AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS
INTENSIVOS NA PECUÁRIA URUGUAIA
EM CONDIÇÕES DE RISCO: UM ESTUDO DE CASO

Nelson Ruben de Mello Balverde

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Fernando Curi Peres

Dissertação apresentada à
Escola Superior de
Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de
São Paulo, para a obtenção
do título de Mestre em
Ciências. Área de
Concentração: Economia
Aplicada.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro de 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Balverde, Nelson Ruben de Mello

Avaliação econômica de sistemas intensivos na pecuária uruguaia em condições de risco: um estudo de caso / Nelson Ruben de Mello Balverde. - - Piracicaba, 1997.

83 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

Bibliografia.

1. Condição de risco 2. Pecuária - Análise econômica - Uruguai 3. Programação linear I. Título.

CDD 338.176

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS INTENSIVOS
NA PECUÁRIA URUGUAIA EM CONDIÇÕES DE RISCO:
UM ESTUDO DE CASO

NELSON DE MELLO

Aprovada em: 22.04.1997.

Comissão julgadora:

Prof. FERNANDO CURI PERES
Prof. LUIZ CARLOS ESTRAVIZ RODRIGUEZ
Prof. JOSE ANTONIO FRIZZONE

ESALQ/USP
ESALQ/USP
ESALQ/USP

Prof. FERNANDO CURI PERES

Orientador

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fernando Curi Peres pela orientação e amizade.

Aos Professores José Vicente Caixeta Filho, Evaristo Marzabal Neves, Luiz Carlos Estraviz Rodriguez, Adriano Azevedo Filho e Jose Antonio Frizzone pelas sugestões nas instância do Exame de Qualificação e Minibanca, e ao Professor Carlos Tadeu dos Santos Dias pelas sugestões e a autorização do uso de programas da sua autoria.

Aos professores e funcionários do Departamento de Economia e Sociologia Rural.

Aos Engenheiros Agrônomos Yanil Bruno, Alfonso Llambí e Miguel Lázaro pela paciência e as valiosas informações fornecidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

SUMARIO

	página
INTRODUÇÃO.....	1
1. A PECUÁRIA DE CORTE NO URUGUAI.....	2
1.1 Caracterização do complexo de produção de carne bovina até inícios da década de 1990.....	2
1.2 Algumas tendências recentes.....	11
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Tratamento do risco.....	16
3.2 Análise de resultado econômico de sistemas pecuários.....	25
3.3 Coeficientes técnicos sobre sistemas intensivos de engorda.....	32
4. METODOLOGIA.....	35
4.1 Seleção dos modelos utilizados.....	35
4.2 A empresa analisada.....	39
4.3 Formulação do modelo determinístico.....	40
4.4 Formulação dos modelos envolvendo risco.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1 Resultados do modelo determinístico.....	51
5.2 Resultados do modelo MOTAD.....	54
5.3 Resultados do modelo Target-MOTAD.....	58
5.4 Comparação dos resultados obtidos nos modelos com consideração de risco.....	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	71

LISTA DE FIGURAS

	página
1. Carga animal na pecuária uruguaia (em unidades animais por hectare)	6
2. Produção de carne equivalente por hectare no Uruguai.....	6
3. Abate mensal de bovinos no Uruguai: percentagem de cabeças no total do ano.....	8
4. Preço de boi gordo no Uruguai (em \$ constantes por quilograma)	8
5. Relação de preços por quilograma (boi gordo / bezerro).....	9
6. Fronteira eficiente MOTAD.....	55
7. Fronteira eficiente target-MOTAD.....	55
8. Evolução das variáveis segundo nível de risco no MOTAD.....	56
9. Evolução das variáveis segundo nível de risco no Target-MOTAD.....	56

LISTA DE TABELAS

página

1. Participação percentual da pecuária bovina e ovina no Valor Bruto da Produção agropecuário no Uruguai...	3
2. Exportações de produtos da pecuária bovina e ovina no Uruguai (média 1994-1995)	3
3. Exportações de carne bovina fresca, refrigerada e congelada por país (média 1968-70 em toneladas) ...	4
4. Exportações de carne bovina fresca, refrigerada e congelada por país (média 1992-94 em toneladas) ...	4
5. Composição das exportações uruguaias de carne bovina por produto (porcentagem das toneladas)	11
6. Pesos vivos e ganhos de peso estimados das categorias animais no modelo	44
7. Estimação das Margens Brutas mais prováveis das atividades (em dólares)	45
8. Parâmetros das distribuições triangulares de freqüências adotadas para as variáveis aleatórias dos modelos	48
9. Matriz de correlações adotada para a geração de valores amostrais para as variáveis aleatórias	48
10. Parâmetros calculados e observados das distribuições de freqüências das variáveis simuladas	50
11. Matriz de correlação entre os valores simulados para as variáveis aleatórias do modelo	50
12. Resultados do modelo MOTAD	52
13. Resultados do modelo Target-MOTAD (T=54.000)	52

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS INTENSIVOS
NA PECUÁRIA URUGUAIA EM CONDIÇÕES DE RISCO:
UM ESTUDO DE CASO

Autor: NELSON DE MELLO
Orientador: Prof. FERNANDO CURI PERES

RESUMO

A presente dissertação tem por objetivo realizar uma avaliação econômica de sistemas de produção pecuária de recente desenvolvimento no Uruguai. A tais efeitos se desenvolvem dois modelos alternativos de programação linear em condições de risco: o MOTAD proposto por Hazell e o Target-MOTAD de Tauer.

Foram geradas distribuições de frequências triangulares mediante um processo de simulação Monte Carlo, com base em valores mínimos, máximos e mais prováveis, estimados pelo empresário para cada variável considerada aleatória. No processo de simulação foram consideradas as correlações entre as variáveis aleatórias.

Conclue-se que o modelo Target-MOTAD, nas condições da empresa analisada, é superior, tanto em termos de adequação as percepções de risco dos tomadores de decisões, quanto na capacidade de gerar soluções ajustadas à combinação atual de atividades na firma.

ECONOMIC EVALUATION UNDER CONDITIONS OF RISK OF
INTENSIVE LIVESTOCK SYSTEMS IN URUGUAY: A CASE STUDY

Author: NELSON DE MELLO
Adviser: FERNADO CURI PERES

SUMMARY

The economic evaluation of recent Uruguayan livestock production systems was the objective of the study. Two alternative system models to deal with the planning under risky conditions were used: Hazell's MOTAD and The Target-MOTAD developed by Tauer.

