

Um estudo econométrico da pecuária de corte no Brasil *

João Luiz Mascolo **

1. Introdução; 2. O ciclo da pecuária de corte no Brasil; 3. Os modelos dinâmicos; 4. Resultados empíricos; 5. Conclusões.

Resumo

Adotando uma abordagem dinâmica ao comportamento do pecuarista de corte, este estudo procura avaliar empiricamente o efeito das expectativas sobre suas decisões. Foi construída uma função-lucro, a qual o pecuarista procuraria maximizar ao longo de toda sua vida produtiva, sendo utilizada programação dinâmica para a obtenção da solução ótima.

Foi desenvolvido, inicialmente, o que se chamou de modelo completo, em que as decisões do pecuarista, a respeito dos estoques de bois gordos, matrizes e novilhas, são levadas em conta. No entanto, devido à inexistência de dados referentes a novilhas, sua utilização para fins empíricos fica prejudicada. Para contornar o problema, são feitas hipóteses simplificadoras de modo a se considerarem apenas as decisões com respeito aos estoques de bois gordos e de matrizes, dando origem ao que se denominou modelo restrito. Mesmo para a estimação deste segundo modelo, os dados oficiais disponíveis não foram suficientes, tendo sido necessário gerar as séries requeridas.

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios. Ao mesmo tempo em que evidenciam o papel das expectativas sobre o processo decisório dos pecuaristas, o que é de suma importância para a compreensão do comportamento cíclico do setor, representam um teste positivo para a simulação do rebanho bovino nacional.

1. Introdução

Um estudo econométrico tem, basicamente, uma das seguintes finalidades: testar empiricamente uma nova proposição teórica ou, no caso de uma teoria de aceitabilidade já comprovada, quantificar relações entre variáveis, cujo sentido da variação é determinado pela teoria, com o objetivo de, por exemplo, permitir a implementação de medidas de política econômica com um maior grau de certeza quanto à magnitude dos resultados. O presente artigo se enquadra no segundo caso. Mediante uma abordagem dinâmica ao comportamento do pecuarista de corte, admitindo que este maximiza os lucros ao longo de sua vida produtiva, procura-se avaliar empiricamente o efeito das expectativas, entre outras variáveis, sobre seu processo decisório.

* Este artigo é um resumo da tese de mesmo título, apresentada à Escola de Pós-Graduação em Economia (EPGE) da Fundação Getúlio Vargas, em setembro de 1978, para obtenção do grau de Doutor em Economia. O autor deseja expressar seus agradecimentos ao Comitê de Tese formado pelos Prof. Paulo Rabello de Castro, Presidente; José L. Carvalho, Marc Nerlove e Roberto Fendt Jr.

** Economista do Grupo de Informação Agrícola (GIA) do IBRE/FGV.

Tentativas têm sido feitas no sentido de explicar empiricamente relações econômicas de caráter dinâmico. Como Nerlove (1971) adverte, no entanto, em muitos casos, fenômenos dinâmicos têm sido abordados por meio de teorias estáticas, sendo o caráter dinâmico introduzido por estruturas de defasagens *ad hoc* geradas por modelos de ajustamento e expectativas estáticas.

Em trabalho realizado sobre a pecuária de corte dos EUA, Carvalho (1972) desenvolveu, mediante técnicas usadas na teoria da decisão e seguindo a abordagem metodológica sugerida por Arrow, Karlin e Scarf (1958), um modelo dinâmico com o objetivo de explicar decisões ao longo do tempo sobre produção e investimento no setor, utilizando a programação dinâmica para a obtenção da solução ótima. Os resultados obtidos neste estudo vieram comprovar a eficácia e a viabilidade de se explicarem relações econômicas de caráter dinâmico por modelos realmente dinâmicos em sua estrutura.

Tomando a validade desta abordagem como um dado, procedimento semelhante foi adotado para o caso brasileiro, levando-se em conta as características da exploração da pecuária de corte no País. Foram construídos dois modelos a nível de produtor individual, com base na hipótese de que este maximiza seus lucros ao longo do tempo. Supondo que não há diferenças de comportamento entre os pecuaristas, o estudo pode ser estendido ao nível do setor da pecuária de corte como um todo.

Qualquer trabalho empírico sobre pecuária no Brasil esbarra, no entanto, na carência de dados estatísticos para o setor. Deste modo, foi necessário, a partir dos poucos dados oficiais disponíveis e fazendo uso de trabalhos anteriores, gerar as séries necessárias às estimações. A implicação imediata deste fato é que, como a teoria já se mostrou eficaz anteriormente, a estimação do modelo pode ser entendida ainda como um teste para as séries geradas.

2. O ciclo da pecuária de corte no Brasil

A pecuária de corte nacional vem experimentando, pelo menos ao longo do período em que as estatísticas disponíveis permitem, um acompanhamento, um fenômeno cíclico de importância crucial, podendo ser considerado como o aspecto mais relevante do setor por suas implicações sobre o complexo pecuário como um todo, bem como sobre os setores dele dependentes.

Baseado numa série de preços reais do boi gordo recebida por pecuaristas de São Paulo, o Grupo de Informação Agrícola (GIA) do Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getulio Vargas (FGV) (1977) dividiu estes dados em quatro ciclos, sendo três deles completos, em forma de tabela e gráfico, os quais serão reproduzidos a seguir.

Como bem de capital, o preço de uma matriz depende do valor esperado para seu produto, ou seja, o boi gordo. Assim, se, ao observar a tendência declinante do preço do boi gordo, o pecuarista projeta esta tendência para o futuro, o valor presente das matrizes cai, não havendo estímulo à sua manutenção. Um maior número de animais é então vendido para abate, aumentando a oferta e reforçando a tendência do ciclo. Convém lembrar, no entanto, que o abate de vacas e bezerros em um período é substituído de um abate futuro de bois. Desta forma, um período de queda nos preços do boi gordo, caracterizado por uma elevada matança de matrizes e animais jovens, provocará dentro de algum tempo uma

Tabela 1

Médias anuais do preço real do boi gordo recebido por pecuaristas de São Paulo (em Cr\$/arroba, equivalentes a março de 1977)¹

1.º Ciclo ²	Cr\$/@	2.º Ciclo	Cr\$/@	3.º Ciclo	Cr\$/@	4.º Ciclo	Cr\$/@
		1958	99,6			1970	150,4
		1959	109,5			1971	171,1
		1960	152,5			1972	184,7
1954	114,2	1961	162,0	1965	132,4	1973	241,2
1955	126,1 ^a	1962	163,1 ^a	1966	183,4 ^a	1974	251,4 ^a
1956	116,9	1963	148,4	1967	149,5	1975	211,7
1957	98,9 ^b	1964	130,4 ^b	1968	133,2	1976	185,2
				1969	122,6 ^b	1977	179,7 ^b
Média 54-57	114,0	Média 58-64	137,9	Média 65-69	144,2	Média 70-77	196,9

Fonte: IEA/SEC — Ag. São Paulo.

Elaboração: GIA.

^a Limite de alta do ciclo.

^b Limite de baixa do ciclo.

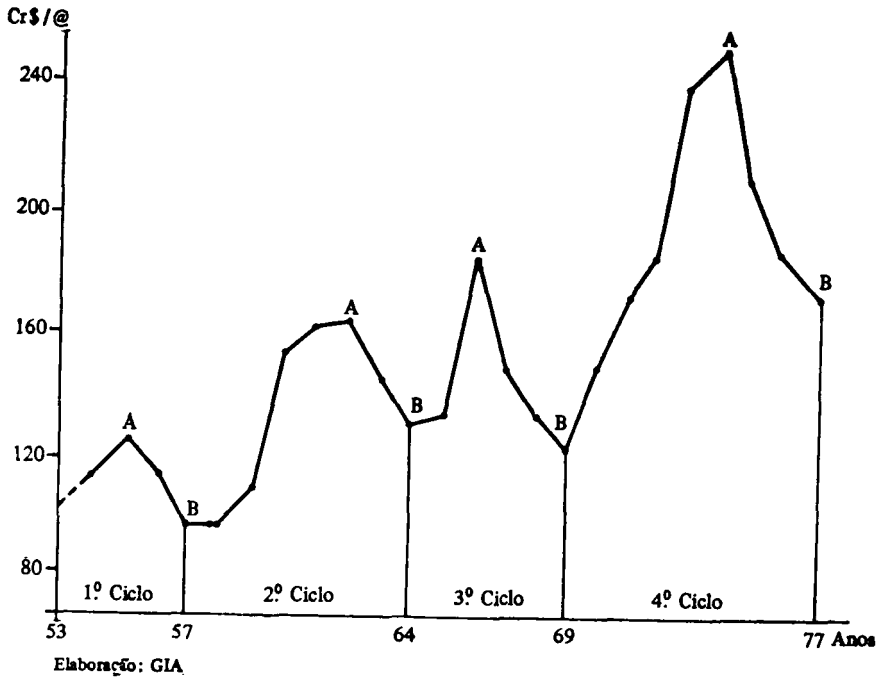
¹ Ajustado pela média anual do I.G.P. (col. 2) *Conjuntura Econômica*.

² Ciclo incompleto por falta de dados anteriores a 1954.

Obs.: A média do período janeiro-maio de 1978 foi de Cr\$ 200,8/@.

Figura 1

Médias anuais do preço real, do boi gordo, conforme dados da Tabela 1



escassez de bois gordos que, por sua vez, irá reverter a tendência declinante do ciclo.

A medida que os preços começam então a subir e os pecuaristas extrapolam este aumento para o futuro, passa a haver uma maior retenção de matrizes e crias reduzindo a oferta e elevando ainda mais os preços. Por outro lado, esta maior retenção é complementar a uma maior oferta futura de bois gordos, a qual levará a uma queda no preço dos mesmos, dando início a uma nova fase descendente.

As amplitudes horizontais ou duração dos ciclos, bem como as amplitudes verticais, que são as distâncias entre os limites de alta e de baixa, variam de um ciclo para outro. Variáveis econômicas e fatores climáticos e zootécnicos são responsáveis pelas diferentes amplitudes dos ciclos. Efeitos aleatórios à parte, a duração esperada para cada ciclo é de sete anos, ou seja, o período decorrente do nascimento de uma fêmea até seu primeiro parto, quatro anos, mais o tempo necessário para que sua primeira cria ganhe condições de abate, três anos. Este período ex-

cessivamente longo, poderia ser reduzido por meio de um programa de incentivo a uma maior precocidade do rebanho, amenizando assim os problemas dos pecuaristas nas fases de queda do preço e dos consumidores nas fases ascendentes.

Outras evidências do ciclo são apresentadas a seguir, ainda com base no trabalho do GIA. A tabela 2 mostra que no período 1970-74 o novilhão, que é o macho ainda sem condições ideais de abate, está valori-

Tabela 2

Preço relativo novilhão/boi gordo em Minas Gerais, 1968-abril 1977

Ano	Preço relativo novilhão/boi gordo
1968	1,01
1969	0,98
1970	1,01
1971	1,10
1972	1,04
1973	1,07
1974	1,15
1975	1,06
1976	0,98
Jan. 1977	0,79
Fev. 1977	0,77
Mar. 1977	0,83
Abr. 1977	0,89

Fonte: EPAMIG — Citado pela Fundação João Pinheiro.

