de peso. A conclusão deles é que os suínos podem usar eficientemente cerca de 20 e 30% de melão na ração, durante as fases de crescimento e engorda, respectivamente.

Observa-se em todos estes trabalhos a preocupação dos autores em determinar limites máximos admissíveis de melão para os períodos de crescimento e acabamento dos porcos. Este cuidado provém de que o melão, em virtude de seu alto teor de potássio, provoca efeitos diarréicos nos suínos quando ingerido em doses elevadas. Esses transtornos digestivos podem causar perda de peso, diminuindo, assim, a eficiência biológica da ração.

Nos experimentos conduzidos por SANCHEZ (10), foram usados até 30% de melão na fase de crescimento e até 60% na fase de acabamento. Estes níveis são, portanto, muito superiores aos recomendados para os dois períodos de desenvolvimento dos suínos, conforme mostram os estudos citados. Isto é uma indicação de que o melão foi ministrado em quantidades excessivas, o que levou este alimento ao es-

tádio de produtividade marginal negativa.

O resultado obtido por SANCHEZ para a fase de crescimento é mostrado na Figura 2.

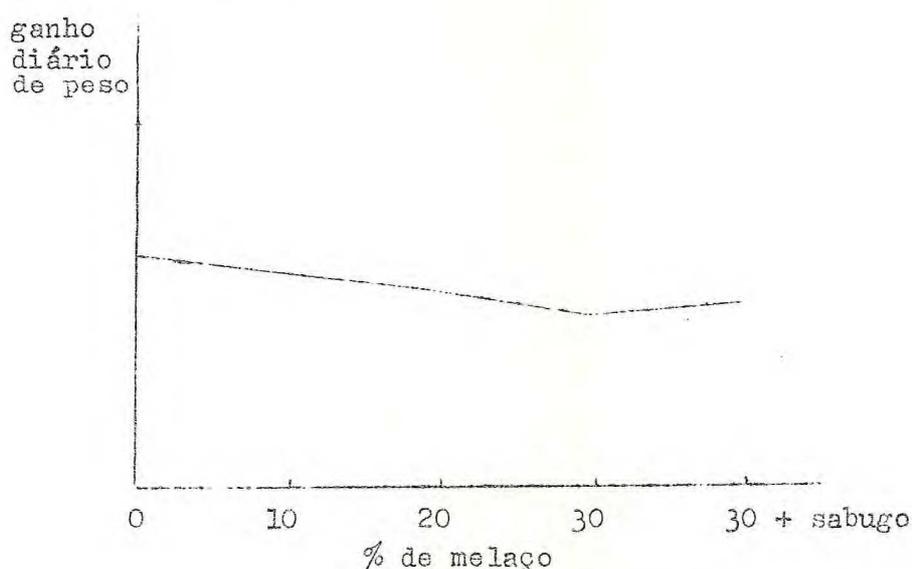


FIGURA 2 - Efeito do nível de melação no ganho diário de peso, durante a fase de crescimento.

A análise de variância não demonstrou significância estatística entre os diferentes ganhos de peso associados às rações com diferentes níveis de melação. No entanto, nota-se uma tendência decrescente na Figura 2. O ligeiro acréscimo no final pode ser atribuído à ração com 30% de melação e 10% de sabugo de milho moído. O sabugo entra absorvendo um pouco o melação, diminuindo seus efeitos laxativos e melhorando, deste modo, o ganho de peso.

Na fase de acabamento foi observado que o ganho de peso dos porcos subia até o nível de 30% de melação na ração e depois decrescia, conforme mostra a Figura 3.

A análise de variância mostrou diferenças significantes entre as rações, com respeito a seus efeitos sobre ganho de peso.

Este resultado é consistente com trabalhos como os citados anteriormente.

Isto é uma indicação de que o consumo de melação neste experi

mento atingiu um nível, como X_1 (ver Figura 3) em que sua produtividade de marginal é negativa.