Triangular frequency distributions were generated by Monte Carlo simulation based on farmer estimations of minimum, maximum and most likely values for each random variable, and taking in consideration correlation between variables.

The Target-MOTAD model showed results that fitted better the system chosen by the decision-makers. It also captured better the farmer perception of each activity contribution to total risk faced by the firm.

INTRODUÇÃO

A presente dissertação têm por objetivo a avaliação econômica, através de um estudo de caso, de sistemas intensivos de produção pecuária em Uruguai, em condições de risco. A tais efeitos, são desenvolvidos dois modelos de programação linear alternativos, o MOTAD, proposto por Hazell (1971) e o target-MOTAD, apresentado por Tauer (1983). O documento esta dividido em 6 seções. A primeira seção faz uma descrição das características da produção de bovinos de corte no Uruguai, e das transformações recentes que estão acontecendo tanto a nível da produção primária como industrial, e das atividades de pesquisa. O objetivo desta parte consiste em definir o contexto em que se insere o problema estudado na dissertação. A seção 2 é destinada, à definição dos objetivos da pesquisa, e a justificação da importância da realização da mesma. A seção 3 apresenta a revisão bibliográfica, que foi dividida em três partes: 1) o tratamento do risco na avaliação de alternativas de produção, 2) análise do resultado econômico de sistemas pecuários, e 3) os coeficientes técnicos para a análise dos sistemas intensivos de engorda. A seção 4 especifica a metodologia desenvolvida na pesquisa, enquanto as seções 5 e 6 apresentam os resultados obtidos e as principais conclusões da pesquisa.

1. A PECUÁRIA DE CORTE NO URUGUAI

1.1. Caracterização do complexo de produção de carne bovina até inícios da década de 1990

A pecuária de corte é a principal atividade na agropecuária no Uruguai, estando presente em mais do 50 % das explorações, e ocupando mais de 80 % da superfície produtiva e de 50 % da mão-de-obra do setor. A atividade apresenta, também, uma importante participação na geração do Valor Bruto da Produção agropecuário assim como nas exportações do país (Tabelas 1 e 2). Neste último aspecto, o Uruguai tradicionalmente colocou-se entre os principais exportadores mundiais de carne bovina, embora sua participação no mercado tenha diminuído nas últimas décadas (Tabelas 3 e 4).

Apesar da importância da atividade na economia agropecuária uruguaia, a pecuária de corte tem-se caracterizado nos últimos 50 anos por uma persistente estagnação na produção, assim como pela extensividade e baixos índices de produtividade. O primeiro aspecto nota-se

Tabela 1. Participação percentual da pecuária bovina e ovina no Valor Bruto da Produção Agropecuário no Uruguai.

ano	bovinos	ovinos	lã	outros pecuária	produtos agrícolas
1983	21.6	3.2	19.2	15.8	40.2
1984	19.2	2.5	18.1	15.6	44.6
1985	19.8	4.9	20.0	15.4	40.0
1986	20.8	3.5	21.1	16.5	38.1
1987	18.5	4.6	19.5	16.0	41.3
1988	18.3	2.9	19.0	16.5	43.3
1989	14.3	3.1	20.7	16.6	45.2
1990	18.2	3.8	20.1	16.2	41.7
1991	18.3	3.9	17.7	17.5	42.6
1992	19.5	2.5	16.9	16.6	44.5
1993	21.1	2.3	17.8	17.5	41.4
1994	20.7	2.4	15.0	17.2	44.8
1995	n/d	n/d	n/d	n/d	46.2

Fonte : Banco Central del Uruguay.

Tabela 2. Exportações de produtos da pecuária bovina e ovina no Uruguai (média 1994-1995).

produto	milhares de U\$S	%
carne e miúdos bovinos	211.902	10.5
carne e miúdos ovinos	17.993	0.9
lã	236.252	11.7
couros	158.035	7.8
SUB TOTAL	624.181	31.0
total de exportações do país	2.015.048	100.0

Fonte: Banco Central del Uruguay.

nota: não inclui produtos elaborados de carne e lã.

Tabela 3. Exportações de carne bovina fresca, refrigerada e congelada por país (média 1968-1970)

país	toneladas	%	% acum.
1 Argentina	336996	18.54	18.54
2 Austrália	279972	15.40	33.93
3 Nova Zelândia	146615	8.06	42.00
4 França	131313	7.22	49.22
5 Irlanda	126416	6.95	56.17
6 URUGUAI	110944	6.10	62.28
7 Holanda	98580	5.42	67.70
8 Dinamarca	82302	4.53	72.23
9 Brasil	71706	3.94	76.17
10 Iugoslávia	68068	3.74	79.91
TOTAL	1818121	100.00	

Fonte: FAO, Trade Yearbook 1970.

Tabela 4. Exportações de carne bovina fresca, refrigerada e congelada por país (média 1992-1994)

país	toneladas	%	% acum.
1 Austrália	813973	16.94	16.94
2 França	519024	10.80	27.73
3 Alemanha	503334	10.51	38.25
4 EUA	456199	9.49	47.74
5 Irlanda	368154	7.66	55.40
6 Holanda	367217	7.64	63.04
7 Nova Zelândia	311623	6.48	69.52
8 Inglaterra	175684	3.66	73.18
9 Canadá	155802	3.24	76.42
10 Bélgica-Luxemburgo	154027	3.20	79.63
11 Dinamarca	124888	2.60	82.22
12 Itália	114545	2.38	84.61
13 Índia	99656	2.07	86.68
14 Brasil	91193	1.90	88.58
15 Argentina	89315	1.86	90.44
16 URUGUAI	69102	1.44	91.87
TOTAL	4806295	100.00	

Fonte: FAO, Trade Yearbook 1994.

na evolução de bovinos e ovinos ¹ existentes, que em termos de unidades animais equivalentes tem mostrado crescimento pouco significativo no período mencionado, assim como a produção medida em termos de carne equivalente (Figuras 1 e 2). Esta situação, que tem sido denominada "estancamento dinâmico", não parece ser resultado de um comportamento relutante às mudanças, de tipo "tradicional", já que, como resposta dos produtores às relações de preços, têm-se evidenciado variações nas relações bovino/ovino, assim como a adoção, dentro dos limites impostos pela rentabilidade e o risco, de algumas práticas inovadoras de alimentação e manejo (Astori et al., 1979; Barbato, 1981; Alonso & Pérez, 1981).