Elaboração: GIA. Dados extraídos das tabelas I e II-A de *Agroanalysis*, GIA-IBRE-FGV, 1 (10): 17-18, maio 1977

zado em relação ao boi gordo. Este período coincide com a fase ascendente do quarto ciclo. Se os pecuaristas projetam esta tendência para o futuro, é natural que um ágio igual ao valor presente da diferença entre o preço esperado e o preço atual do boi gordo seja cobrado pelo novilhão. A partir de 1975, já então na fase descendente do ciclo, quando as expectativas são de que os preços futuros do boi gordo serão menores, o novilhão sofre um deságio em relação ao animal pronto para o abate.

Os dados da tabela 3 dão outra indicação do ciclo. Nas fases descendentes dos ciclos, quando o valor presente das matrizes diminui, a relação percentual entre abates de vacas e de bois é bastante elevada, caindo substancialmente por ocasião da reversão do ciclo, quando os preços esperados para suas crias voltam a se elevar.

Um aspecto que merece destaque é a influência das oscilações cíclicas do preço da carne bovina sobre a demanda por seus substitutos, principalmente aves e suínos. No período 1970-4, por exemplo, a taxa de crescimento médio anual do abate de aves foi de 35%. Este fato, por sua vez, afeta a demanda por rações, isto é, milho e farelo de soja, criando-lhes um mercado interno promissor, o que é de grande importância, uma vez que o primeiro vem sendo exportado à custa de pesados subsídios e o segundo depende basicamente da demanda externa.

Tabela 3

Relação percentual entre abates de vacas e de bois, sob controle do Sindicato da Indústria do Frio de São Paulo, 1967-1.º semestre de 1977

Ano	$\frac{\text{Abates de vacas}}{\text{Abates de bois}} (\%)$
1967	9,58
1968	9,50
1969	12,66
1970	13,42
1971	6,26
1972	3,98
1973	4,35
1974	4,97
1975	10,59
1976	29,94
1.º semestre 1977	35,03

Fonte: Sindicato da Indústria do Frio do Estado de São Paulo.

Elaboração: GIA.

No período 1970-3, estimulados pelos preços crescentes e por um mercado externo promissor, os pecuaristas buscaram mediante empréstimos, obter os recursos necessários aos investimentos em sua então lucrativa atividade, no que foram prontamente atendidos pelo governo, que procurava, por sua vez, controlar o aumento no preço da carne. Estes empréstimos, no entanto, tiveram um efeito pró-cíclico pois, uma vez aumentada a liquidez dos pecuaristas, houve um maior estímulo à retenção e, conseqüentemente, à alta dos preços. Na fase descendente do ciclo nenhuma medida importante foi tomada a respeito e, em 1977 foi criado o Programa Nacional de Desenvolvimento da Pecuária (Propec), o qual

foi reativado em 1978, início da fase ascendente de um novo ciclo, com aplicações previstas para o período da ordem de Cr\$ 4,5 bilhões. Neste sentido, deve ficar claro o caráter pró-cíclico do Propec, cuja época mais adequada de criação teria sido a fase descendente do quarto ciclo, o que vai exigir um grande cuidado em suas aplicações, sob pena de se reforçar a previsível escassez de carne durante os próximos dois ou três anos.

3. Os modelos dinâmicos

3.1 As fases da exploração da pecuária de corte no Brasil

Com o intuito de dar uma idéia geral do problema, foi elaborado o diagrama de fluxo (figura 2) com base no qual serão expostos os aspectos principais.

O fluxo começa no estoque reprodutor ou de capital, o qual compreende as vacas, os touros e novilhas com mais de três anos de idade. Por novilha entende-se a fêmea que ainda não teve sua primeira cria. Não haverá preocupação maior com os touros, os quais serão considerados uma proporção fixa do número de fêmeas em idade de fecundação. De acordo com os Censos Agrícolas de 1950 e 1960 e com o Censo Agropecuário de 1970, esta relação, no Brasil, manteve-se estável por volta de 5% no período 1949-70. Assim, chamando de A_{0n} os animais nascidos em n e de K_n o estoque de capital no início do período n tem-se:

$$A_{0n} = K_n \quad (3.1.1.)$$

onde

$$\lambda < 1$$

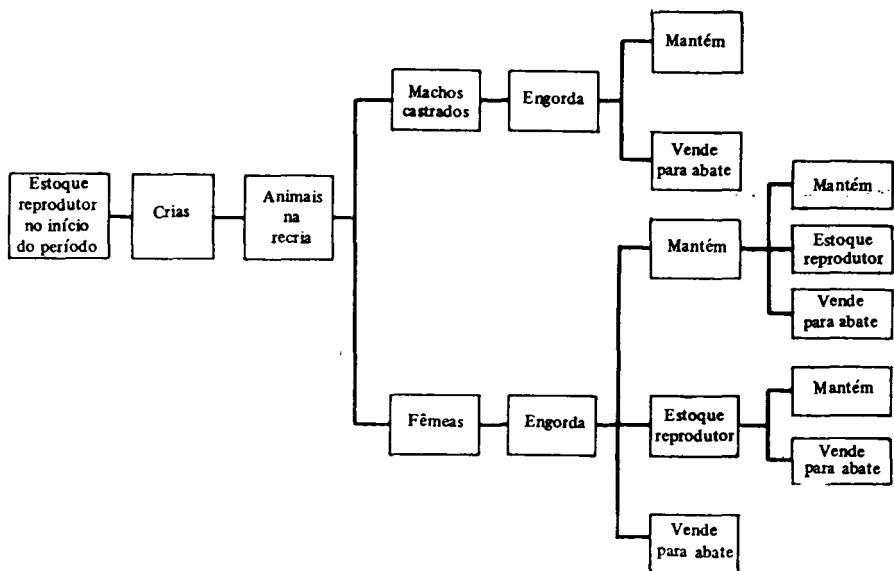
Desta forma, a decisão do pecuarista restringe-se ao número de fêmeas a manter no estoque reprodutor.

Fatores como a mortalidade e a incerteza quanto ao número de animais a produzir, causada por modificações nas condições de mercado, justificariam a manutenção por parte do pecuarista de um número de fêmeas superior ao número desejado de crias. A fase de cria estende-se até cerca de um ano de idade. É a fase em que os animais são vacinados, marcados e os machos não destinados à reprodução são castrados.

A seguir vem a fase da recria. É uma fase que não exige muitos cuidados do criador devido ao sistema extensivo de criação predominante no País. No período das chuvas, quando os pastos tornam-se melhores, os animais apresentam um certo crescimento e ganho de peso mas, como no

Figura 2

Diagrama de Fluxo



resto do ano, de uma maneira geral, não é feita uma complementação alimentar, o gado perde parte do peso obtido e apresenta uma descontinuidade no crescimento, com sérias conseqüências sobre a eficiência reprodutiva e a idade mínima de abate.

Esta fase estende-se até aos dois anos de idade, após a qual os novilhos castrados são encaminhados à engorda, que é a fase de preparação destes animais para o abate. Será feita a hipótese de que esta terceira fase tenha também a duração de um ano, embora, na realidade, ela não chegue a durar tanto. O objetivo desta hipótese é simplificar o tratamento analítico, pois assim o animal estaria numa fase específica a cada ano no período compreendido entre seu nascimento e os três anos de idade. Quando estes animais atingem tal ponto, abrem-se ao pecuarista duas alternativas: vendê-los no período para abate como bois gordos ou mantê-los no estoque de engorda para venda futura.

Quanto às fêmeas, finda a fase de recria, são incorporadas ao estoque de engorda onde permanecerão por mais um período até completarem três anos de idade, quando o pecuarista terá três opções: vendê-las para abate no período, incorporá-las ao estoque de capital ou mantê-las no estoque de engorda. Aquelas incorporadas ao estoque de capital terão então sua primeira cria por volta dos quatro anos de idade. As variações no estoque de capital são, pois, as novilhas incorporadas (investimento bruto) e as matrizes vendidas para abate, que serão consideradas como depreciação do estoque.

Há duas hipóteses implícitas no que foi exposto acima. A primeira é a de que, como o criador não vende animais com menos de três anos, os vitelos abatidos são oriundos dos rebanhos leiteiros e mistos. A segunda é a de que não há transações entre criadores, uma vez que no agregado as mesmas se cancelam, nem importação de animais. Cada pecuarista é responsável pela produção de seu rebanho, bem como pela manutenção do mesmo até a venda.

3.2 O modelo completo

Conforme já mencionado, a unidade de tempo adotada é o ano civil e estes serão contados em ordem crescente a partir do último período de permanência do pecuarista em atividade.

De acordo com a descrição feita no item anterior, num determinado período de tempo n o pecuarista possui basicamente três categorias de animais em termos de faixa etária. Em primeiro lugar as crias, que são os animais com menos de um ano de idade e que serão representados por A_{0n} . Supondo que os nascimentos ocorram no princípio de cada ano, esta categoria incluirá apenas os animais nascidos no próprio período. Embora, por hipótese, estes animais não possam ser vendidos, eles possuem um valor associado ao preço esperado para eles três períodos à frente, descontado para n . Estes valores serão representados por v_{0n} para os machos e t_{0n} para as fêmeas.

Em segundo lugar estão os animais na fase de recria, que são aqueles entre um e dois anos de idade em n , A_{1n} . Como está sendo feita a hipótese de que os vitelos abatidos originam-se dos rebanhos leiteiros e mistos e, fazendo as hipóteses adicionais de que a taxa de mortalidade é a mesma para machos e fêmeas de mesma idade e, que a relação entre machos e fêmeas nascidos num determinado período é igual a um, pode-se dizer que a razão entre machos e fêmeas com idade entre um e dois anos num

dado período n também é igual a um. Os animais da fase de recria também, por hipótese, não podem ser vendidos, mas possuem valores associados aos preços esperados para eles quando tiverem condições de entrar no mercado. Estes valores serão representados por v_{1n} para os machos e t_{1n} para as fêmeas.

A terceira categoria consiste dos machos e fêmeas entre dois e três anos de idade, A_{2n} . Pelos motivos já expostos, a razão entre estes animais é também igual a um e os valores a eles atribuíveis serão representados por v_{2n} e t_{2n} , respectivamente.

Para efeito de decisão por parte do pecuarista, há também três categorias de animais: o estoque de capital em n , K_n , e os estoques de machos e fêmeas na engorda no período, os quais serão representados por M_n e F_n . As decisões do pecuarista no período n são, então: o número de vacas que ele irá retirar do estoque de capital, D_n , e vender para abate pelo preço de mercado q_n ; o número de bois que irá vender, B_n , pelo preço de mercado, p_n , para o mesmo fim; o número de novilhas do estoque F_n que ele venderá para abate, C_n , pelo preço c_n e o número de novilhas que ele irá incorporar ao estoque de capital, ou seja, o investimento bruto no período, I_n .

Como, por hipótese, o pecuarista busca maximizar seus lucros ao longo da vida, ele tomará as decisões mencionadas procurando atingir este objetivo. Será considerado ainda que os pecuaristas são competitivos na produção e na demanda.