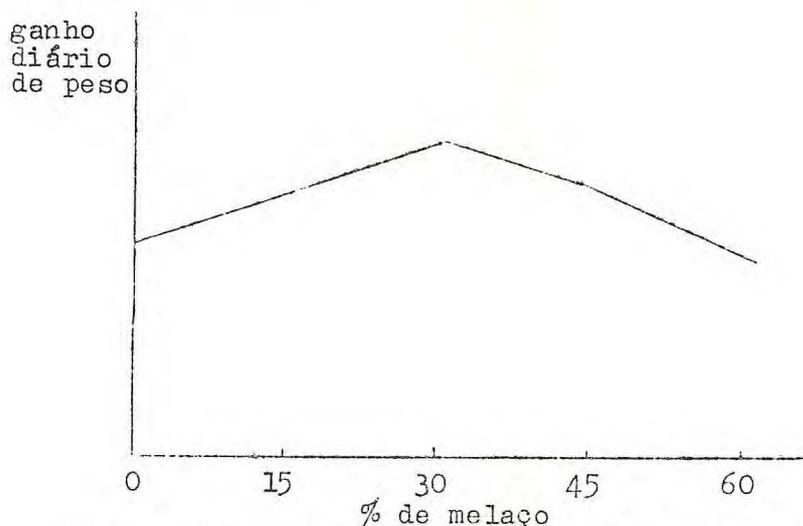


FIGURA 3 - Efeito do nível de melação sobre o ganho diário de peso, fase de acabamento.

Deve-se notar que provavelmente a função potencial não seria apropriada para descrever o comportamento do melação, pois ela não permite rendimentos marginais positivos e negativos numa só equação. Uma função do tipo quadrática, permitindo os dois tipos de retornos e um máximo definido, seria mais aceitável para descrever as relações entre o produto e esse insumo. No entanto, as equações quadráticas ajustadas considerando todos os três recursos, não apresentaram resultados satisfatórios, como já foi salientado anteriormente.

Deste modo, conclui-se que o melação, nestes experimentos, foi utilizado em níveis excessivos, que o conduziram ao estágio de produtividade marginal negativa. Fizeram-se, então, ajustamentos de funções potenciais aos dados experimentais, de cada fase, sem considerar os tratamentos com maiores dosagens de melação. A finalidade era conseguir uma equação em que o melação representasse um coeficiente positivo de elasticidade de produção. Os resultados estão mostrados nos Quadros 3 e 4.

Pode-se observar, portanto, que em todos os modelos obtidos, a variável X_1 , consumo de melação, voltou a apresentar coeficiente

QUADRO 3 - Resultados Estatísticos para as Equações Potenciais, Fase de Crescimento, sem Considerar os Tratamentos com Maiores Dosagens de Melaço (a)

Modelo (b)	I	II
Variável		
X_1 (consumo de melaço)	-0,040629 (-0,414280)	-0,041347*** (-2,73107)
X_2 (consumo de fubá de milho)	0,857412*** 2,68627	0,587439*** (11,9222)
X_3 (consumo de farelo de soja)	0,041244 (0,129657)	0,063127 (1,28554)
Constante	0,7785	4,065
R^2	0,946986	0,941731

(a) Os números entre parênteses são os valores de T.

(b) A variável dependente no modelo I se refere a ganho de peso, e no modelo II se refere a peso total.

- * significante a 10%
- ** significante a 5%
- *** significante a 1%
- **** significante a 0,1%

Observação: Significância inferior a 10% é considerada não relevante.

QUADRO 4 - Resultados Estatísticos para as Equações Potenciais, Fase de Acabamento, sem Considerar os Tratamentos com Maiores Dosagens de Melaço (a)

Variável	Modelo (b)	
	I	II
X_1 (consumo de melaço)	-0,023900** (-2,19597)	-0,007457 (-0,703625)
X_2 (consumo de milho)	0,346105**** (5,02198)	0,159744** (2,38038)
X_3 (consumo de farelo de soja)	0,586500**** (7,87362)	0,228736**** (3,15353)
Constante	1,518	19,12
R^2	0,986965	0,933178

(a) Os números entre parênteses são os valores de T.

(b) A variável dependente no modelo I se refere a ganho de peso, e no modelo II se refere a peso total.

* significante a 10%

** significante a 5%

*** significante a 1%

**** significante a 0,1%

Observação: Significância inferior a 10% é considerada não relevante.

com sinal negativo.

3.2. Análise econômica

Os resultados estatísticos discutidos na seção anterior apresentaram a variável X_1 , consumo de melão, com elasticidade de produção negativa. Isto implica que este fator, para os níveis usados nos experimentos, atingiu o terceiro estágio (irracional) de produção.