A extensividade da pecuária no Uruguai tem origem na utilização quase exclusiva do campo natural como base forrageira, num sistema de estoques estáveis em pastoreio contínuo. Salvo exceções, não são realizadas transferências de forragem nem suplementação nos períodos de baixa produção de pastagens (principalmente o inverno). Deriva-se desse sistema de produção dominante a obtenção de baixos índices de eficiência técnica na produção: entoure aos 3 anos, taxa de natalidade de 60 %, abate aos 4,5 anos de idade, taxa de desfrute de 17 % (Rovira, 1971A; Martínez et al., 1985; Rovira, 1993). Como consequência do sistema extensivo, a produção de bois gordos e o abate apresentam uma marcada sazonalidade, com um período de safra nos meses de setembro a dezembro,

¹ A produção pecuária no Uruguai é realizada em geral mediante o pastoreio associado de ovinos e bovinos, e, portanto, o desempenho global da mesma deve considerar ambas as produções.

Figura 1. Carga animal na pecuária uruguaia (em unidades animais por hectare).

Figura 2. Produção de carne equivalente por hectare no Uruguai.

assim como grandes variações nos preços do boi gordo, de sinal contrário às variações no abate (Figuras 3 e 4).

Também são observadas fortes variações nas relações de preços do boi gordo com o boi magro, que constitui o principal insumo na produção (Figura 5). Uma outra característica que tem sido destacada por diversos analistas da pecuária de corte no Uruguai é a existência do denominado ciclo da produção de gado, que se expressa em flutuações de sinal contrário do abate e dos preços do gado, de uma duração aproximada de seis anos. Este fenômeno, tem sido explicado pelos diferentes analistas, em função do comportamento dos produtores em relação ao duplo caráter, do gado de corte, ora utilizando-o como bem de consumo, ora como bem de capital (Secco e Pérez, 1975; Plouvier, 1979; García, 1989). A análise das informações recentes de preços e abate mostra uma distorção do comportamento cíclico da pecuária em relação à regularidade das flutuações observado no período de 1960 até começos dos anos 80.

O setor da indústria processadora de carnes tem apresentado, em termos gerais, baixo dinamismo tecnológico e alto grau de endividamento, embora existam algumas empresas que escapam dessa situação. A sazonalidade da produção pecuária impõe à indústria frigorífica dificuldades uma necessidade concentrada de capital de giro quando da compra de gado e alta capacidade ociosa no período de entressafra, o que contribui para a obtenção de resultados econômicos e financeiros desfavoráveis (Paolino, 1992). O problema da qualidade da carne e da avaliação de carcaças constitui também um ponto crítico já assinalado por

Figura 3. Abate mensal de bovinos no Uruguai: percentagem de cabeças no total do ano.

Figura 4. Preço de boi gordo no Uruguai (em pesos constantes por quilograma)

Figura 5. Relação de preços por quilograma (boi gordo/bezerro).

Rovira (1971b). Até o momento, salvo exceções, não se realiza pagamento diferenciado por qualidade, e a tipificação de carcaças pode ser considerada inadequada (Tellería, 1993; González, 1993).

A produção de carne bovina é destinada em 60 % do seu volume (cifra média para os últimos 15 anos) para o mercado interno, pouco exigente em termos de qualidade e com escasso dinamismo em termos de novos produtos ou apresentações. O mercado interno é relativamente mais estável em volume que o externo, que apresenta importantes flutuações anuais. (Paolino, 1992). As exportações são destinadas ao denominado "circuito aftósico",

pouco exigente em qualidade e que paga preços relativamente baixos, além de apresentar grandes oscilações em volumes demandados e preços. Em relação a produtos, as exportações são compostas majoritariamente por carne congelada ou refrigerada, com participação marginal, embora crescente, das carnes industrializadas (Tabela 5).

Em termos gerais, a situação do complexo de produção de carne bovina no começo da década do 90 pode ser considerada crítica. A instabilidade e vulnerabilidade da produção pecuária extensiva colocam dúvidas sobre a viabilidade econômica futura do sistema de produção dominante. A indústria frigorífica enfrenta também, em termos gerais, uma situação crítica pautada por magros resultados econômicos e financeiros, alta capacidade ociosa e problemas tecnológicos, num contexto de inserção desfavorável no mercado.

Um último aspecto que merece ser destacado é que os efeitos conjuntos da variabilidade dos resultados físicos, devido à dependência das condições climáticas e a variabilidade nos preços de produtos e insumos, determinam uma situação de alto grau de incerteza em relação aos resultados físicos e econômicos das empresas pecuárias. Embora existam poucos trabalhos que tenham considerado rigorosamente o efeito do risco e da incerteza no setor, esses fatores tem sido freqüentemente assinalados como determinantes da não adoção de técnicas que implicam em novos investimentos, como é o caso das pradarias artificiais. Estas técnicas

Tabela 5. Composição das exportações uruguaias de carne bovina por produto (percentagem das toneladas peso carcaça).

ano	com osso	sem osso	elaborada
1973	75	25	0
1974	67	33	0
1975	30	67	3
1976	54	40	6
1977	73	21	6
1978	54	37	9
1979	51	42	7
1980	62	34	4
1981	62	34	4
1982	33	63	4
1983	25	71	4
1984	22	69	9
1985	36	54	10
1986	40	47	13
1987	9	75	16
1988	6	83	11
1989	14	74	12
1990	34	52	14
1991	12	65	23
1992	6	70	24
1993	3	77	20
1994	12	75	14

Fonte: INAC Anuario Estadístico 1975-1995.

apresentariam, apesar da possibilidade de aumento na produtividade, um maior grau de variabilidade nos resultados físicos e econômicos do que as práticas tradicionais (Peixoto et al., 1980; Alonso & Pérez, 1981).

1.2. Algumas tendências recentes

Nos últimos anos, coincidentemente com a recuperação do setor após uma intensa seca no período 1988-90, a pecuária uruguaia começa a

apresentar perspectivas mais favoráveis para a remoção de algumas das limitações que afetam o seu desenvolvimento. A indústria, aumentou seu interesse na mudança do atual sistema de tipificação de carcaças, de forma a atender às mudanças do mercado externo em termos de qualidade de carne. Além disto, existem algumas experiências de pagamento diferencial por qualidade (Tellería, 1993). Estas experiências se desenvolvem através de contratos de médio prazo, visando à estabilização de preços numa parceria entre firmas frigoríficas e produtores especializados na cria e engorda.