Com base na discussão anterior, formulemos a função-lucro que o pecuarista irá maximizar sujeito a certas restrições, supondo constantes os custos unitários:

$$\begin{aligned}
 L(D_n, B_n, C_n, I_n | K_n, M_n, F_n, A_{2n}, n) = & q_n \cdot D_n + p_n \cdot B_n + c_n \cdot C_n + \\
 & + (v_{0n} + t_{0n}) (1/2 A_{0n}) + (v_{1n} + t_{1n}) (1/2 A_{1n}) + (v_{2n} + t_{2n}) \\
 & (1/2 A_{2n}) - \frac{a}{2} (K_n - D_n + I_n)^2 - \frac{b}{2} (K_n - D_n)^2 - \frac{c}{2} \left(M_n - B_n + \right. \\
 & \left. + \frac{1}{2} A_{2n} \right)^2 - \frac{d}{2} (M_n - B_n) - \frac{e}{2} \left(F_n - I_n - C_n + \frac{1}{2} A_{2n} \right)^2 - \frac{f}{2} (F_n - \\
 & - I_n - C_n)^2 - \frac{g}{2} (A_{0n})^2 - \frac{h}{2} (A_{1n})^2 + \alpha E_n \{ L(D_{n-1}, B_{n-1}, C_{n-1}, \\
 & I_{n-1} | K_{n-1}, M_{n-1}, F_{n-1}, A_{n-1}, n-1) \}
 \end{aligned} \tag{3.2.1}$$

onde:

$L(D_n, B_n, C_n, I_n | K_n, M_n, F_n, A_{2n}, n) =$ valor presente esperado dos lucros, n períodos antes do pecuarista deixar a atividade, condicionado aos estoques K_n, M_n, F_n e A_{2n} .

$q_n \cdot D_n + p_n \cdot B_n + c_n \cdot C_n =$ receita total;¹

$(v_{0n} + t_{0n}) (1/2 A_{0n}) =$ valor presente dos animais nascidos em n ;

$(v_{1n} + t_{1n}) (1/2 A_{1n}) =$ valor presente dos animais nascidos em $n + 1$;

$(v_{2n} + t_{2n}) (1/2 A_{2n}) =$ valor presente dos animais nascidos em $n + 2$;

$\frac{a}{2} (K_n - D_n + I_n)^2 =$ custo de manutenção dos animais do estoque

de capital;

$\frac{b}{2} (K_n - D_n)^2 =$ custo pelo envelhecimento do estoque de capital;

$\frac{c}{2} \left(M_n - B_n + \frac{1}{2} A_{2n} \right)^2 =$ custo de manutenção dos machos no estoque de engorda;

$\frac{d}{2} (M_n - B_n)^2 =$ custo pelo envelhecimento do estoque de engorda

de machos;

$\frac{e}{2} \left(F_n - I_n - C_n + \frac{1}{2} A_{2n} \right)^2 =$ custo de manutenção das fêmeas no estoque de engorda;

$\frac{f}{2} (F_n - I_n - C_n)^2 =$ custo pelo envelhecimento do estoque de engorda de fêmeas;

$\frac{g}{2} (A_{0n})^2 =$ custo de manutenção dos animais nascidos em n ;

$\frac{h}{2} (A_{1n})^2 =$ custo de manutenção dos animais nascidos no período

¹ Deveria ser considerado o preço por arroba e não o preço por animal. Supondo constantes os pesos médios dos animais no período amostral, pode-se aproximar a receita total desta forma.

anterior, ou seja, $n + 1$;

α = fator de desconto de um período;

$E_n \{L(D_{n-1}, B_{n-1}, C_{n-1}, I_{n-1} \mid K_{n-1}, M_{n-1}, F_{n-1}, A_{2n-1}, n-1)\}$ =
valor esperado em n do lucro no período seguinte, $n - 1$;

E_n = operador de expectativas no período n .

Pelo fato de a função ser quadrática em seus argumentos fica assegurada a existência de um único máximo, bem como ficam automaticamente satisfeitas as condições de segunda ordem.

Deve-se observar que não foram subtraídos dos estoques que o pecuarista irá manter os animais que morrerão no período. Isto significa que está sendo feita a hipótese de que a mortalidade ocorre no fim do período e que o pecuarista, por conseguinte, incorrerá no custo de manter estes animais. Importante notar que, para o pecuarista, a mortalidade está sendo considerada como um dado, não sendo passível de decisão.

As decisões têm lugar no início do período, de modo que podemos subtrair D_n do estoque de capital e B_n e C_n dos estoques de engorda, bem como transferir a parcela I_n de F_n para K_n .

Foram considerados diferentes custos de manutenção para os animais de cria, recria e dos estoques de capital e engorda em virtude das características totalmente distintas de cada uma destas fases da exploração da pecuária de corte. Diferentes custos pelo envelhecimento foram também considerados para os estoques de capital e engorda. O principal componente desta parcela é a queda no valor de venda, *coeteris paribus*, de um animal mais velho. Ela representa também o custo adicional de se manter o animal por mais um período, pois animais mais velhos apresentam uma maior probabilidade de morte. Existe ainda um outro importante aspecto de custo referente ao estoque de capital, que esta parcela tenta captar, que é a diferente produtividade de fêmeas de idades distintas. Assim, se uma matriz de sete anos for substituída por uma novilha de três anos, embora, em termos numéricos, o estoque não seja alterado, os custos e benefícios esperados não são os mesmos, apesar de ter sido feita a hipótese de que

$$A_{0n} = \lambda K_n$$

A função deve ser maximizada levando-se em conta as seguintes restrições:

$$(3.2.2) \left\{ \begin{array}{l} K_n = (K_{n+1} - D_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^a) + I_{n+1} (1 - \gamma_{n+1}^b) \\ M_n = (M_{n+1} + B_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^b) + (1/2 A_{2n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^c) \\ F_n = (F_{n+1} - I_{n+1} - C_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^b) + (1/2 A_{2n+1}) \cdot (1 - \gamma_{n+1}^c) \\ A_{0n} = \lambda K_n \\ A_{1n} = (A_{0n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^d) = (\lambda K_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^d) \\ A_{2n} = (A_{1n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^e) \end{array} \right.$$

onde:

γ_{n+1}^a = taxa de mortalidade de matrizes no período $n + 1$;

γ_{n+1}^b = taxa de mortalidade de fêmeas entre três e quatro anos de idade no período $n + 1$ e de machos com mais de três anos no mesmo período;

γ_{n+1}^c = taxa de mortalidade de animais com idade entre dois e três anos de idade no período $n + 1$;

γ_{n+1}^d = taxa de mortalidade de animais com idade entre zero e um ano de idade no período $n + 1$;

γ_{n+1}^e = taxa de mortalidade de animais entre um e dois anos de idade no período $n + 1$.

A técnica a ser utilizada para a maximização da função-lucro será a programação dinâmica. Trata-se de um processo recursivo que consiste em se encontrar a solução ótima para cada período a partir do último, ou seja, em termos deste estudo, a partir do último período em que o pecuarista permanecer em atividade. Obtida a solução para este período, a mesma é utilizada para a obtenção da solução do período imediatamente anterior e assim sucessivamente, tantas vezes quantas forem necessárias para a determinação da solução geral, que será aquela que passar a se repetir a partir de um dado período.²

O problema da maximização foi resolvido considerando-se a hipótese de que o pecuarista conhece com certeza os preços futuros. Esta hipótese,

² Uma apresentação simples e prática desta técnica está em Howard (1966), p. 317-48.

no entanto, não prejudica a solução uma vez que as condições para a equivalência de certeza de um período são satisfeitas. O conceito de equivalência de certeza de um período foi desenvolvido por Theil (1964) e Simon (1956) e será resumido abaixo.

Seja uma função $W(x, y) = \alpha'x + b'y - \frac{1}{2}(x'Ax + y'B y + x'C y + y' C x)$ sujeita à restrição

$$Y = Rx + s$$

sendo x um vetor de instrumentos e y um vetor de variáveis não controladas. Sejam x e y reais e a, b, A, B e C formados por valores constantes. Como x e y possuem componentes estocáticos, deve-se maximizar o valor esperado de $W(x, y)$.

R é uma matriz triangular inferior e s é composta por variáveis estocáticas com uma distribuição conjunta tal que a distribuição de um subvetor de s , s_i , é independente de x_i , sendo as variâncias de s finitas.

Diz Theil com base nestas hipóteses que, se a estratégia \tilde{x} que maximiza o valor esperado de $W(x, y)$ existe e é única, tem, entre outras a seguinte propriedade:

— a decisão de \tilde{x} no primeiro período é idêntica ao subvetor de decisões que, no primeiro período, maximizam $W(x, y)$ sujeita à restrição

$$Y = Rx + s$$

quando s é substituído por seu valor esperado.

Assim, o conceito de equivalência de certeza de um período permite que se substituam variáveis aleatórias por suas médias esperadas, não havendo necessidade de serem considerados outros momentos das distribuições destas variáveis aleatórias.

A prova formal de que a solução satisfaz as condições de equivalência de certeza não será desenvolvida, uma vez que já foi feita para função semelhante.⁸

⁸ Veja Carvalho, op. cit. 57-63.

A maximização da função pela programação dinâmica, sujeita às restrições mencionadas, levou à solução geral abaixo: ⁴

$$\begin{aligned}
 (3.2.3) \quad \left\{ \begin{aligned}
 D_n &= K_n + \frac{1}{b} (q_n - c_n) \\
 I_n &= \frac{1}{b} q_n - \frac{\Delta}{b(\Delta - b)} c_n + \frac{1}{\Delta - b} \alpha E_n (q_{n-1}) + \frac{\lambda}{2(\Delta - b)} \alpha E_n \cdot \\
 &\cdot (v_{0n-1} + t_{0n-1}) + \frac{\lambda}{2(\Delta - b)} \alpha^2 E_n (v_{1n-2} + t_{1n-2}) + \\
 &+ \frac{c\lambda}{2(c+d)(\Delta - b)} \alpha^3 E_n (p_{n-3}) + \frac{e\lambda}{2(e+f)(\Delta - b)} \alpha^3 E_n (c_{n-3}) + \\
 &+ \frac{\lambda}{2(\Delta - b)} \alpha^3 E_n (v_{2n-3} + t_{2n-3}) + \frac{\lambda}{2(c+d)(\Delta - b)} \alpha^4 E_n (p_{n-4}) + \\
 &+ \frac{f\lambda}{2(e+f)(\Delta - b)} \alpha^4 E_n (c_{n-4}) \\
 C_n &= F_n + \left[\frac{1}{e+f} + \frac{\Delta}{b(\Delta - b)} \right] c_n + \frac{1}{2} \lambda \frac{e}{e+f} K_{n+2} - \frac{1}{e+f} \alpha F_n \cdot \\
 &\cdot (c_{n-1}) - \frac{1}{b} q_n - \frac{1}{\Delta - b} \alpha E_n (q_{n-1}) - \frac{\lambda}{2(\Delta - b)} \alpha E_n (v_{0n-1} + \\
 &+ t_{0n-1}) - \frac{\lambda}{2(\Delta - b)} \alpha^2 E_n (v_{1n-2} + t_{1n-2}) - \frac{c\lambda}{2(c+d)(\Delta - b)} \alpha^3 E_n \cdot \\
 &\cdot (p_{n-3}) - \frac{e\lambda}{2(e+f)(\Delta - b)} \alpha^3 E_n (c_{n-3}) - \frac{\lambda}{2(\Delta - b)} \alpha^3 E_n (v_{2n-3} + \\
 &+ t_{2n-3}) - \frac{d\lambda}{2(c+d)(\Delta - b)} \alpha^4 E_n (p_{n-4}) - \frac{f\lambda}{2(e+f)(\Delta - b)} \alpha^4 E_n (c_{n-4}) \\
 B_n &= M_n + \frac{1}{c+d} p_n + \frac{1}{2} \lambda \frac{1}{c+d} K_{n+2} - \frac{1}{c+d} \alpha E_n (p_{n-1})
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{onde: } \Delta &= a + b + g\lambda\alpha + h\lambda\alpha^2 + \frac{cd^2\lambda^2}{4(c+d)^2} + \frac{c^2\lambda^2d}{4(c+d)^2} + \\
 &+ \frac{ef^2\lambda^2}{4(e+f)^2} + \frac{e^2f\lambda^2}{4(e+f)^2}
 \end{aligned}$$