Sua produtividade marginal é negativa. Deste modo, a determinação de rações ótimas não pode ser feita com este alimento. Nos experimentos observava-se uma variação simultânea na proporção dos três elementos de um tratamento para o outro. Não ocorriam combinações diferentes de dois dos fatores, permanecendo o outro numa percentagem fixa da ração. Assim, a determinação de rações ótimas para apenas X_2 , fubá de milho, e X_3 , farelo de soja, fica prejudicada.

Decidiu-se, portanto, em função dos resultados, não se fazer a análise econômica, utilizando-se os instrumentos básicos derivados da função de produção.

Em lugar da análise marginal usando os conceitos da teoria da produção, fez-se uma análise tabular visando verificar qual a ração, em cada fase, que apresentou o melhor desempenho econômico. O Quadro 5 mostra o custo por kg de ganho de peso para cada ração. Verifica-se que, com o preço de Cr\$ 4,00 por kg de peso vivo de suínos, todas as rações são lucrativas. Na fase de crescimento, a ração de menor custo por unidade de ganho de peso foi a que continha 20% de melão; seu custo por ganho foi, no entanto, praticamente igual ao da ração com 0% de melão. Para a fase de acabamento, o tratamento 1 (ração com 0% de melão) apresentou o menor custo por unidade de ganho de peso.

Em ambas as fases, os tratamentos 4 e 5, com maiores percentagens de melão mostraram os piores resultados. Aliás, estas rações, notadamente na fase de acabamento, foram as piores nos experi-

mentos, do ponto-de-vista biológico.

Observa-se, assim, que o aumento do melaço em substituição ao milho, mesmo nas dosagens inferiores, não implica em melhores resultados econômicos. Uma das razões para isso é o incremento do farelo de soja - o recurso mais caro - quando se eleva o nível de melaço na ração.

QUADRO 5 - Custo da Ração, em Cr\$, por Kg de Ganho de Peso, Fases de Crescimento e Acabamento

Tratamento (a)	1	2	3	4	5
Fase					
Crescimento	1,80	1,97	1,78	2,04	2,18
Acabamento	2,35	2,61	2,60	2,69	3,11

(a) Os números de 1 a 5 correspondem às rações com 0, 10, 20, 30 e 30% (mais sabugo) do melaço, na fase de crescimento, e às rações com 0, 15, 30, 45 e 60% de melaço, na fase de acabamento.

O melaço é um recurso abundante e barato, sendo um subproduto da usina açucareira. Assim, o preço deste fator está bastante ligado a fatores como custos de transporte da usina à fazenda; deste modo, seu preço é variável dentro de uma região. É de interesse, portanto, verificar como variam os resultados econômicos das rações, quando ocorrem alterações nos preços do melaço. Os Quadros 6 e 7 apresentam os custos de ração por ganho de peso para dois outros níveis de preço do melaço, quando este fator custa Cr\$ 0,20/kg ou quando não custa nada (preço nulo). Os tratamentos 4 e 5 (com maiores dosagens de melaço) não foram considerados, em virtude de não serem recomendáveis, do ponto-de-vista biológico.

Na fase de crescimento, a ração com 20% de melaço continuou mostrando os melhores resultados.

Na fase de acabamento, a ração com 0% de melaço continua a



presentando o melhor resultado quando o preço desse fator é Cr\$ 0,20. Com preço nulo, no entanto, a ração com 30% (tratamento 3) apresentou o menor custo por unidade de ganho de peso.

QUADRO 6 - Custo da Ração, em Cr\$, por kg de Ganho de Peso, Fases de Crescimento e Acabamento, sem considerar os Tratamentos com Maiores Dosagens de Melaço, e com o Preço do Melaço a Cr\$ 0,20/kg

Tratamento (a)	1	2	3
Fase			
Crescimento	1,80	1,95	1,73
Acabamento	2,35	2,55	2,45

(a) Os números de 1 a 3 correspondem às rações com 0, 10 e 20% de melaço, na fase de crescimento, e às rações com 0, 15 e 30% de melaço, na fase de acabamento.

QUADRO 7 - Custo da Ração, em Cr\$, por kg de Ganho de Peso, Fases de Crescimento e Acabamento, sem considerar os Tratamentos com Maiores Dosagens de Melaço, e com Este Fator com Preço Nulo

Tratamento (a)	1	2	3
Fase			
Crescimento	1,80	1,89	1,63
Acabamento	2,35	2,43	2,25

(a) Os números de 1 a 3 correspondem às rações com 0, 10 e 20% de melaço, na fase de crescimento, e às rações com 0, 15 e 30% de melaço, na fase de acabamento.