No que se refere à produção pecuária, começaram a ser implementadas algumas experiências de confinamento. Além disto, foram desenvolvidos sistemas de suplementação invernal e sistemas intensivos de utilização de forragem quase inexistentes anteriormente no país e, em boa medida, resultantes de práticas ensaiadas no período de seca antes mencionado (Rovira, 1993). A baixa adoção destas técnicas de engorda não permite que elas introduzam por enquanto mudanças em indicadores como, por exemplo, a idade de abate de bois (Preve & Peyrou, 1993).

Com relação a mercados, notam-se algumas novas tendências. A erradicação da febre aftosa, recentemente reconhecida a nível internacional, permitiu, a partir de 1995, a entrada das exportações de carne uruguaia no circuito "não aftósico", o que possibilita o acesso a mercados com preços sensivelmente superiores aos atuais, embora mais exigentes em qualidade. Por outro lado, a autorização de exportações de animais vivos permitiu nos anos de 1994 e 1995 o começo de uma importante, mais descontínua corrente comercial, principalmente com destino ao Brasil.

As exportações em pé atingiram, no período novembro 1994 - janeiro 1995, quase uma terça parte do abate de bovinos do Uruguai, diminuindo sensivelmente a partir dessa data. Este fato, que historicamente foi uma demanda do setor produtor, constitui um fator de maior flexibilidade no mercado, embora as exportações de animais possam ainda apresentar problemas provocados pelos altos custos e sensibilidade às mudanças de preços relativos do gado com relação à Argentina e Brasil (Muñoz, 1993).

Em termos de pesquisa e análise de sistemas, aumentou a atenção de instituições públicas e privadas em relação a sistemas intensivos de criação e engorda, o que tem aumentado a disponibilidade de informação sobre coeficientes técnicos (Rovira, 1993). As análises de aspectos econômicos ou financeiros destas práticas intensivas, no entanto, são escassos e insuficientes na consideração de aspectos importantes, como é o caso do risco e incerteza. Este último aspecto será discutido mais detalhadamente na revisão bibliográfica.

Num estudo sobre o confinamento de bovinos de corte no Estado de São Paulo, Neves & Couto (1991) listam as principais condicionantes econômicas da expansão da prática. São destacados o aumento do custo de oportunidade da terra; a sazonalidade da produção; a disponibilidade de subprodutos motivada pela expansão da agroindústria e a intervenção governamental nos mercados. Embora não existam evidências, no caso do Uruguai, de uma forte intervenção governamental, os fatores citados por Neves & Couto (1991) parecem estar condicionando o desenvolvimento dos sistemas intensivos de engorda de bovinos.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O objetivo deste trabalho é realizar uma contribuição à avaliação da viabilidade econômica, a nível de empresa, dos sistemas intensivos de engorda de bovinos de corte de recente desenvolvimento no Uruguai.

Especificamente, se procura comparar o desempenho dos sistemas intensivos de engorda com suplementação invernal com as práticas convencionais de engorda extensiva. A proposta metodológica adotada dá ênfase à análise de risco num estudo de caso. A escolha da metodologia baseia-se na consideração de uma série de fatores que geram incerteza a nível das empresas do setor da pecuária, entre os quais:

- a pouca experiência dos pecuaristas uruguaios nas práticas intensivas,
- os custos mais elevados em relação as práticas convencionais,
- a variabilidade dos preços e da produtividade na pecuária de corte,
- a sensibilidade a mudanças nos preços e ganhos de peso.

Pretende-se, por outra parte, realizar uma contribuição metodológica em termos de aplicação de instrumentos de análise e planeamento pouco utilizados na análise da pecuária uruguiaia, contrastando técnicas de programação matemática em condições de risco. Nesse sentido, considera-se a sua adequação as características do processo decisório dos empresários

e a sua possibilidade de interagir com o tomador de decisões.

O estudo pretende fornecer subsídios para a adequada tomada de decisões dos pecuaristas de corte, em termos da incorporação ou não de práticas intensivas de alimentação bovina de recente desenvolvimento no Uruguai, e para as quais praticamente não existem estudos de viabilidade econômica.

O desenvolvimento dos sistemas intensivos de engorda constitui um fator fundamental para a viabilidade futura de um importante número de unidades de produção pecuária "invernadoras" no Uruguai. Os atuais sistemas extensivos, com baixas produtividades e grande vulnerabilidade às flutuações na produção de forragem, estão se mostrando crescentemente ineficientes nas atuais condições do mercado. Por outra parte, o aumento da demanda por animais de recria, em particular os de alta qualidade, pode ser um fator dinamizador das atividades de "cria" e "recria" na pecuária de corte. Do ponto de vista da indústria processadora, podem-se esperar efeitos positivos em termos de utilização da capacidade instalada e melhoria da qualidade. Este último fator é fundamental para uma nova inserção do setor no mercado internacional.

O insuficiente desenvolvimento de instrumentos de planejamento, avaliação e gestão de empresas, capazes de considerar em forma eficiente as condições de incerteza que caracterizam a pecuária se constitui num fator limitante das possibilidades de difusão das práticas produtivas consideradas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Tratamento do risco

Na bibliografia sobre tomada de decisões sob risco e incerteza tem sido diferenciadas três orientações básicas (Smidts, 1990): (i) *teoria da utilidade* (utility theory), desenvolvida a partir dos axiomas propostos no trabalho de Morgerstern e von Neumann de 1947. Os autores neste grupo desenvolvem regras de decisão normativas que colocam a ênfase no aspecto das *preferências em relação ao risco* dos tomadores de decisões, e na pesquisa teórica mais do que na empírica. O modelo de utilidade esperada é atualmente o dominante na análise de decisões em condições de risco. (ii) *teoria do comportamento decisório* (behavioral decision theory), que focaliza a atenção na descrição de como são feitas as decisões envolvendo risco. A ênfase nesta orientação é colocada no aspecto das *percepções de risco*, recebendo grande atenção a pesquisa empírica. (iii) *análise de decisões* (decision analysis), que consiste em um conjunto de técnicas e procedimentos desenhados para a ajuda na formulação de inferências e decisões. As técnicas de pesquisa operacional são muito utilizadas neste enfoque, em especial na realização de análises de sensibilidade. Assim, Smidts (1990) assinala:

"se a teoria da utilidade é caracterizada como 'normativa, teórica', e a teoria do comportamento decisório como 'descritiva, empírica', então a análise de decisões pode ser caracterizada por 'normativa, empírica'. O principal objetivo da análise de decisões é do tipo normativo, isto é, indicar ao tomador de decisões a melhor alternativa, utilizando o modelo de utilidade 'normativamente adequado', e considerando os insumos subjetivos do tomador de decisões. Esses insumos subjetivos fazem referência à percepção das consequências incertas de alternativas disponíveis para o tomador de decisões (a distribuição subjetiva de probabilidades do tomador de decisões), e à avaliação das consequências por parte do tomador de decisões (a atitude em relação ao risco do tomador de decisões)".