As equações da solução geral (3.2.3) podem ser estimadas separadamente aplicando-se mínimos quadrados simples a cada uma delas. No

⁴ Para o desenvolvimento completo do processo de maximização veja Mascolo, cap. 3.

entanto, as decisões a que se referem as três primeiras equações não são independentes, sendo de se esperar, portanto, que haja uma certa correlação entre os resíduos destas equações. Neste caso, a eficiência dos coeficientes estimados pode ser aumentada pelo emprego de técnicas de estimação conjunta, uma vez que as variáveis independentes diferem de uma equação para outra.⁵

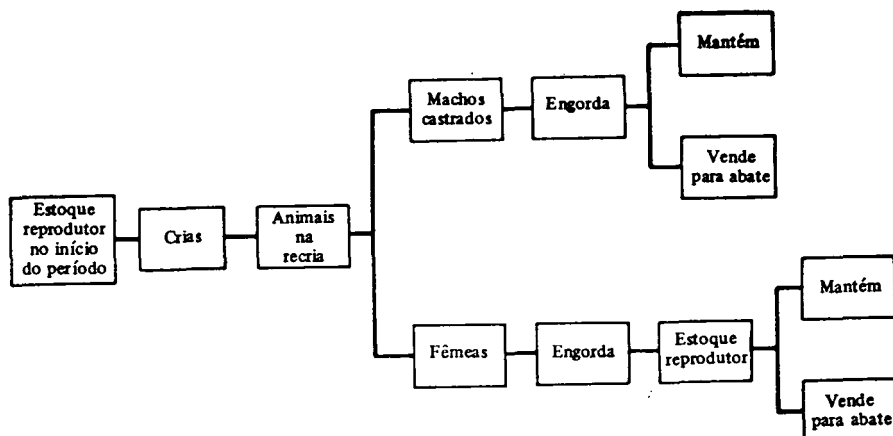
3.3 O modelo restrito

Na formulação do modelo acima admitiu-se a possibilidade do pecuarista vender para abate algumas das novilhas que completam três anos de idade, sem levar em conta as restrições legais existentes no País ao abate desta categoria de animal, com a conseqüente falta de dados estatísticos a respeito. Dispõe-se apenas de séries de abate de bois, vacas e vitelos embora muitas novilhas sejam abatidas de forma clandestina.

Desta maneira, a aplicação do modelo anterior torna-se inviável, sendo necessária a formulação de um novo modelo em que seja feita a hipótese de que todas as novilhas ao completarem três anos são incorporadas ao estoque de capital, só podendo ser vendidas para abate após terem tido sua primeira cria, já então como vacas, a partir da idade de quatro anos.

A figura 3 representa o novo fluxo do rebanho. Deve-se observar que onde antes abriam-se ao pecuarista as alternativas de uma vez a fê-

Figura 3
Diagrama de Fluxo



⁵ Ver Zellner, (1962) p. 348-68.

mea tendo completado três anos, mantê-la no estoque de engorda, incorporá-la ao estoque de capital ou vendê-la para abate, agora só lhe resta a opção de anexá-la ao estoque reprodutor. Desta forma, neste segundo modelo, as variáveis de decisão para o pecuarista são o número de bois e matrizes que ele irá vender para abate no princípio do período n , B_n e D_n , os quais ele retirará dos estoques M_n e K_n , respectivamente.

Feitas estas modificações e mantidas as demais hipóteses da seção anterior, a nova função-lucro seria:

$$\begin{aligned} L(D_n, B_n | K_n, M_n, A_{3n}, A_{2n}, n) = & q_n \cdot D_n + p_n \cdot B_n + (v_{0n} + t_{0n}) (1/2 A_{0n}) + \\ & + (v_{1n} + t_{1n}) (1/2 A_{1n}) + (v_{2n} + t_{2n}) (1/2 A_{2n}) + t_{3n} (1/2 A_{3n}) - \\ & - \frac{a}{2} (K_n - D_n + 1/2 A_{3n})^2 - \frac{b}{2} (K_n - D_n)^2 - \frac{c}{2} (M_n - B_n + 1/2 A_{2n})^2 - \\ & - \frac{d}{2} (M_n - B_n)^2 - \frac{e}{2} (A_{0n})^2 - \frac{f}{2} (A_{1n})^2 - \frac{g}{2} (1/2 A_{2n})^2 + \alpha E_n \{L(D_{n-1}, \\ & B_{n-1}, K_{n-1}, M_{n-1}, A_{3n-1}, A_{2n-1}, n-1)\} \end{aligned} \quad (3.3.1)$$

onde:

$L(D_n, B_n | K_n, M_n, A_{3n}, A_{2n}, n)$ = valor presente esperado dos lucros, n períodos antes do pecuarista deixar a atividade, condicionado aos estoques K_n , M_n , A_{3n} e A_{2n} .

$q_n \cdot D_n + p_n \cdot B_n$ = receita total;

$(v_{0n} + t_{0n}) (1/2 A_{0n})$ = valor presente dos animais nascidos em n ;

$(v_{1n} + t_{1n}) (1/2 A_{1n})$ = valor presente dos animais nascidos em $n + 1$;

$(v_{2n} + t_{2n}) (1/2 A_{2n})$ = valor presente dos animais nascidos em $n + 2$;

$t_{3n} (1/2 A_{3n})$ = valor presente das fêmeas nascidas em $n + 3$;

$\frac{a}{2} (K_n - D_n + 1/2 A_{3n})^2$ = custo de manutenção dos animais do estoque de capital.

$\frac{b}{2} (K_n - D_n)^2$ = custo pelo envelhecimento do estoque de capital;

$\frac{c}{2} (M_n - B_n + 1/2 A_{2n})^2$ = custo de manutenção dos machos na engorda;

$\frac{d}{2} (M_n - B_n)^2 =$ custo pelo envelhecimento do estoque de machos na engorda;

$\frac{e}{2} (A_{0n})^2 =$ custo de manutenção dos animais nascidos em n ;

$\frac{f}{2} (A_{1n})^2 =$ custo de manutenção dos animais nascidos no período anterior, ou seja, $n + 1$;

$\frac{g}{2} (1/2 A_{2n})^2 =$ custo de manutenção das fêmeas nascidas em $n + 2$;

$\alpha =$ fator de desconto de um período;

$E_n \{L(D_{n-1}, B_{n-1} | K_{n-1}, M_{n-1}, A_{3n-1}, A_{2n-1}, n-1)\} =$ valor esperado em n do lucro no período seguinte, $n - 1$;

$E_n =$ operador de expectativas no período n .

Deve-se observar que as fêmeas que completam três anos no período estão sendo representados por $1/2 A_{3n}$ pois, muito embora os machos de mesma idade já possam ser vendidos para abate, A_{3n} significa todos os animais que completam três anos em n , ou seja, inclui os machos nascidos em $n + 3$ e que porventura venham a ser vendidos no período.

A função deve ser maximizada levando-se em conta as seguintes restrições:

$$(3.3.2) \quad \left\{ \begin{array}{l} K_n = (K_{n+1} - D_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^a) + (1/2 A_{3n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^b) \\ M_n = (M_{n+1} - B_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^b) + (1/2 A_{2n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^c) \\ A_{0n} = \lambda K_n \\ A_{1n} = (A_{0n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^d) = (\lambda K_{n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^d) \\ A_{2n} = (A_{1n+1}) (1 - \gamma_{n+1}^e) \end{array} \right.$$

onde as taxas de mortalidade têm os mesmos significados da seção anterior.

No seu último período em atividade, $n = 0$, o pecuarista irá se desfazer de todos os animais, logo $B_0 = M_0$ e $D_0 = K_0$. Por outro lado, o pecuarista, por hipótese, não vende machos com menos de três anos

e fêmeas com menos de quatro anos. Como não é possível prever o sexo do animal *a priori*, o último ano em que o pecuarista irá usar seu estoque de capital para fins de reprodução será em $n = 5$ de modo a ter nascimentos em $n = 4$ (A_{04}) tendo, por conseguinte, em $n = 0$, animais com, no mínimo, quatro anos de idade. Desta forma, em $n = 0$ as restrições são:

$$(3.3.3) \left\{ \begin{array}{l} K_0 = D_0 = (K_1 - D_1) (1 - \gamma_1^a) + (1/2 A_{31}) (1 - \gamma_1^b) \\ M_0 = B_0 = (M_1 - B_1) (1 - \gamma_1^b) \\ A_{00} = 0 \\ A_{10} = 0 \\ A_{20} = 0 \\ A_{30} = 0 \end{array} \right.$$

De acordo com as restrições acima, quando $n = 0$ a função-lucro irá resumir-se a:

$$L(D_0, B_0 | K_0, M_0, 0) = q_0 D_0 + p_0 B_0 = q_0 K_0 + p_0 M_0 \quad (3.3.4)$$

Como o pecuarista não irá manter animais para períodos futuros, esta é a própria receita total do período.

Para o penúltimo período, $n = 1$, tem-se:

$$(3.3.5) \left\{ \begin{array}{l} K_1 = (K_2 - D_2) (1 - \gamma_2^a) + (1/2 A_{32}) (1 - \gamma_2^b) \\ M_1 = (M_2 - B_2) (1 - \gamma_2^b) + (1/2 A_{22}) (1 - \gamma_2^c) \\ A_{01} = 0 \\ A_{11} = 0 \\ A_{21} = 0 \\ A_{31} = A_{22} (1 - \gamma_2^c) = \lambda K_4 (1 - \gamma_4^d) (1 - \gamma_3^e) (1 - \gamma_2^e) \end{array} \right.$$

Usando-se as expressões de K_0 e M_0 de (3.3.3) a função-lucro para $n = 1$ será:

$$\begin{aligned} L(D_1, B_1 | K_1, M_1, A_{31}, A_{21}, 1) &= q_1 D_1 + p_1 B_1 + t_{31} (1/2 A_{31}) - \frac{a}{2} \left(K_1 - \right. \\ &- D_1 + \frac{1}{2} A_{31} \Big)^2 - \frac{b}{2} (K_1 - D_1)^2 - \frac{c}{2} (M_1 - B_1)^2 - \frac{d}{2} (M_1 - B_1)^2 + \alpha E \\ &\{q_0 [(K_1 - D_1) (1 - \gamma_1^a) + (1/2 A_{31}) (1 - \gamma_1^b) + p_0 (M_1 - B_1) (1 - \gamma_1^b)]\} \end{aligned} \quad (3.3.6)$$

Derivando (3.3.6) parcialmente em relação a D_1 e a B_1 as decisões que o pecuarista pode tomar, tem-se:

$$\frac{\partial L(\dots | \dots, 1)}{\partial D_1} = q_1 + a (K_1 - D_1 + 1/2 A_{31}) + b (K_1 - D_1) - (1 - \gamma_1^a) \cdot$$

$$\cdot \alpha E_1(q_0)$$

$$\frac{\partial L(\dots | \dots, 1)}{\partial B_1} = p_1 + c (M_1 - B_1) + d (M_1 - B_1) - (1 - \gamma_1^b) \alpha E_1(p_0)$$

Igualando estas derivadas a zero, têm-se as condições de primeira ordem do processo de maximização:

$$(3.3.7) \quad \left\{ \begin{array}{l} (a + b) D_1 = q_1 + (a + b) K_1 + \frac{1}{2} \lambda K_4 (1 - \gamma_4^d) (1 - \gamma_3^e) \cdot \\ \cdot (1 - \gamma_2^e) - (1 - \gamma_1^a) \alpha E_1(q_0) \\ (c + d) B_1 = p_1 + (c + d) M_1 - (1 - \gamma_1^b) \alpha E_1(p_0) \end{array} \right.$$

A solução deste sistema triangular nos dá o comportamento do pecuarista no período $n = 1$. Resolvendo (3.3.7) vem:

$$(3.3.8) \quad \left\{ \begin{array}{l} D_1 = \frac{1}{a + b} q_1 + K_1 + \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_4^d) (1 - \gamma_3^e) \\ (1 - \gamma_2^e) \frac{a}{a + b} K_4 - \frac{(1 - \gamma_1^a)}{a + b} \alpha E_1(q_0) \\ B_1 = \frac{1}{c + d} p_1 + M_1 - \frac{(1 - \gamma_1^b)}{c + d} \alpha E_1(p_0) \end{array} \right.$$

As condições de segunda ordem são satisfeitas automaticamente, uma vez que a função é quadrática em seus argumentos.