4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Neste capítulo serão mostradas, simultaneamente, as conclusões e sugestões julgadas de maior importância neste estudo.

a) As variáveis mudas não se mostraram estatisticamente significantes na equação com ganho de peso como variável dependente.

b) Na equação com peso total em função dos componentes da ração, por sua vez, as variáveis e suas interações com as demais variáveis foram significantes. A única exceção foi $S_1 X_1$. Isto implica em duas equações diferentes, uma para cada período de desenvolvimento dos animais.

c) Em todos os modelos obtidos, o coeficiente de elasticidade de produção para a variável X_1 , consumo de melaço, foi negativo. Isto implica em que os níveis deste fator usados nos experimentos conduziram ao terceiro estágio de produção, o estágio de produtividade física marginal negativa. Assim o melaço não foi considerado na análise econômica.

As doses de melaço foram bastante superiores às comumente recomendadas como limites máximos para as fases de crescimento e acabamento de suínos, a fim de evitar os efeitos diarréicos prejudiciais deste elemento, em virtude do seu alto teor de potássio. Alguns estudos demonstram que altas doses de melaço provocam quedas significantes no ganho de peso. É o que parece ter ocorrido nos experimentos que geraram os dados para esta análise econômica.

d) As variáveis X_2 , consumo de fubá de milho, e X_3 , consumo de farelo de soja, apresentaram níveis positivos e significantes em todos os modelos. Verificaram-se rendimentos decrescentes para cada fator isoladamente e para os dois combinados em proporção fixa.

e) Realizaram-se ajustamentos sem considerar os tratamentos com maiores dosagens de melaço, visando obter um coeficiente positivo para este alimento. No entanto, os resultados foram semelhantes àqueles obtidos quando se usou toda a amplitude dos dados experimentais.

f) Tendo em vista os resultados estatísticos obtidos, optou-se pela não realização da análise econômica, utilizando-se os instrumentos básicos derivados da função de produção. Esta ficou prejudicada pela impossibilidade da solução ótima incluir o melaço.

g) Fez-se uma análise tabular, a fim de se verificar qual o tratamento (ração), em cada fase, dadas as relações de preço observados, que apresentou melhores resultados econômicos. A ração com 20% de melaço (tratamento 3) na fase de crescimento, e a ração com 0% de melaço (tratamento 1) na fase de acabamento, apresentaram os menores custos por kg de ganho de peso.

h) Verificaram-se, para possíveis alterações no preço do melaço na região, as modificações resultantes na relação custo/kg de ganho de peso para todas as rações. Na fase de crescimento, o tratamento 3 continua sendo o mais rentável. Na fase de acabamento, o tratamento 1 continua sendo o mais lucrativo quando o preço do melaço cai a Cr\$ 0,20/kg. Quando o preço do melaço é zero, no entanto, a ração com 30% de melaço (tratamento 3) passa a apresentar o menor custo por unidade de ganho de peso.

Nesta análise, não foram consideradas as rações com maiores dosagens de melaço (tratamentos 3 e 4 de cada fase) por não serem recomendáveis, do ponto-de-vista biológico.

1) Em todos os tratamentos, o custo da ração por kg de ganho de peso foi menor que o preço do kg de peso vivo de suínos.

j) A conclusão final é que a tecnologia usada nos experimentos é economicamente viável dadas as atuais relações de preço fator-produto na região de Viçosa. No entanto, a determinação de rações ótimas se tornou inviável, em virtude da impossibilidade de incluir o melaço na solução ótima.

1) Em virtude dos resultados estatísticos conseguidos, que não permitiram a análise econômica através da função de produção, recomenda-se que um novo delineamento experimental seja realizado para determinar a relação entre ganho de peso - ou peso total - de suínos e o consumo de melaço, fubá de milho e farelo de soja. Deverá ser um trabalho de cooperação entre zootecnistas e economistas da produção, a fim de permitir um ajustamento apropriado de uma função de produção, e a consequente determinação de condições economicamente ótimas de utilização desses alimentos.

5. RESUMO

Através da experimentação agrônômica, são determinadas as relações entre produto e fatores de produção. O conhecimento dessas relações físicas é de grande relevância quando se deseja fazer análise econômica, a fim de melhor orientar as decisões dos produtores. Este trabalho foi uma tentativa de analisar, do ponto-de-vista econômico, experimentos de alimentação de suínos.