A partir de pesquisas pioneiras na década dos anos 50, foi desenvolvida uma larga experiência na análise de decisões sob condições de risco na agricultura, que tem sido objeto de revisão em varios trabalhos, entre os quais merecem ser destacados os de Anderson et al.(1977), e Barry (1984). Modelos de planejamento de risco, de desenvolvimento recente, são analisados por Hardaker et al. (1991). Em termos gerais, as técnicas de análise de risco revistas pelos referidos autores enquadram-se dentro da orientação da análise de decisões, e os fundamentos teóricos tem por base o modelo de utilidade esperada. Embora esse modelo tenha sido objeto de muitas críticas, particularmente em termos da constatação de violações dos axiomas básicos no comportamento dos tomadores de decisões, até agora não tem sido oferecidos paradigmas alternativos, que possibilitem o desenvolvimento de outros instrumentos operativos (Anderson et al., 1985; Smidts, 1990; Hardaker et al., 1991). Com relação à relevância normativa das técnicas da análise de decisões, Anderson et al. (1977) assinalam:

"O uso normativo da análise de decisões é baseado na pressuposição de que a decomposição de problemas de decisão importantes nos seus componentes, seguida de uma análise que incorpore os componentes numa escolha consistente com as opiniões e preferências especificadas pelo tomador de decisões, é melhor do que uma escolha totalmente intuitiva. O procedimento não garante a escolha correta. (...) A análise de decisões pode somente conduzir a decisões que são 'boas' no sentido *ex-ante* de serem consistentes com opiniões e

preferências expressadas, e não a decisões 'certas' no sentido *ex-post* de serem livres de arrependimento".

No trabalho de Anderson et al. (1977) são analisados alguns procedimentos para a tomada de decisão, adequados a diferentes situações de planejamento:

(i) As árvores de decisão ou diagramas de fluxos oferecem um critério de decisão para problemas do tipo "tudo disto ou tudo daquilo", ou seja, que não oferecem possibilidades de combinação de atividades. É uma técnica especialmente indicada para a análise de problemas envolvendo seqüências de decisões com uma ordem natural ou cronológica. Requer a especificação dos possíveis caminhos abertos ao tomador de decisões, através de nós (representando escolhas do tomador de decisões ou estados da natureza) e ramos (representando eventos), a determinação de probabilidades subjetivas para os ramos que partem dos nós de chance, e a associação de níveis de retorno aos ramos terminais. A atitude em relação ao risco do tomador de decisões pode ser incorporada através do ajuste de uma função de utilidade ou pelo método de equivalentes de certeza.

(ii) Para os casos onde é possível a combinação de atividades são propostos os seguintes métodos de análise de *portfolio*:

(a) programação quadrática, que consiste na minimização da variância total (considerada como indicador de risco), numa função de utilidade não linear, sujeita a restrições lineares. Mediante parametrizações de uma restrição de retorno esperado obtém-se um conjunto de soluções que constituem uma fronteira eficiente

média-variância. A programação quadrática implica na pressuposição de distribuição normal nos retornos das atividades, ou de função de utilidade quadrática do tomador de decisões, ou seja, uma função de utilidade não crescente a partir de certo nível de retorno esperado; (b) técnicas associadas a modelos de programação linear, com incorporação de risco através de dois tipos de mecanismos:

(b₁) restrições que eliminem soluções inferiores a um retorno crítico especificado ("focus-loss constraint" ou "maximum admissible loss") ou que incorporam critérios da teoria dos jogos, e

(b₂) minimização dos desvios absolutos (MOTAD), proposto por Hazell (1971), que constitui uma alternativa linear à programação quadrática. Este procedimento permite obter uma fronteira eficiente, neste caso média-desvio absoluto, constituindo este último o indicador de risco;

(c) programação Monte Carlo, que gera *portfolios* de atividades através de processos randômicos operados em computadores. Segundo Anderson et al. (1977), ao contrário dos métodos mencionados em (a) e (b), a simulação Monte Carlo não produz planos ótimos, e sim um conjunto de planos, selecionados a partir de um grande número de soluções factíveis. Em compensação, este método de simulação apresenta importantes vantagens, como a grande flexibilidade para admitir diferentes tipos de funções objetivo e restrições, na medida que não são utilizados algoritmos específicos para a obtenção de soluções, como no caso das programações linear ou quadrática.

(iii) A dominância estocástica é uma abordagem que pode ser utilizada para selecionar alternativas sem a necessidade de se ter informações precisas sobre as características da função de utilidade do tomador de decisões. A partir da comparação das distribuições cumulativas de frequência dos retornos esperados, se estabelece a preferência por aquelas alternativas em que a maior utilidade se encontra associada a probabilidades maiores. A dominância estocástica de primeiro grau (DE) permite selecionar entre alternativas supondo apenas que a função de utilidade é monotonicamente crescente, enquanto a dominância estocástica de segundo grau (DES) pode selecionar entre as alternativas não discriminadas pela DE acrescentando a suposição de que a função de utilidade mostra aversão ao risco, ou seja, que o tomador de decisões é averso ao risco. A dominância estocástica de terceiro grau pode selecionar alternativas não discriminadas em DES, incorporando a pressuposição de que as funções de utilidade apresentam utilidades marginais decrescentes à renda. Como limitação do método, pode ser assinalado que nem sempre é possível com a sua aplicação obter uma classificação completa das alternativas consideradas, e em muitos casos podam permanecer várias alternativas não dominadas.

A coletânea editada por Barry (1984) contém vários trabalhos que revisam a aplicação de técnicas de análise de risco na agricultura. Mapp & Helmers (1984), e Musser et al. (1984) discutem as análises de programação quadrática, MOTAD e simulação a nível de empresa, e concluem que nenhum desses modelos é melhor, apresentando cada um deles vantagens e desvantagens. O modelo apropriado, segundo estes autores, depende do problema específico a ser estudado, dos objetivos da pesquisa, da

disponibilidade de dados, e de considerações computacionais e de custo.