Para $n = 2$ também não haverá nascimento de crias, $A_{02} = 0$, visto que $A_{11} = A_{20} = 0$. As restrições neste período são:

$$(3.3.9) \quad \left\{ \begin{array}{l} K_2 = (K_3 - D_3) (1 - \gamma_3^a) + (1/2 A_{32}) (1 - \gamma_3^b) \\ M_2 = (M_3 - B_3) (1 - \gamma_3^b) + (1/2 A_{23}) (1 - \gamma_3^e) \\ A_{02} = 0 \\ A_{12} = 0 \\ A_{22} = A_{04} (1 - \gamma_4^d) (1 - \gamma_3^e) = K_4 (1 - \gamma_4^d) (1 - \gamma_3^e) \\ A_{32} = A_{05} (1 - \gamma_3^d) (1 - \gamma_4^e) (1 - \gamma_3^e) = K_5 (1 - \gamma_5^d) (1 - \gamma_4^e) \cdot \\ \cdot (1 - \gamma_3^e) \end{array} \right.$$

Maximizando-se de acordo com a técnica descrita, é a seguinte a solução para $n = 2$:

$$(3.3.10) \left\{ \begin{array}{l} D_2 = \frac{1}{a+b} q_2 + K_2 + \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_5^d) (1 - \gamma_4^e) \\ (1 - \gamma_3^e) \frac{a}{a+b} K_5 - \frac{(1 - \gamma_2^a)}{a+b} \alpha E_2(q_1) \\ B_2 = \frac{1}{c+d} p_2 + M_2 + \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_4^d) (1 - \gamma_3^e) \frac{c}{c+d} K_4 - \\ - \frac{(1 - \gamma_2^b) \alpha}{c+d} E_2(p_1) \end{array} \right.$$

Ao serem obtidas as soluções de lucro máximo para os períodos $n = 3$ e $n = 4$, estas coincidem com a solução encontrada para $n = 2$, a menos dos subscritos. Generalizando a solução para estes três períodos, tem-se:

$$(3.3.11) \left\{ \begin{array}{l} D_i = \frac{1}{a+b} q_i + K_i + \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_{i+3}^d) (1 - \gamma_{i+2}^e) (1 - \gamma_{i+1}^e) \cdot \\ \cdot \frac{a}{a+b} K_{i+3} - \frac{(1 - \gamma_i^a)}{a+b} \alpha E_i(q_{i-1}) \\ B_i = \frac{1}{c+d} p_i + M_i + \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_{i+2}^d) (1 - \gamma_{i+1}^e) \frac{1}{c+d} K_{i+2} - \\ - \frac{(1 - \gamma_i^b)}{c+d} \alpha E_i(p_{i-1}) \end{array} \right.$$

para $i = 2, 3$ e 4 .

Esta, no entanto, não pode ser considerada a solução geral, pelo menos no que tange à equação referente à oferta de matrizes para abate. Em nenhum dos períodos mencionados a venda de vacas irá afetar os nascimentos no período seguinte, o que significa que o papel destes animais como estoque de capital não foi captado tornando-os, para efeito da solução, idênticos aos bois, daí o fato de ambas as equações apresentarem apenas uma relação entre as quantidades ofertadas, os preços atuais e um período à frente.

Levando adiante o processo de maximização, observa-se que as soluções para os períodos 5 e 6 são idênticas, a menos dos subscritos. Generalizando as soluções encontradas para estes períodos, tem-se:

$$\begin{aligned}
 D_n = & \frac{1}{\Delta} q_n + K_n + \frac{\Theta}{\Delta} \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_n^d + 3) (1 - \gamma_n^e + 2) (1 - \gamma_n^e + 1) \cdot \\
 & \cdot K_{n+3} - \frac{(1 - \gamma_n^a)}{\Delta} \alpha E_n (q_{n-1}) - \frac{(1 - \gamma_n^a)}{2 \Delta} \alpha E_n (v_{0n-1} + \\
 & + t_{0n-1}) - \frac{(1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d)}{2 \Delta} \alpha^2 E_n (v_{1n-2} + t_{1n-2}) - \\
 & - \frac{\lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e)}{2 \Delta} \alpha^3 E_n (v_{2n-3} + t_{2n-3}) - \\
 & - \frac{\lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^e)}{2 \Delta} \alpha^4 E_n (t_{3n-4}) - \\
 & - \frac{c \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e)}{2 \Delta (c + d)} \alpha^3 E_n (p_{n-3}) - \\
 & - \frac{d \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^e)}{2 \Delta (a + b)} \alpha^4 E_n (p_{n-4}) - \\
 & - \frac{a \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^e)}{2 \Delta (a + b)} \alpha^4 E_n (q_{n-4}) - \\
 & - \frac{a (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^e) (1 - \gamma_{n-4}^b)}{2 \Delta (a + b)} \cdot \\
 & \cdot \frac{(1 - \gamma_{n-4}^a)}{\alpha^5 E_n (q_{n-5})} \\
 B_n = & \frac{1}{c + d} p_n + M_n + \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_{n+2}^d) (1 - \gamma_{n+1}^e) \frac{c}{c + d} K_{n+2} - \\
 & - \frac{(1 - \gamma_n^b)}{(c + d)} \alpha E_n (p_{n-1})
 \end{aligned}
 \tag{3.3.12}$$

onde:

$$\begin{aligned}
 \Delta = & a + b + \lambda^2 (1 - \gamma_n^a)^2 \left\{ e + (1 - \gamma_{n-1}^d)^2 \left[f + \frac{cd^2}{4 (c + d)^2} (1 - \gamma_{n-2}^e)^2 + \right. \right. \\
 & + \frac{c^2 d}{4 (c + d)^2} (1 - \gamma_{n-2}^e)^2 + \frac{g}{4} (1 - \gamma_{n-2}^e)^2 + \frac{ab^2}{4 (a + b)^2} (1 - \gamma_{n-2}^e)^2 \cdot \\
 & \cdot (1 - \gamma_{n-3}^e)^2 + \left. \left. \frac{a^2 b}{4 (a + b)^2} (1 - \gamma_{n-2}^e)^2 (1 - \gamma_{n-3}^e)^2 \right] \right\} e \\
 \Theta = & (\Delta - a - b) (1 - \gamma_n^b) + a
 \end{aligned}$$

Interpretemos os resultados não em termos da oferta de bois e matrizes para abate, mas em termos da demanda do pecuarista por seus estoques de engorda e de capital, os quais passarão a ser representados por (ESTOQUE M)_n e (ESTOQUE K)_n, respectivamente. No princípio do

período n o pecuarista tem M_n , ao qual incorpora os machos que completam dois anos no período, e K_n ao qual são anexadas as fêmeas que completam três anos. Como, por hipótese, são vendidos apenas os machos com mais de três anos e as fêmeas com mais de quatro anos, os animais incorporados aos estoques de engorda e de capital em n somente poderão ser vendidos a partir do período seguinte, o que significa que os animais que serão vendidos em n serão retirados de M_n e K_n . Logo,

$$\begin{aligned}(\text{ESTOQUE } M)_n &= M_n - B_n \\(\text{ESTOQUE } K)_n &= K_n - D_n\end{aligned}$$

representam os animais que o criador irá manter.

De (3.3.12) vem:

$$\begin{aligned}(3.3.13) \quad \left\{ \begin{aligned}(\text{ESTOQUE } K)_n &= -\frac{1}{\Delta} [q_n - (1 - \gamma_n^a) \alpha E_n (q_{n-1})] - \frac{\Theta}{\Delta} - \frac{1}{2} \cdot \\&\cdot (1 - \gamma_{n+3}^d) (1 - \gamma_{n+2}^e) (1 - \gamma_{n+1}^c) K_{n+3} + \frac{\lambda (1 - \gamma_n^a)}{2 \Delta} \alpha E_n \cdot \\&\cdot (v_{0n-1} + t_{0n-1}) + \frac{\lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d)}{2 \Delta} \alpha^2 E_n (v_{1n-2} + \\&+ t_{1n-2}) + \frac{\lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e)}{2 \Delta} \alpha^3 E_n (v_{2n-3} + \\&+ t_{2n-3}) + \frac{\lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^c)}{2 \Delta} \cdot \\&\cdot \alpha^4 E_n (t_{3n-4}) + \frac{c \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e)}{2 \Delta (c + d)} \alpha^3 E_n \cdot \\&\cdot (p_{n-3}) + \frac{d \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^c)}{2 \Delta (c + d)} \cdot \\&\cdot \alpha^4 E_n (p_{n-4}) + \frac{a \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-3}^c)}{2 \Delta (a + b)} \cdot \\&\cdot \alpha^4 E_n (q_{n-4}) + \frac{a \lambda (1 - \gamma_n^a) (1 - \gamma_{n-1}^d) (1 - \gamma_{n-2}^e) (1 - \gamma_{n-4}^b)}{2 \Delta (a + b)} \cdot \\&\cdot \frac{(1 - \gamma_{n-4}^a)}{2 \Delta (a + b)} \alpha^5 E_n (q_{n-5}) \\(\text{ESTOQUE } M)_n &= -\frac{1}{c + d} p_n - \frac{(1 - \gamma_n^b)}{c + d} \alpha E_n (p_{n-1}) - \frac{1}{2} \cdot \\&\cdot \lambda (1 - \gamma_{n+2}^d) (1 - \gamma_{n+1}^e) \frac{c}{c + d} K_{n+2}\end{aligned} \right\}\end{aligned}$$

Assim, em relação à primeira equação de (3.3.13), tem-se:

a) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [q_n - (1 - \gamma_n^a) \alpha E_n(q_{n-1})]} < 0$, pois quanto maior a diferença entre o preço em n e o valor presente do preço esperado para a vaca um período à frente (ponderado pela taxa de sobrevivência de matrizes), menor será o número de vacas que o pecuarista irá manter no estoque de capital para reprodução e venda futura.

b) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial (K_{n+3})} < 0$. Deve-se observar que $\frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_{n+3}^d) \cdot (1 - \gamma_{n+2}^e) (1 - \gamma_{n+1}^c) K_{n+3} = \frac{1}{2} A_{3n}$, que é o número de novilhas que completam três anos em n , sendo, pois, incorporadas ao estoque de capital. Assim, quanto maior for este investimento bruto, menos propenso estará o pecuarista a manter as matrizes mais velhas no estoque reprodutor.

c) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [\alpha^{i+1} E_n(v_{in-i-1} + t_{in-i-1})]} > 0$ para $i = 0, 1$ e 2

e) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [\alpha^4 E_n(t_{3n-4})]} > 0$.