A alimentação é o fator de maior relevância na composição do custo de produção em suinocultura. A determinação da eficiência econômica no uso de rações é, assim, importante para produtores, consumidores, extensionistas e fábricas de ração.

As rações usadas nos experimentos continham diferentes proporções de melaço, fubá de milho (alimentos energéticos) e farelo de soja (fonte protéica). Havia pequenas quantidades de vitaminas, antibióticos e minerais de reduzido custo. O melaço entrava como substituto parcial do milho como fonte de carboidratos, visando o barateamento da ração. O melaço é abundante e barato enquanto o milho é relativamente caro.

Os objetivos principais do trabalho consistiam em determinar rações economicamente ótimas para cada fase de desenvolvimento do animal (crescimento e acabamento), isto é, as quantidades de melaço, fubá de milho e farelo de soja que proporcionassem o máximo retorno para o produtor, bem como verificar a sensibilidade das soluções óti

mas às variações de preço. Deste modo, o nível economicamente ótimo de substituição do melaço por milho seria determinado. Tentou-se verificar se o processo produtivo poderia ser descrito com uma só função, através do uso de variáveis simuladas. Isto foi feito porque, em cada fase, o rebanho e os tratamentos eram diferentes.

O modelo econômico usado foi a função de produção com três insumos variáveis. A escolha da função a utilizar foi realizada tendo em vista que ela descrevesse os fenômenos biológicos envolvidos no processo de produção, tais como: produtividade marginal decrescente para cada fator, taxa marginal decrescente de substituição entre os fatores em cada isoquanta e mudança na proporção de combinação dos fatores para cada nova isoquanta atingida. A variável dependente era ganho de peso ou peso total, e as variáveis independentes, os consumos de cada fator.

Optou-se por funções potenciais (Cobb-Douglas) e quadráticas, e ajustamentos foram feitos usando-se os estimadores de mínimos quadrados.

As equações quadráticas mostraram vários problemas, como elevada multicolinearidade, não esperados e ausência de significância estatística. Para as equações potenciais, no modelo com ganho de peso como variável dependente, as variáveis mudas não foram significantes. No modelo com peso total como variável dependente, as variáveis mudas e suas interações com as demais variáveis apresentaram significância estatística, implicando em uma função de resposta para cada fase.

Em todos os modelos obtidos, a variável consumo de melaço apresentou elasticidade de produção negativa, implicando que a análise econômica não poderia ser feita considerando-se este fator.

Fez-se, então, um comentário sobre o comportamento do melaço. Verificou-se que o melaço, nos experimentos que forneceram os dados para a análise econômica, foi usado em níveis superiores aos comumente recomendados na literatura zootécnica. Nesses mesmos experi-

mentos, os tratamentos com maiores dosagens de melaço foram considerados biologicamente inferiores. Isto poderia ter levado esse alimento no terceiro estágio de produção. Ajustou-se, então, funções potenciais aos dados experimentais, sem considerar as rações com maiores proporções de melaço. Este recurso, no entanto, voltou a apresentar elasticidade de produção negativa.

Tendo em vista os resultados estatísticos obtidos, optou-se pela não realização da análise econômica, utilizando-se os instrumentos básicos derivados da função de produção. Esta ficou prejudicada pela impossibilidade da solução ótima incluir o melaço.

Fez-se uma análise tabular, a fim de se verificar qual o tratamento (ração), em cada fase, dadas as relações de preço observadas, que apresentou melhores resultados econômicos. A ração com 20% de melaço (tratamento 3) na fase de crescimento, e a ração com 0% de melaço (tratamento 1) na fase de acabamento, apresentaram os menores custos por kg de ganho de peso. Verificou-se, para possíveis alterações no preço do melaço na região, as modificações resultantes na relação custo/kg de ganho de peso para todas as rações. Na fase de crescimento, o tratamento 3 continua sendo o mais rentável. Na fase de acabamento, o tratamento 1 continua sendo o mais lucrativo quando o preço do melaço cai a Cr\$ 0,20/kg. Quando o preço do melaço é zero, no entanto, a ração com 30% de melaço (tratamento 3) passa a apresentar o menor custo por unidade de ganho de peso. Nesta análise, não foram consideradas as rações com maiores dosagens de melaço (tratamentos 3 e 4 de cada fase) por não serem recomendáveis, do ponto-de-vista biológico.