O modelo MOTAD proposto por Hazell (1971), principalmente na versão que minimiza os desvios negativos em relação ao valor esperado, constitui uma alternativa linear ao modelo E - semivariância, e tem sido utilizado de forma generalizada na literatura sobre análise de risco na agricultura (Hardaker et al., 1991; King & Robinson, 1984; Galetto et al., 1996). Alguns autores referem-se ao MOTAD, e à programação quadrática, como "métodos convencionais" ou "dominantes" de análise de risco (Millan & Berbel, 1994; Galetto et al., 1996).

Crítico ao MOTAD, Tauer (1983) demonstra que as soluções obtidas com o modelo não são necessariamente eficientes no sentido da dominância estocástica de segundo grau. Em termos mais gerais, Fishburn (1977) e Holthausen (1981) assinalam que os tomadores de decisões geralmente associam risco com o fracasso de atingir um nível de retorno alvo ("target"). Os autores colocam em dúvidas a validade de medidas de risco que se baseiam na dispersão com relação a um parâmetro (a média, por exemplo) e que muda de distribuição para distribuição. Esta crítica tem sido feita por vários autores que questionam a validade do MOTAD, e que mostram as vantagens de critérios de risco baseados em desvios com relação a um nível de aspiração ou "target" (Parton & Cumming, 1990; Watts et al., 1984; Hardaker et al., 1991; Galetto et al., 1996).

Tauer (1983) propõe um modelo de programação matemática alternativo, denominado target-MOTAD, que apresenta a vantagem de gerar soluções

eficientes no sentido da dominância estocástica de segundo grau, e portanto, eficientes para tomadores de decisões aversos ao risco (Hardaker et al., 1991). O target-MOTAD propõe como função objetivo a maximização da esperança matemática do lucro, e permite obter uma fronteira eficiente esperança-desvio negativo com respeito a o nível prefixado de lucro satisfatório para o tomador de decisões. Em função do critério de definição de risco adotado, Hazell & Norton (1986) classificam esta técnica entre as do tipo "safety-first", e assinalam que resulta particularmente apropriada para empresas com alto risco de catástrofe.

O target-MOTAD tem mostrado grande versatilidade para o análise de empresas agropecuárias. Entre as aplicações recentes do modelo, podem ser assinaladas as de Galetto et al. (1996), e Lacelli (1996), que estudam alternativas de atividades agrícolas e pecuárias para empresas argentinas; Teague et al., (1995), que desenvolvem um modelo a nível de empresa, para a consideração do risco ambiental derivado do uso em culturas agrícolas de pesticidas e nitratos; Parton & Cumming (1990), que desenvolvem modelos para o análise de risco financeiro; Freeze et al. (1990), que estudam alternativas de alimentação e comercialização para bois em confinamento.

Berbel (1988, 1993) desenvolve o modelo média-DAP, derivado do target-MOTAD, que introduz a probabilidade de fracasso em função de um parâmetro determinado pelo tomador de decisões, e gera o conjunto de soluções eficientes mediante a utilização de técnicas multi-objetivo. Millan (1992) e Alaejos & Cañas (1993) aplicam esse modelo para o caso de empresas agrícolas de irrigação na Espanha. Watts et al. (1984) fazem uma

comparação entre o MOTAD e o target-MOTAD para o caso de uma empresa agrícola representativa, e assinalam a superioridade das soluções geradas com utilização do modelo de Tauer, no sentido de apresentar menores ou iguais níveis de risco para cada nível de retorno.

A dicotomia entre a programação linear e os métodos de simulação, como formulada por Anderson et al. (1977) é discutida por Domingo & Calatrava (1982), Rodriguez (1987), e Dias (1996), que propõem a aplicação simultânea de ambos os métodos na análise de risco. Num trabalho visando a planificação de cultivos numa exploração hortícola na Espanha, Domingo & Calatrava (1982) estabelecem "a priori" estados de natureza em função de expectativas do empresário em relação aos preços de produtos que compõem a função objetivo. Posteriormente geram por programação linear as soluções ótimas correspondentes, obtendo combinações de atividades e os respectivos valores Z_k de margem bruta total para cada estado de natureza k . A seguir, são simulados valores aleatórios de Z a partir das distribuições de freqüências adotadas para os preços dos produtos, e se calculam probabilidades de intervalos de classe para os k estados de natureza. A escolha de uma combinação de atividades é feita em função da probabilidade de obter resultados considerados "satisfatórios" ou "ruinosos" pelo empresário. O método proposto pode ser utilizado para variáveis aleatórias tanto na função objetivo quanto nas restrições, e para diferentes tipos de distribuição de freqüências, apresentando como limitação a não consideração de correlações entre as variáveis aleatórias.

Rodriguez (1987) desenvolve um método para o uso integrado de

simulação e programação linear, utilizando a linguagem BASIC. Uma vez estabelecida a função de distribuição de probabilidades correspondente, geram-se, um número suficientemente grande de vezes, valores amostrais para os coeficientes aleatórios relevantes no problema de programação linear. O problema linear é resolvido para cada conjunto de valores simulados, e são analisadas as freqüências das estratégias empresariais (combinações de atividades). A seleção de uma única estratégia pode ser orientada através da análise dos parâmetros assimetria, média, moda, variância e probabilidades de ocorrência de valores de margem bruta total superiores a determinados valores mínimos em cada plano (Rodriguez, 1987). O método permite utilizar, para a simulação das variáveis aleatórias, distribuições de freqüências normal, uniforme e triangular, assim como considerar correlações entre as variáveis. No caso das distribuições triangular e uniforme, unicamente são admitidos valores de 1 para correlação aproximadamente unitária positiva, 0 para ausência de correlação e -1 para correlação aproximadamente unitária negativa.

Dias (1996) propõe um método de utilização conjunta de programação linear e simulação, desenvolvido mediante um programa em linguagem SAS, que permite a consideração de distribuições de freqüências normal, uniforme, exponencial, binomial, triangular, e gama, admitindo quaisquer valor de correlação entre variáveis, com a condição de que constituam uma matriz semidefinida positiva. A mecânica do processo proposto é similar à proposta por Rodriguez (1987), assim como o critério sugerido para selecionar um único plano ótimo.