Quanto maior for o valor esperado, descontado para n , do animal que nascerá no período seguinte, mais vacas o pecuarista desejará manter para fins de reprodução. Deve-se observar que $E_n(v_{0n-1} + t_{0n-1})$ está associado aos preços esperados para os animais quando estes tiverem idade que permita que os mesmos sejam vendidos, ou seja, $E_n(p_{n-4})$ para os machos e $E_n(q_{n-5})$ para as fêmeas. O mesmo ocorre com $E_n(v_{1n-2} + t_{1n-2})$, $E_n(v_{2n-3} + t_{2n-3})$ e $E_n(t_{3n-4})$. Resumindo, pode-se dizer que:

$$E_n(v_{0n-1} + t_{0n-1}) = \Psi E_n[\alpha^3 p_{n-4} + \alpha^4 q_{n-5}]$$

$$E_n(v_{1n-2} + t_{1n-2}) = \Psi E_n[\alpha^2 p_{n-4} + \alpha^3 q_{n-5}]$$

$$E_n(v_{2n-3} + t_{2n-3}) = \Psi E_n[\alpha p_{n-4} + \alpha^2 q_{n-5}]$$

$$E_n(t_{3n-4}) = \Psi E_n[\alpha q_{n-5}]$$

d) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [\alpha^4 E_n(q_{n-4})]} > 0$

Quanto maior o preço de mercado das vacas em $n - 4$, mais vacas o pecuarista desejará vender naquele período. Por outro lado de b) vem que, quanto maior o número de novilhas que completam três anos

em um período, sendo portanto incorporadas ao estoque de capital, mais propenso estará o pecuarista a descartar as matrizes mais velhas neste período. Assim, se o pecuarista espera um preço alto para as vacas em $n - 4$, ele procurará ter um número razoável de novilhas de três anos naquele período para que possa se desfazer das vacas. As novilhas que completarão três anos em $n - 4$ terão nascido em $n - 1$ e podem ser representadas por

$$\frac{1}{2} \lambda K_{n-1} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{2} \lambda (K_n - D_n) (1 - \gamma_n^a) + \left(\frac{1}{2} A_{3n} \right) (1 - \gamma_n^b)$$

Assim, quanto menor for D_n , mais novilhas de três anos o pecuarista terá em $n - 4$ e, portanto, mais vacas poderão ser vendidas neste período. Existe, pois, uma substituição entre a venda de vacas em n e em $n - 4$.

e) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [\alpha^3 E_n (p_{n-3})]} > 0$

Raciocínio análogo ao anterior, sendo que aplicado à venda de bois em $n - 3$ pois, por hipótese, $\frac{1}{2} A_{2n-3}$ serão machos.

f) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [\alpha^5 E_n (q_{n-5})]} > 0$ e $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } K)_n}{\partial [\alpha^4 E_n (p_{n-4})]} > 0$

Este item foi parcialmente abordado em c). $E_n (q_{n-5})$ e $E_n (p_{n-4})$ representam os preços esperados em n para as vacas e bois, cinco e quatro períodos à frente, respectivamente. Uma vaca que não seja vendida em n , sendo portanto usada para reprodução, terá uma cria em $n - 1$, a qual, se macho, completará três anos e poderá ser vendido em $n - 4$ e, se fêmea, completará quatro anos e terá sua primeira cria em $n - 5$, quando poderá então ser descartada pelo pecuarista. Assim, quanto maior o preço esperado para as crias quando estas puderem ser vendidas, mais vacas o pecuarista irá manter no estoque de capital em n .

A equação referente a $(\text{ESTOQUE } M)_n$ é bem mais simples, uma vez que os bois não podem ser usados para fins de reprodução. Assim, tem-se:

a) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } M)_n}{\partial [p_n - (1 - \gamma_n^b) \alpha E_n (p_{n-1})]} < 0$, pois quanto maior a diferença entre o preço em n e o valor presente do preço esperado para o boi gordo um período à frente (ponderado pela taxa de sobrevivência dos bois), menor

será o número de bois que o pecuarista irá manter na engorda para venda futura.

b) $\frac{\partial (\text{ESTOQUE } M)_n}{\partial (K_{n+2})} < 0$. Tem-se que $\frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_{n+2}^d) (1 - \gamma_{n+1}^e) K_{n+2} =$
 $= \frac{1}{2} A_{2n}$ é o número de novilhos que completam dois anos em n , sendo pois incorporados ao estoque de engorda. Desta forma, quanto maior for esta variação positiva no estoque, menos propenso estará o criador a manter os bois gordos existentes.

Estas são as equações que o processo de maximização da função-lucro, pelo emprego da técnica de programação dinâmica, determinou como representativas do comportamento ótimo do pecuarista.

Não existe no Brasil um acompanhamento estatístico anual do rebanho bovino por faixa etária, mas somente do efetivo total do mesmo. Dados mais detalhados são encontrados apenas nos recenseamentos realizados a cada dez anos no período 1940-70. Por outro lado, o Censo Agropecuário de 1970 divulgou, pela primeira vez, estatísticas a nível nacional do rebanho segundo sua finalidade, ou seja, de corte, leite, corte e leite e de trabalho. Desta forma, os trabalhos empíricos sobre pecuária no País já partem desta séria restrição.

Assim, foi necessário estimar com base em trabalhos anteriores de Dias (1972) as séries empregadas na parte empírica.⁶

Devido a dificuldades para obtenção de uma série de abates de bois e matrizes a nível nacional a partir de 1971, o modelo foi aplicado à região formada pelos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para os quais as referidas séries estavam disponíveis. O período amostral considerado foi 1956-75.

Como se está trabalhando com um fenômeno dinâmico, expectativas quanto aos valores futuros de algumas variáveis relevantes para as decisões que se quer explicar aparecem no problema. No nosso caso, estas expectativas referem-se aos preços futuros de gado gordo.

Caso existisse no país um mercado futuro de gado, estes preços futuros poderiam ser usados como aproximações aos valores esperados para os mesmos.⁷ Como isto não ocorre, torna-se necessário estimar estas expectativas de alguma forma. Dentre as teorias de formação de expectati-

⁶ Para descrição detalhada do processo de estimação das séries, veja Mascolo, op. cit. cap. 4.

⁷ Ver Johnson, (1947) p. 72-86.

vas existentes,⁸ destaca-se a idéia das expectativas racionais de Muth (1961), segundo a qual todas as informações relevantes disponíveis são consideradas nas estimativas destes valores esperados.

Em seu trabalho, Carvalho⁹ mostrou que, devido às dificuldades inerentes ao uso das expectativas racionais para trabalhos empíricos, estas podem ser aproximadas com bastante precisão mediante emprego da análise de séries de tempo, e chamou as expectativas assim geradas de expectativas quase racionais.

A idéia é ajustar um modelo Arima (Autoregressive Integrated-Moving Average), de acordo com a abordagem de Box e Jenkins (1970), identificando as partes auto-regressiva e de média móvel, estimando os parâmetros do modelo e com base nestes, gerar previsões que possuam um erro quadrático médio mínimo.

O modelo empregado neste estudo foi estimado por Rabello de Castro e Fernandez (1975), com base em dados mensais do preço do boi gordo recebido por pecuaristas de São Paulo. Como não se dispõe de uma série com um número suficiente de observações sobre o preço das matrizes, apenas um modelo referente aos bois gordos foi estimado. Os resultados encontrados foram:

$$(1 - B) (1 - B)^{12} p_t = (1 + 0,175B - 0,058B^3 - 0,210B^4) \cdot (1 - 0,939B^{12}) a_t$$

4. Resultados empíricos

De acordo com a solução obtida para o modelo restrito no item 3.3, as funções de comportamento ótimo para o pecuarista são:

$$(4.0.1) \quad \begin{cases} (\text{ESTOQUE } K)_t = \beta_1 [q_t - (1 - \gamma_t^a) \alpha E_t(q_{t+1})] + \beta_2 K_{t-3} + \\ + \beta_3 \alpha^3 E_t(p_{t+3}) + \beta_4 \alpha^4 E_t(p_{t+4}) + \beta_5 \alpha^4 E_t(p_{t+4}) + \\ + \beta_6 \alpha^5 E_t(q_{t+5}) + U_1 \\ (\text{ESTOQUE } M)_t = \delta_1 [p_t - (1 - \gamma_t^b) \alpha E_t(p_{t+1})] + \delta_2 K_{t+2} + U_2 \end{cases}$$

O significado de todas as variáveis é o mesmo, mas a notação referente ao tempo foi modificada para a forma usual. Assim, o período t representa o tempo atual, $E_t(p_{t+1})$ é a expectativa existente em t com relação ao

⁸ Para uma ampla discussão, ver Carvalho, op. cit., cap. 4.

⁹ Ver Carvalho, op. cit., caps. 4, 5 e 6.

preço do boi gordo no período seguinte, K_{t-2} é o estoque de matrizes que o pecuarista possuía dois períodos atrás, e assim por diante. Os valores esperados para os machos e fêmeas ainda sem idade para abate, v e t , respectivamente, não foram considerados, uma vez que, como já foi visto, seus efeitos serão captados pelas variáveis p e q . As perturbações aleatórias U_1 e U_2 foram incluídas com o objetivo de que fossem levados em consideração erros de agregação, má especificação, omissão de variáveis e outros erros do modelo.

Para aplicar o modelo ao setor da pecuária de corte como um todo, é necessária a hipótese de que estas funções de comportamento não variam de um criador para outro, a fim de que seja possível a agregação. As idéias básicas, bem como os problemas resultantes da obtenção de relações agregadas a partir de funções individuais, são discutidos por Theil (1971).

Para efeito de agregação, as variáveis das equações de (4.0.1) podem ser subdivididas em dois grupos: aquelas que são obtidas pela soma das variáveis individuais, como os estoques e os animais vendidos para abate, e aquelas que são iguais para todos os criadores, como os preços. Chamando as variáveis do primeiro grupo de X e as do segundo de J , pode-se escrever a seguinte relação a nível individual:

$$Y_i = X_i \beta_i + J_i \theta_i + \epsilon_i, \text{ para } i = 1, 2, \dots, N \quad (4.0.2)$$

onde:

Y_i = vetor de observações da variável dependente, de ordem $n \times 1$, sendo n o número de observações;

X_i = matriz de observações das variáveis independentes do primeiro grupo, de ordem $n \times k - z$, sendo k o número total de variáveis independentes e z o número de variáveis independentes do segundo grupo;

β_i = vetor dos coeficientes das variáveis independentes do primeiro grupo, de ordem $k - z \times 1$;

J_i = matriz de observações das variáveis independentes do segundo grupo, de ordem $n \times z$;

θ_i = vetor dos coeficientes das variáveis independentes do segundo grupo, de ordem $z \times 1$;

ϵ_i = vetor das perturbações aleatórias, de ordem $n \times 1$;

N = número de indivíduos.

Procedendo-se à agregação e levando-se em conta que $J_1 = J_2 = \dots = J_N = J$, vem:

$$\sum_{i=1}^N Y_i = \sum_{i=1}^N X_i \beta_i + \sum_{i=1}^N J \theta_i + \sum_{i=1}^N \epsilon_i \quad (4.0.3)$$

Fazendo $Y = \sum_{i=1}^N Y_i$, $X = \sum_{i=1}^N X_i$ e supondo que os coeficientes não se alteram de um indivíduo para outro, tem-se:

$$Y = X\beta + N\theta J + \sum_{i=1}^N \epsilon_i \quad (4.0.4)$$

O problema de unidades resultantes do fato do coeficiente dos preços aparecer multiplicado por N , pode ser contornado pela aplicação do conceito de elasticidade. A nível individual, a elasticidade com respeito a J , obtida de (4.0.2) é,

$$\eta_i = \theta_i \cdot \frac{J}{Y_i} \quad \text{e, em termos agregados, a partir de (4.0.4.) vem:}$$

$\bar{\eta} = N\theta \cdot \frac{J}{Y}$. Estas duas expressões serão iguais se $Y = NY_i$, ou seja, se não houver diferenças de comportamento de um indivíduo para outro, o que permite interpretar $\bar{\eta}$, a elasticidade obtida com dados agregados, como válida para o pecuarista *médio*.