Em todos os tratamentos, o custo da ração por kg de ganho de peso foi menor que o preço do kg de peso vivo de suínos.

A tecnologia usada nos experimentos é economicamente viável dadas as atuais relações de preço fator-produto na região de Viçosa. No entanto, a determinação de rações ótimas se tornou inviável, em virtude da impossibilidade de incluir o melaço na solução ótima.

6. LITERATURA CITADA

1. CAMPOS, A.C. Análise agroecônômica da cultura do torneiro, envolvendo variedades, adubação e população de plantas. Viçosa, Imprensa Universitária da U.F.V., 1971. 79 p. (Tese de M.S.).
2. FERGUSON, C.E. Microeconomic theory. Revised edition. Homewood, Richard D. Irwin, 1969. 521 p.
3. GOLDBERGER, A.S. Econometric theory. New York, John Wiley & Sons, 1964. 399 p.
4. HEADY, E. O. Economics of agricultural production and resource use. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1960. 850 p.
5. HEADY, E. O. & DILLON, J.L. Agricultural production functions. Ames, Iowa State University Press, 1969. 677 p.
6. JOHNSTON, J. Econometric methods. New York, Mcbraw Hill, 1963. 300 p.
7. KEHRBERG, E. Curso de economia da produção. Viçosa, Departamento de Economia Rural da U.F.V., 1964. 134 p. (mimeografado).
8. MARSCHAK, J. & ANDREWS JR., W.H. Random simultaneous equations and the theory of production. Econometrica. Amsterdam, 12:143-205. 1944.
9. MENDES, M.O. Situação Atual da Suinocultura Brasileira. In: Universidade Federal de Viçosa, Curso de Suinocultura. Imprensa Universitária, 1966. p. 1-4.
10. SANCHEZ, T.E.P. Uso do melão como substituto parcial do milho em rações de crescimento-engorda de suínos. Viçosa, Imprensa Universitária da U.F.V., 1971. 45 p. (Tese de M.S.).
11. SCHUH, G.E. Curso de economia da produção. Viçosa, Departamento de Economia Rural da U.F.V., 1963. 217 p. (mimeografado).
12. . Curso de Econometria. Viçosa, Departamento de Economia Rural da U.F.V., 1964. 183 p. (mimeografado).

13. SILVA, P.R. Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura do feijoeiro, através da função de produção - Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa, Imprensa Universitária da U.R.E.M.G., 1967. 61 p. (Tese de M.S.).
14. SUITS, D.B. Use of dummy variables in regression. Journal of the American Statistical Association. Menasha, 52 (280): 548 - 551. 1957.
15. TOMEK, W.G. Using zero-one variables with time series data in regression equations. Journal of Farm Economics, Menasha, 45 (4):814-822. 1963.

APÉNDICE

APÊNDICE A

Matriz dos Dados Experimentais Utilizados no Ajustamento das Equações

Fase	Obs.	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3
	1	6,50	16,50	0,00	10,33	2,05
	2	5,50	14,00	0,00	09,68	1,92
	3	2,85	9,65	0,00	05,22	1,03
	4	4,20	13,70	1,07	7,52	1,88
	5	4,25	12,85	0,97	6,82	1,71
	6	3,45	10,35	0,74	5,24	1,31
	7	4,70	14,30	2,25	6,62	2,13
	8	4,35	12,85	2,00	5,89	1,90
	9	3,15	9,85	1,74	5,15	1,66
	10	5,30	15,00	3,60	5,72	2,45
	11	4,75	13,10	3,21	5,11	2,19
	12	4,05	11,05	2,77	4,41	1,89
CRESCIMENTO	13	6,80	16,70	4,72	5,67	3,47
	14	5,25	13,65	3,52	4,23	2,59
	15	4,65	11,55	3,15	3,78	2,31
	16	14,50	24,50	0,00	27,14	5,40
	17	11,15	19,65	0,00	22,29	4,40
	18	07,35	14,15	0,00	13,87	2,75
	19	11,05	20,55	2,65	18,58	4,66
	20	10,90	19,50	2,93	20,58	5,16
	21	9,25	16,15	2,15	15,07	3,78
	22	12,86	22,46	5,25	15,46	4,98
	23	11,20	19,70	5,30	15,60	5,03
	24	9,55	16,25	5,35	15,75	5,08
	25	11,30	21,00	8,85	14,07	6,03
	26	9,70	18,05	8,02	12,76	5,47