Um enfoque alternativo para a utilização de simulação combinada com programação linear, quando as variáveis aleatórias aparecem apenas na função objetivo, consiste na geração, mediante processos de simulação, dos coeficientes das restrições de desvios de modelos como o MOTAD e o Target-MOTAD. Os trabalhos de Parton & Cumming (1990), Galetto et al. (1996), e Lacelli (1996) constituem aplicações deste critério. Uma vantagem desta alternativa é ser menos exigente em termos de programação do que, por exemplo, as propostas de Rodriguez (1987) e Dias (1996).

3.2. Análise de resultado econômico de sistemas pecuários

Dada a importância da pecuária na economia uruguaia, são muito numerosos os trabalhos dedicados a análise econômica de alternativas de produção. A maior parte destes trabalhos, porém, não leva em consideração a existência de situações de risco, assumindo, geralmente de forma implícita, a certeza dos resultados físicos e econômicos.

Outro grupo importante de trabalhos reduz a consideração de risco e incerteza à elaboração de estimativas conservadoras de coeficientes, ou parametrizações simples de resultados físicos ou preços (em termos de uma certa percentagem para mais ou para menos do valor esperado), sem levar em conta a distribuição de probabilidades dos parâmetros. Este tipo de procedimentos, dada a relevância do problema das variações nos resultados na pecuária, são claramente insuficientes quando o objetivo é fornecer subsídios à tomada de decisões dos pecuaristas.

A revisão centra-se, então, nos trabalhos que realizam tratamento explícito do risco, e em particular àqueles que utilizam técnicas de programação matemática. A opção não responde a uma escolha por modelos com maior grau de sofisticação, senão à possibilidade de incorporar nos modelos a serem desenvolvidos regras de decisão eficientes em relação ao risco.

Laffite et al. (1976), e Aicardi & Pérez (1978) incorporam o MOTAD de Hazell em modelos de programação linear desenvolvidos para empresas agropecuárias. No primeiro caso, foi considerado o risco somente para as culturas agrícolas e não para as atividades pecuárias. Aicardi & Pérez (1978), consideram o risco provocado pelas variações de preços de produtos e insumos para o período de 5 anos analisado. A partir desses preços foram calculados os desvios das margens das atividades. Esse tipo de conceitualização de risco baseia-se na suposição de que o tomador de decisões espera para cada ano os preços médios (McSweeney et al., 1987). No entanto, é razoável supor que em função do conhecimento da natureza cíclica dos preços dos produtos, e de outras informações do mercado, as expectativas para cada ano sejam sensivelmente diferentes dos valores médios, e portanto o risco percebido pelo tomador de decisões. Tem sido assinalado que as fronteiras eficientes são altamente sensíveis à utilização de medidas diferentes de risco, e que as medidas de risco construídas somente com base em informações passadas, em lugar de prognósticos do tomador de decisão, geralmente são estimações incorretas de retornos e risco (Young, 1984; McSweeney et al., 1987).

Acosta y Lara et al. (1979) desenvolvem um modelo de programação para uma empresa combinando atividades agrícolas e pecuárias de corte e leiteira, analisando o risco através dos critérios do MOTAD e da restrição de perda focalizada (focus loss constraint) proposto por Boussard e Petit (1967). Este último critério baseia-se no estabelecimento de um valor mínimo admissível para a função objetivo. Esta técnica de aplicação relativamente fácil, embora possa parecer simplista para empresas médias e grandes, pode resultar uma alternativa interessante para pequenas unidades familiares.

Vázquez et al. (1976) aplicam programação quadrática numa exploração pecuária considerando dois níveis tecnológicos. Partindo desse modelo são obtidas fronteiras retorno - limite inferior de confiança de retornos para ambos os níveis tecnológicos. Como limitações do método utilizado podem ser mencionadas as pressuposições restritivas em termos de função de utilidade do tomador de decisões, ou de normalidade das distribuições de frequência dos retornos (Anderson et al., 1977; Hardaker et al., 1991). Também tem sido mencionadas dificuldades práticas na especificação do coeficiente de aversão ao risco e da matriz de variância-covariância entre as atividades do modelo (Mapp & Helmers, 1984).

Peixoto et al. (1980) calcularam a TIR para 18 modelos de empresas pecuárias com tecnologia "tradicional" e 20 modelos com tecnologia "melhorada", com diferentes alternativas de preços considerando o começo do projeto em diferentes fases do ciclo. Os autores definem o "risco implícito" das inversões como "o risco de que as previsões de ingressos

sejam inexatas", e identificam como fontes de risco as variáveis produção, preço multiplicado por taxa de extração, e investimento em gado. Ao incluir os preços nos cálculos das médias e variâncias da TIR dos modelos, apresentam as seguintes alternativas: (i) usar as séries de preços históricos dos modelos, considerando só variabilidade física, para obter uma aproximação das rentabilidades obtidas pelos produtores no período; (ii) utilizar a média e o coeficiente de desvio da série de preços, o que implicaria supor ignorância por parte do tomador de decisões da natureza cíclica do comportamento dos preços; (iii) utilizar um modelo econométrico harmônico para ajustar as expectativas de preços e calcular a variância dos resíduos do ajuste, que constituir-se-ia em um método apropriado para um produtor bem informado que conhecesse a natureza cíclica dos preços e conseguisse estimar os parâmetros correspondentes; (iv) extrapolar preços históricos extremos para todos os anos do projeto, refletindo uma atitude exageradamente otimista do produtor (Peixoto et al., 1980). Para a interpretação dos resultados em termos de tomada de decisão, os autores sugerem para uma etapa posterior (não realizada) o ajuste de funções de utilidade de produtores, através de estudos de caso mediante entrevistas. Apesar da adequada revisão bibliográfica, o trabalho apresenta poucos resultados, limitando o cálculo de variâncias a apenas algumas das alternativas consideradas, e pelas pressuposições restritivas que foi necessário realizar para as fórmulas utilizadas no cálculo das variâncias.