4.1 Estoque de bois gordos mantido pelo pecuarista

De acordo com o processo utilizado para gerar as séries empregadas na estimação do modelo restrito, estão sendo considerados no estoque de bois gordos mantido pelo pecuarista os machos que completam dois anos no período, $1/2 A_{2t}$. Como consequência, passa-se a esperar um sinal positivo para a variável K_{t-2} .

Inicialmente foi estimada a equação do estoque de bois gordos, sem se levar em conta as restrições determinadas pelo modelo aos coeficientes das variáveis preço, preço atual e preço esperado. Os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4

Estoque de bois gordos mantido pelo pecuarista sem restrição nos coeficientes. Variável dependente = (ESTOQUE M)_t

Variáveis independentes	Sinais esperados	Coeficientes estimados		
		Valor	D. padrão	t
P_t	—	1,037	1,542	0,673
P_{t+1}	+	0,682	1,36	0,501
K_{t-2}	+	0,583	0,038	15,302
$R^a = 0,92142$		$DPR^b = 138,731$ $MVD^b = 2838,65$	$DW^c = 0,24342$	$F(2,17) = 2857,629$

a = desvio-padrão da regressão

b = média da variável dependente

c = estatística Durbin-Watson

Os valores de t da tabela 4 mostram que as variáveis P_t e P_{t+1} não são estatisticamente diferentes de zero e, por outro lado, a primeira aparece com sinal contrário ao esperado. O valor da estatística Durbin-Watson revela uma alta correlação positiva entre os resíduos, sugerindo que estes estão captando o efeito de alguma variável omitida na regressão. Com o intuito de se verificar o efeito da tendência, na hipótese de que esta é linear, esta variável foi incluída (T) e a equação reestimada.¹⁰ A tabela 5 mostra os resultados.

Tabela 5

Estoque de bois gordos mantido pelo pecuarista, sem restrição nos coeficientes e com a variável de tendência.

Variável dependente = (ESTOQUE M)_t

Variáveis independentes	Sinais esperados	Coeficientes estimados		
		Valor	D. padrão	t
P_t	—	-1,074	0,545	-1,971
P_{t+1}	+	0,694	0,453	1,531
K_{t-2}	+	0,583	0,013	45,895
T	+	30,054	2,568	11,704
$R^2 = 0,99178$		$DPR = 46,045$ $MVD = 2838,65$	$DW = 1,15512$	$F(3,16) = 19322,346$

¹⁰ Este procedimento equivale a reestimar a equação após eliminar-se o efeito da tendência linear de cada variável separadamente. Veja Tintner (1952), p. 301-4.

Os resultados encontrados mostram que realmente a variável de tendência era a variável omitida, responsável pelo fraco desempenho anterior do modelo.

Todas as variáveis aparecem com o sinal esperado e a estatística F , que é usada para se testar a hipótese sobre os coeficientes como um todo, mostra que estes são diferentes de zero, a um nível de significância de 5%. A estatística Durbin-Watson revela que não há evidência contra a inexistência de correlação serial entre os resíduos. Os valores de t , usados para testar cada coeficiente individualmente, indicam que K_{t+2} e T são diferentes de zero a um nível de significância de 5%, o que não ocorre com p_t e p_{t+1} . Se usarmos, no entanto, o teste unilateral com um nível de significância de 10%, ambas mostram-se estatisticamente diferentes de zero. Neste caso, o teste unilateral se justifica, uma vez que se está querendo testar o sinal teoricamente esperado para cada coeficiente. Deve-se lembrar ainda que a variância dos coeficientes tem uma relação inversa com o número de graus de liberdade, que é de apenas 16 nesta equação.

No período 1973-4, o Brasil exportou uma grande quantidade de carne, principalmente pelo estado do Rio Grande do Sul. Numa tentativa de incorporar este efeito na análise, foi introduzida uma variável *dummy*, definida da seguinte maneira:

$$D = \begin{cases} 1 & \text{para 1973 e 1974} \\ 0 & \text{para os demais períodos} \end{cases}$$

A variável D mostrou-se estatisticamente diferente de zero a um nível de significância de 20%, aplicando-se o teste unilateral.

Os coeficientes estimados para as variáveis preço atual e preço esperado para o boi gordo um período à frente, com e sem a variável *dummy*, implicam estimativas para o fator de desconto de um período α , de 0,67 e 0,9, respectivamente. Como $\alpha = \frac{1}{1+r}$, isto significa que as taxas de retorno estimadas correspondem a 49% e 11%, quando se considera ou não a variável *dummy*.

Para se impor a restrição determinada pelo modelo, expressa na equação referente aos machos em (4.0.1), é necessário tentar identificar o fator de desconto de um período, α , no intervalo $0,5 \leq \alpha \leq 1$, que

corresponde ao intervalo $1 \geq r \geq 0$. Estas tentativas são feitas primeiramente sem se considerar a variável *dummy* e, em seguida, esta variável é incluída.

Os resultados mostram que o valor de α , que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos, quando não se considera a variável *dummy*, é 0,65, praticamente igual ao valor estimado para α sem a imposição da restrição. Quando a *dummy* é incluída, R^2 atinge seu valor máximo para $\alpha = 0,85$, $\alpha = 0,90$ e $\alpha = 0,95$. O coeficiente R^2 ajustado pelos graus de liberdade é maximizado, no entanto, para $\alpha = 0,90$, confirmando a estimativa direta feita anteriormente. Esta igualdade entre os valores de α estimados diretamente e com a restrição já era esperada, uma vez que o mesmo é perfeitamente identificado na equação referente aos machos.

Em ambas as tentativas de se identificar α no intervalo $[0,5, 1,0]$ o valor máximo de R^2 não chega a ser 1% maior que seu valor mínimo, indicando que os valores das funções de verossimilhança praticamente não se alteram à medida que α varia, o que significa que estas funções são quase horizontais, não sendo possível, portanto, identificar o fator de desconto de um período a partir da equação para o estoque de bois gordos mantidos pelo pecuarista, havendo, pois, a necessidade de se recorrer a uma outra informação.

Com base em estudo anterior elaborado por Richter (1971), Dias calculou as taxas de retorno para o processo de cria, recria e engorda no Rio Grande do Sul. Os resultados encontrados foram de cerca de 19% para o processo em que o animal ganha condições de abate aos quatro anos e meio, e cerca de 23% quando este estágio é atingido aos três anos e meio. Como já foi visto que os resultados não são muito sensíveis a pequenas variações em α , será considerada a média destas taxas, 21%, ou seja, um α igual a 0,83.

Considerando-se este valor para α , foi aplicada aos coeficientes de p_t e p_{t+1} a restrição imposta pelo modelo. Os resultados estão na tabela 6.

Com base nestes resultados, serão apresentadas na tabela 7 as elasticidades da demanda do pecuarista por seu estoque de bois gordos com respeito aos preços e ao estoque reprodutor de dois períodos passados, que são as variáveis independentes determinadas pelo modelo, com base nas regressões sem a variável *dummy*.

Tabela 6

Estoque de bois gordos mantido pelo pecuarista, com restrição nos coeficientes, incluída a variável de tendência — $\alpha = 0,83$ — variável dependente: (ESTOQUE M)_t

Variáveis independentes	Sinais esperados	Coeficientes estimados		
		Valor	D. padrão	t
<i>DIFP</i> ^a	—	—0,978	0,499	—1,958
<i>K</i> _{t-2}	+	0,577	0,006	92,988
<i>T</i>	+	29,507	2,275	12,969
<i>R</i> ² = 0,99165		<i>DPR</i> = 45,212	<i>DW</i> = 1,090	<i>F</i> (2,17) = 26945,817
		<i>MVD</i> = 2838,65		

$$^a - DIFP = p_t - (1-\gamma^b) \alpha E_t (p_t+1)$$

Tabela 7

Demanda do pecuarista por seu estoque de bois gordos: Elasticidades médias com base nas equações de regressão sem a variável dummy — 1956-75

Variáveis independentes	Elasticidades médias	
	Valor	Aproximações aos intervalos com 95% de confiança ^a
$\alpha = 0,83$		
<i>p</i> _t	—0,054	—0,111 , 0,004
<i>p</i> _{t+1}	0,045	0,093 , —0,003
<i>K</i> _{t-2}	0,899	0,879 , 0,92

^a — Estas aproximações são calculadas multiplicando-se os limites do intervalo com 95% de confiança para o coeficiente, pela razão entre as médias amostrais da variável independente considerada e da variável dependente. Para uma discussão sobre a obtenção de um intervalo exato, veja Girshick (1942) p. 233-7.

Os baixos valores encontrados para estas elasticidades parecem sugerir que erros de medida nas variáveis que tiveram que ser construídas, por não se dispor de observações para as mesmas, estão *viesando* para baixo os coeficientes estimados.

Neste aspecto, deve-se ressaltar que as séries estimadas, por falta de dados estatísticos a respeito, não levam em conta o comércio de animais vivos entre a região considerada (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e as demais regiões, problema que evidentemente não existiria caso tivesse sido possível gerar as séries a nível nacional.

4.2 Estoque de matrizes mantido pelo pecuarista

Uma vez que o número de coeficientes desta equação é elevado em relação ao número de observações disponíveis, alguma simplificação torna-se necessária a fim de que se preserve um número razoável de graus de liberdade nas estimações. Como os coeficientes β_3 , β_4 , β_5 e β_6 da equação referente às fêmeas em (4.0.1) são bastante semelhantes, conforme se observa em (3.3.13), será feita a hipótese de que $\beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta^*$, o que significa que a nova forma da equação será:

$$(\text{ESTOQUE } K)_t = \beta_1 [q_t - (1 - \gamma_t^n) \alpha E_t(q_{t+1})] + \beta_2 K_{t-3} + \beta^* [\alpha^3 E_t(p_{t+3}) + \alpha^4 E_t(p_{t+4}) + \alpha^4 E_t(q_{t+4}) + \alpha^5 E_t(q_{t+5})] + U_1 \quad (4.2.1)$$

Como o sinal esperado para β_3 , β_4 , β_5 e β_6 é positivo, esta simplificação não traz problemas quanto ao sinal esperado para o coeficiente β^* . Este novo termo pode ser considerado como o efeito-preço de longo prazo (*ELP*), uma vez que reflete os preços esperados para as crias, $E_t(p_{t+4})$ e $E_t(q_{t+5})$, bem como a necessidade de animais para a manutenção dos níveis dos estoques, cuja variação depende de $E_t(p_{t+3})$ e $E_t(q_{t+4})$.