Continuação do Apêndice A

Fase	Obs.	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3
	27	10,25	17,25	7,65	12,16	5,21
	28	14,10	24,00	12,37	14,85	9,10
	29	11,10	19,50	9,00	10,80	6,62
	30	10,45	17,35	8,77	10,52	6,45
	31	24,50	34,50	0,00	48,16	09,56 ×
	32	22,50	31,00	0,00	42,22	08,38 ×
	33	14,70	21,50	0,00	27,80	05,52 ×
	34	20,50	30,00	5,13	35,93	9,01
	35	20,15	28,75	5,44	38,19	9,58
	36	18,85	25,75	4,40	30,85	7,74
	37	23,60	33,20	9,50	27,97	9,02
	38	20,25	28,75	10,35	30,48	9,83
	39	17,30	24,00	9,60	28,27	9,12
	40	18,55	28,25	15,6	24,80	10,63
CRESCIMENTO	41	14,15	22,50	12,52	19,91	8,53
	42	19,50	26,50	14,40	22,89	9,81
	43	25,35	35,25	23,02	27,63	16,93
	44	19,75	28,15	16,80	20,16	12,36
	45	17,60	24,50	15,90	19,08	11,69
	46	34,25	44,25	0,00	71,55	14,21 ×
	47	37,15	45,65	0,00	62,56	12,42 ×
	48	22,03	28,83	0,00	44,07	08,75 ×
	49	30,60	40,10	8,32	58,37	14,64
	50	32,95	41,55	8,69	60,98	15,30
	51	28,30	35,20	7,22	50,66	12,70
	52	37,40	47,00	15,00	44,17	14,25
	53	28,50	37,00	15,60	45,94	14,82

Continuação do Apêndice A

Fase	Obs.	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3
CRESCIMENTO	54	25,90	32,60	15,10	44,47	14,34
	55	27,95	37,65	24,75	39,35	16,87
	56	23,65	32,00	20,40	32,43	13,90
	57	26,95	33,95	23,02	36,61	15,69
	58	33,75	43,65	35,92	43,11	26,42
	59	26,70	35,10	25,80	30,96	18,98
	60	27,70	34,60	26,25	31,50	19,31
ACABAMENTO	1	10,25	52,75	1,00	27,91	3,66
	2	11,00	46,85	1,00	28,99	3,80
	3	9,75	39,60	1,00	24,88	3,26
	4	13,00	55,60	6,93	32,25	6,22
	5	11,80	47,40	6,15	28,59	5,51
	6	8,90	38,90	4,23	19,70	3,80
	7	12,30	54,80	13,12	23,14	6,84
	8	11,23	46,85	12,30	21,69	6,41
	9	10,05	40,20	8,92	15,73	4,65
	10	13,80	56,30	22,50	17,81	8,91
	11	9,95	45,60	18,00	14,24	7,13
	12	10,45	40,65	17,32	13,71	6,86
	13	12,15	54,65	28,50	8,66	9,52
	14	9,65	45,25	25,50	7,74	8,52
	15	8,75	38,45	21,00	6,38	7,01
	16	22,55	65,05	0,00	064,48	08,45
	17	21,20	57,05	0,00	062,31	08,71
	18	20,00	49,85	0,00	053,87	07,05
	19	27,85	70,45	14,62	67,99	13,12

Continuação do Apêndice A

Fase	Obs.	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3
	20	28,50	64,10	13,46	62,59	12,08
	21	20,40	50,40	9,67	44,98	8,60
	22	26,50	69,00	29,62	52,23	15,45
	23	26,88	62,50	27,30	48,14	14,24
	24	22,15	52,30	22,05	38,88	11,50
	25	23,35	65,85	46,91	37,13	18,58
	26	24,80	60,45	39,93	31,61	15,82
	27	22,80	53,00	36,56	28,94	14,48
	28	22,50	64,75	63,75	19,37	21,30
	29	21,50	57,10	34,00	16,40	18,04
	30	18,35	48,05	47,25	14,35	15,79
	31	36,30	78,80	0,00	104,07	13,64
ACABAMENTO	32	32,55	68,40	0,00	101,91	13,36
	33	34,85	64,70	0,00	93,47	12,25
	34	41,15	83,75	23,06	107,32	20,69
	35	38,90	74,50	21,15	98,33	18,97
	36	34,25	64,25	16,05	74,62	14,40
	37	42,85	85,36	48,00	84,64	25,04
	38	37,93	73,55	44,55	78,55	23,24
	39	36,35	66,50	38,92	68,63	20,30
	40	35,55	78,05	72,78	57,61	28,84
	41	33,65	69,30	62,43	49,42	24,74
	42	35,95	66,15	60,75	48,08	24,07
	43	34,50	77,00	93,72	28,47	31,31
	44	34,85	70,45	88,50	26,89	29,57
	45	31,40	61,10	78,75	33,92	26,31
	46	47,15	89,65	0,00	137,61	18,04 X

Continuação do Apêndice A

Fase	Obs.	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3
	47	47,40	83,25	0,00	141,94	18,61 x
	48	49,90	79,75	0,00	138,91	18,21 x
	49	46,33	88,93	28,06	130,56	25,17
	50	52,05	87,65	31,52	137,56	26,55
	51	47,80	77,60	23,65	109,96	21,22
	52	49,20	91,70	60,28	117,12	34,65
	53	49,78	85,40	61,05	107,65	31,84
	54	50,75	80,90	54,30	95,75	28,32
	55	46,25	88,75	92,81	73,46	36,77
	56	46,35	82,00	87,18	69,01	34,54
	57	48,10	78,30	83,02	65,72	32,89
ACABAMENTO	58	39,60	82,10	127,02	38,58	42,43
	59	46,93	82,53	124,36	37,78	41,55
	60	40,20	69,90	111,75	33,95	37,34
	61	51,75	87,60	0,00	166,11	21,78 x
	62	58,41	88,26	0,00	178,08	23,34 x
	63	53,40	89,00	35,39	155,55	30,02
	64	59,35	89,15	29,47	137,04	26,45
	65	54,84	90,46	68,89	121,47	35,93
	66	60,91	91,06	66,60	117,44	34,73
	67	53,15	88,80	104,02	82,34	41,21
	68	58,26	88,46	108,89	86,20	43,14
	69	42,90	85,40	157,62	47,88	52,65
	70	53,20	88,80	153,46	46,62	51,27
	71	51,40	81,10	148,50	45,12	49,62

Onde: Y_1 = ganho de peso, acumulado, em kg; Y_2 = peso total, em kg;
 X_1 = consumo de melaço, acumulado, em kg; X_2 = consumo de fubá de milho, acumulado, em kg; X_3 = consumo de farelo de soja, acumulado, em kg.

APÊNDICE B

Matrizes de Correlação Simples das Equações Ajustadas - Modelo I

	$\log Y_1$	$\log X_1$	$\log X_2$	$\log X_3$	$\log S_2$	$S_1 \log X_1$	$S_1 \log X_2$	$S_1 \log X_3$
$\log Y_1$	1,000000	0,445552	0,962961	0,972292	0,821924	0,565619	0,836741	0,836777
$\log X_1$		1,000000	0,258343	0,604141	0,398293	0,841012	0,346803	0,474994
$\log X_2$			1,000000	0,885778	0,793274	0,429840	0,831968	0,788047
$\log X_3$				1,000000	0,806009		0,801659	0,841320
$\log S_2$					1,000000	0,667485	0,989151	0,986273
$S_1 \log X_1$						1,000000	0,614771	0,737534
$S_1 \log X_2$							1,000000	0,978154
$S_1 \log X_3$								1,000000

Continuação do Apêndice B - Modelo II

	$\log Y_2$	$\log \bar{X}_1$	$\log X_2$	$\log X_3$	$\log S_2$	$S_1 \log \bar{X}_1$	$S_1 \log \bar{X}_2$	$S_1 \log X_3$
$\log Y_2$	1,000000	0,543214	0,953346	0,964640	0,843203	0,596484	0,563446	0,867633
$\log \bar{X}_1$		1,000000	0,258343	0,604141	0,395293	0,841012	0,346803	0,474994
$\log \bar{X}_2$			1,000000	0,885778	0,793274	0,429840	0,831968	0,788047
$\log X_3$				1,000000	0,806009	0,672720	0,801659	0,841320
$\log S_2$					1,000000	0,667485	0,939151	0,986273
$S_1 \log \bar{X}_1$						1,000000	0,614771	0,737534
$S_1 \log \bar{X}_2$							1,000000	0,978154
$S_1 \log X_3$								1,000000