Em virtude da inexistência de uma série de preços de matrizes com um número de observações que permita sua utilização neste estudo, a variável q será substituída pela variável p . Um outro problema é que os dados estimados referem-se às fêmeas como um todo, ao passo que o modelo foi construído para o rebanho de corte. Desta forma, estão sendo considerados também os estoques mantidos dos rebanhos leiteiros e mistos, o que significa que o preço do leite deve aparecer entre as variáveis explicativas da equação. A variável *dummy* foi mais uma vez incluída, não tendo, no entanto, se mostrado estatisticamente significativa. Deve-se observar ainda, que estão sendo incluídas no estoque mantido as fêmeas

que completam três anos no período; daí deve-se esperar um sinal positivo para o coeficiente da variável K_{t-3} , pois

$$\frac{1}{2} A_{3t} = \frac{1}{2} \lambda (1 - \gamma_{t-3}^d) (1 - \gamma_{t-2}^e) (1 - \gamma_{t-1}^e) K_{t-3}$$

A equação foi inicialmente estimada sem a inclusão do preço do leite. Devido ao pequeno número de observações, as equações desta seção serão estimadas com a restrição determinada pelo modelo aos coeficientes das variáveis q_t e q_{t+1} . A tabela 8 apresenta os resultados.

Tabela 8

Estoque de matrizes mantido pelo pecuarista, com restrição nos coeficientes, incluída a variável de tendência — $\alpha = 0,83$ — variável dependente: (ESTOQUE K)_t

Variáveis independentes	Sinais esperados	Coeficientes estimados		
		Valor	D. padrão	t
<i>DIFP</i>	—	—0,290	0,357	—0,811
<i>ELP</i>	+	0,151	0,187	0,805
K_{t-3}	+	1,037	0,017	60,051
<i>T</i>	+	14,058	3,683	3,816
$R^2 = 0,98790$		$DPR = 70,086$	$DW = 0,788$	$F(3,16) = 22805,238$
		$MVD = 4699,25$		

Embora todos os coeficientes estimados tenham o sinal teoricamente esperado, os valores de *t* para as variáveis *DIFP* e *ELP* mostraram-se baixos.

As variáveis K_{t-3} e *T*, apresentaram-se significantes a um nível de 5%, assim como os coeficientes considerados conjuntamente de acordo com os valores obtidos para *F*.

Os valores da estatística Durbin-Watson revelam a existência de correlação serial entre os resíduos, o que, no entanto é justificado pela omissão da variável preço do leite.

Em seguida, o preço real do leite (PL_t) foi incluído na equação, uma vez que estão sendo considerados também os estoques de matrizes mantidos nos rebanhos leiteiros e mistos. Deve-se, pois, esperar um sinal positivo para esta variável, na hipótese de que, quanto mais alto PL_t , maior o número de fêmeas que os pecuaristas irão manter para a produção de leite. Os resultados encontrados são apresentados na tabela 10.

Tabela 9

Estoque de matrizes mantido pelo pecuarista, com restrição nos coeficientes, incluídas as variáveis de tendência e o preço real do leite — $\alpha = 0,83$ — variável dependente: (ESTOQUE K)_t

Variáveis independentes	Sinais esperados	Coeficientes estimados		
		Valor	D. padrão	t
<i>DIFP</i>	-	-0,192	0,330	-0,583
<i>ELP</i>	+	0,213	0,163	1,228
<i>K_{t-3}</i>	+	0,881	0,078	11,339
<i>PL_t</i>	+	3,391	1,657	2,046
<i>T</i>	+	26,985	7,157	3,771
$R^2 = 0,99054$		$DPR = 63,999$ $MVD = 4699,25$	$DW = 1,111$	$F(4,15) = 21,860,234$

Mais uma vez, todas as variáveis aparecem com o sinal esperado para seus coeficientes. Não se observa a existência de correlação entre os resíduos e, considerados em conjunto, os coeficientes mostram-se significantes. Em termos individuais, no entanto, *DIFP* mostra-se estatisticamente igual a zero.

Em virtude destes resultados a equação foi reestimada eliminando-se a variável *DIFP*, ou seja, sendo o efeito-preço de curto prazo representado apenas por PL_t .

Os resultados obtidos são bastante satisfatórios. Os coeficientes estimados mostram-se estatisticamente significantes tanto individual quanto conjuntamente, todos aparecem com os sinais determinados pela teoria e o modelo explica grande parte da variância do termo dependente. Em seguida serão computadas as elasticidades da demanda do pecuarista por seu estoque de matrizes com respeito às variáveis PL_t , *ELP* e K_{t-3} , com base na equação em que *DIFP* não foi levada em consideração.

Tabela 10

Estoque de matrizes mantido pelo pecuarista, com restrição nos coeficientes, incluídas as variáveis de tendência, preço real do leite e excluída DIFP — $\alpha = 0,83$ — variável dependente: (ESTOQUE K) _t

Variáveis independentes	Sinais esperados	Coeficientes estimados		
		Valor	D. padrão	t
PL_t	+	3,530	1,605	2,199
ELP	+	0,185	0,163	1,132
K_{t-3}	+	0,877	0,076	11,573
T	+	26,833	7,003	3,832

$R^2 = 0,99033$

$DPR = 62,665$
 $MVD = 4689,25$

$DW = 1,195$

$F(3,16) = 28526,944$

Tabela 11

Demanda do pecuarista por seu estoque de matrizes: elasticidades médias com base nas equações de regressão sem a variável DIFP — 1956-75

Variáveis independentes	Elasticidades médias	
	Valor	Aproximações aos intervalos com 95% de confiança
$\alpha = 0,83$		
PL_t	0,114	0,004 . 0,224
ELP	0,015	-0,013 . 0,043
K_{t-3}	0,811	0,662 . 0,960

Mais uma vez as elasticidades mostraram-se bastante baixas denotando erros de medida nas variáveis.

5. Conclusões

De uma maneira geral os resultados da estimação do modelo corresponderam ao previsto pela teoria apesar de todos os problemas referentes aos dados necessários a esta estimação, cabendo a ressalva de

que, a julgar pelos valores encontrados para as elasticidades médias no período amostral, as estimativas dos coeficientes estão subestimadas, uma provável consequência de erros de medida nas variáveis, uma vez que foram utilizados dados estimados e não observados diretamente.

Estes resultados evidenciam a importância das expectativas sobre as decisões dos pecuaristas, as quais desempenham papel crucial no entendimento do fenômeno cíclico que vem marcando a bovinocultura de corte do País há mais de duas décadas.

As políticas governamentais para o setor, no que tange a preços, têm sido voltadas basicamente para os movimentos sazonais dos mesmos, causados por variações na oferta devido a problemas de safra e entressafra, não recebendo o movimento cíclico praticamente nenhuma ênfase. Neste aspecto deve ficar claro que o Propec, criado em 1977 e cuja reativação em 1978 coincidiu com o início da fase ascendente do ciclo que o setor atravessa atualmente, pode ter um caráter pró-cíclico na medida em que suas aplicações nos próximos dois ou três anos, aumentando a liquidez dos pecuaristas, venham a estimular a retenção dos estoques e, por conseguinte, uma alta no preço da carne e a escassez do produto no mercado.

No que se refere aos dados estimados, apesar do viés para baixo nos valores estimados para os coeficientes, os resultados representam um teste positivo para os mesmos. Infelizmente, por falta de maiores informações oficiais, não foi possível gerar uma série atualizada a nível nacional. De qualquer modo, a metodologia utilizada apresenta alguma vantagem em relação às tentativas anteriores, na medida em que não toma por base hipóteses rígidas a respeito do comportamento do pecuarista.

Abstract

Through a dynamic approach to the behavior of the cattleman in the beef sector, the main object of this paper is to evaluate empirically the role of expectations in his decision process. A profit function is constructed and it is assumed that the cattleman maximizes it for the whole period for which he is in business. The maximization is accomplished by dynamic programming techniques.

First, a complete model was developed. In it, the cattleman's decisions about the stocks of fat steers, cows and heifers are taken into account. However, due to lack of data for heifers the model cannot be tested empirically. To circumvent the problem some simplifying hypothesis are

made in order to consider only the decisions about steers and cows. Even to estimate this second model the available data are not sufficient, and so it was necessary to generate the required series.

The results were rather good. They show the importance of expectations in the cattleman's decisions process, which is very important for one to understand the cyclical behavior of the beef sector in Brazil, and are also a positive test for the simulation of the national herd.

Bibliografia

Arrow, K. J.; Karlin S. & Scarf H. *Studies in the mathematical theory of inventory and production*. Stanford, Stanford University Press, 1958.

Box, G. E. P. & Jenkins, G. M. *Time series analysis, forecasting and control*. San Francisco, Holden-Day, Inc. 1970.

Carvalho, José L. Production, investment and expectations: a study of the United States cattle industry. Tese de doutorado não-publicada apresentada à Universidade de Chicago em setembro de 1972.

Castro, Paulo R. & Fernandez R. Conjectures and evidences on the behavior of the Brazilian beef cattle market, 1956-1974. Trabalho apresentado no Latin American Workshop, Universidade de Chicago, a 30 de maio de 1975, mimeogr.

Dias, Guilherme L. S. Avaliação da política econômica para a pecuária de corte no Brasil. Tese de doutoramento apresentada à Universidade de São Paulo em 1972.

———. Notas sobre as estimativas do rebanho bovino. *Estudos Econômicos*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo, 2 (4) : 129-41.

Girshick, M. A. The application of the theory of linear hypothesis to the coefficient of elasticity of demand. *Journal of the American Statistical Association*, v. 37, p. 233-7, June 1942.

Grupo de Informação Agrícola, IBRE/FGV. Pecuária de corte: reflexões sobre o futuro. *Agroanalysis*, 1 (10) : 2-8, maio 1977.

Howard, R. A. Dynamic programming. *Management Science*. V. XII, p. 317-48, Jan. 1966.

Johnson, D. Gale. *Forward prices for agriculture*. Chicago University of Chicago Press, 1947.

Lattimore, R. & Schuh, G. E. Un modelo de política para la industria brasileña de ganado vacuno. *Cuadernos de Economía*. Chile Universidade Católica do Chile, 13 (39) : 51-75, 1976.

Mussalém, Alberto R. Um modelo simples quando o produto é idêntico ao estoque de capital: o exemplo da oferta de carne. *Estudos Econômicos*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo, 5 (3) : 91-104, 1975.

Muth, J. F. Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica*, v. 29, p. 315-35, July 1961.

Nerlove, M. Estimates of the elasticity of supply of selected agricultural commodities. *Journal of Farm Economics*. v. 38, p. 496-509, May 1956.

———. Adaptive expectations and cobweb phenomena. *Quarterly Journal of Economics*, v. 72, p. 227-40, May 1958.

———. Distributed lags and the estimation of long-run supply and demand elasticities: theoretical considerations. *Journal of Farm Economics*, v. 40, p. 301-11, May 1958.

———. *The dynamics of supply: estimation of farmers' response to price*. Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1958.

———. *On lags in economic behavior, report 7109*. Center for Mathematical Studies in Business and Economics, Universidade de Chicago, Fev. 1971.

Richter, H. V. Análise econômica do sistema produtivo e uso de nova tecnologia na exploração de gado de corte — Bagé — Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Estudos e trabalhos mimeografados n.º 12, Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas (IEPE), UFRGS, 1971.

Simon, H. A. Dynamic programming under uncertainty with a quadratic criterion function. *Econometrica*, v. 24, p. 78-81, Jan. 1956.

Theil, H. *Optimal decision rules for government and industry*. Amsterdam, Northe Holland Publishing Company, 1964.

———. *Principles of econometrics*. New York, John Wiley and Sons, 1971.

Tintner, G. *Econometrics*. New York, John Wiley and Sons, 1952.

Yver, R. E. *The investment behavior and the supply response of the cattle industry in Argentina*. Tese de doutorado não-publicada, apresentada na Universidade de Chicago, em setembro de 1971.

Zellner, A. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregation bias. *Journal of the American Statistical Association*, v. 58, p. 348-68, June 1962.