Alguns estudos não relacionados com a pecuária introduzem elementos de interesse do ponto de vista do tratamento do risco e incerteza. Vila et al. (1979) projetam um plano de exploração de um estabelecimento com

insuficiência de capital a curto e médio prazo, baseado em atividades intensivas, tentando limitar o risco implícito nelas. O enfoque desenvolvido baseia-se na teoria dos jogos, analisando o resultado das atividades em 36 situações de combinação de rendimentos e preços possíveis (estados da natureza). No que se refere a rendimentos e preços foram utilizados dois critérios: (i) séries históricas e (ii) opiniões subjetivas do produtor quanto a máximos, mínimos e médias, com suas respectivas probabilidades de ocorrência. Se bem que a teoria dos jogos tem recebido críticas em função dos seus fundamentos teóricos e sua aplicabilidade prática (Young, 1984), e também pela sua incompatibilidade em relação aos axiomas da decisão racional (Anderson et al., 1977, citando Officer e Anderson, 1968), o método utilizado oferece um leque de alternativas de resultados possíveis de serem apresentados ao tomador de decisões, como alternativa aos métodos orçamentários convencionais, que oferecem soluções únicas ou no máximo, parametrizações sem ponderações probabilísticas. Este trabalho é um dos poucos no Uruguai que introduz explicitamente no planejamento os prognósticos subjetivos dos tomadores de decisões.

Nos últimos anos tem sido desenvolvidos no Brasil uma série de estudos em relação ao confinamento de bovinos de corte que, ainda considerando as diferenças nas características da prática entre os países, podem fornecer sugestões úteis para a análise nas condições do Uruguai.

Neves et al. (1993) fazem uma revisão de trabalhos que desenvolvem software para o auxílio na tomada de decisões referidas ao confinamento.

A maioria dos softwares analisados não consideram fatores de risco, com a exceção do ALEAXPRJ - Sistema para Simulação e Análise Econômica de Projetos de Investimentos em Condições de Risco (desenvolvido por Azevedo Filho, A., 1988 citado por Neves et al., 1993), que utiliza Simulação Monte Carlo para variáveis especificadas pelo usuário.

A simulação Monte Carlo foi aplicada por Sa (1985) para calcular Taxas Internas de Retorno, a partir de uma função de densidade de probabilidade triangular para variáveis de ganho de peso e preços de insumos e bois gordo e magro. Peres & Mattos (1990) questionam o realismo dessas distribuições de frequências, e fazem sugestões no sentido de considerar as variáveis de preços de boi magro e gordo como não independentes, assim como de mudanças das distribuições em diferentes períodos do projeto, de forma de refletir o processo de *learning by doing* dos administradores.

Tatizana (1992) com base numa ampla revisão bibliográfica sobre modelos de simulação de sistemas pecuários, propõe a construção de um modelo de ciclo completo, que permita a avaliação de técnicas de manejo da alimentação. Esse tipo de modelo é altamente exigente em coeficientes técnicos, e pressupõe uma importante acumulação prévia de trabalhos nas áreas de nutrição animal e manejo de pastagens para ser desenvolvido.

Peres (1990) desenvolve um modelo de árvore de decisão para o confinamento de gado de corte na entressafra, mediante um estudo de caso. As alternativas consideradas são confinamento com dois níveis de

alimentação, engorda em pasto e venda dos animais magros no início do período. Foram obtidas com o produtor as probabilidades subjetivas de ocorrência de diferentes níveis de ganhos de peso, assim como de preços de boi nos diferentes meses possíveis de venda. Para a avaliação das alternativas ajustou-se uma função de utilidade com a aplicação de um software desenvolvido especificamente para esse fim. Resulta particularmente interessante a flexibilidade que o modelo apresenta para realizar simulações, por meio da mudança de preços ou coeficientes, e em especial a introdução de considerações referidas ao ciclo de preços do boi gordo.

Uma outra aplicação das árvores de decisão à pecuária de corte pode ser encontrada em Toyama et al. (1994). Neste caso as alternativas são venda no começo da entressafra, retenção com suplementação para venda nos diferentes meses da entressafra, ou retenção sem suplementação com as mesmas alternativas de venda. Não foram consideradas preferências do produtor em relação ao risco, valorizando-se os ramos terminais em função do valor esperado dos retornos das alternativas.

A partir de um modelo de programação determinística, desenvolvido para um estudo de caso de uma empresa confinadora de gado de corte, de Mello & Peres (1993) aplicam as técnicas de MOTAD e dominância estocástica. As alternativas consideradas de produção animal são confinamento, engorda em pasto com dois níveis de intensidade, e venda de animais recriados. Os resultados obtidos com a aplicação de ambas as técnicas resultaram coerentes. Os autores indicam, como limitação do

trabalho, a não consideração do caráter cíclico dos preços através de alguma hipótese de expectativas racionais.

3.3. Coeficientes técnicos sobre sistemas intensivos de engorda

Um último aspecto considerado na revisão bibliográfica refere-se à disponibilidade de informações sobre coeficientes técnicos para a modelagem das alternativas tecnológicas a serem estudadas. A modelagem das práticas de suplementação de gado em pasto requer informações especificamente levantadas para as condições a serem analisadas, em função da complexidade das inter-relações entre solo, clima, pasto e animal, que podem mudar em grande medida os resultados físicos e econômicos. A pesquisa tecnológica sobre a produção pecuária no Uruguai tem mostrado pouca preocupação, até o começo dos anos 90, com os sistemas de suplementação de bovinos na engorda com base em alimentos concentrados. As revisões de trabalhos de pesquisa até a data mencionada praticamente não fazem menção a trabalhos sobre suplementações (Astori et al., 1979; Martínez et al., 1985). As escassas referências sobre suplementação alimentar de gado de corte colocam ênfase nas fases de cria ou na suplementação protéica e mineral (Martínez et al., 1985). Como exceção, pode-se mencionar o sistema intensivo de produção implantado na localidade de Young, numa área de alto potencial agrícola da região oeste, que previa a possibilidade de suplementação com sorgo moído em períodos críticos de produção de forragem (Symonds, 1975), e sistemas que consideram a possibilidade de fornecimento de feno ou silagem em situações excepcionais (Castro, 1975). As linhas prioritárias de pesquisa no que se

refere a nutrição dirigiam-se ao melhoramento e manejo das pradarias naturais, a implantação de culturas forrageiras, e, particularmente a partir da década de 1960, das pradarias artificiais. A produção de pesquisa deste período, ainda que não forneça coeficientes técnicos para as práticas de confinamento e as suplementações, gerou um importante volume de informação sobre produção de forragem pelos diferentes sistemas de pastoreio. Esta informação, diferenciada para as mais importantes regiões de capacidade de uso para a pecuária, constitui-se em um instrumento de grande utilidade para a formulação de modelos a nível de estabelecimento. A falta de informação mencionada começou a ser parcialmente coberta pela produção recente de uma série de trabalhos onde a suplementação começa a ser estudada como aspecto central de sistemas de produção pecuária. Entre eles podem ser mencionados os seguintes:

Risso et al. (1991), apresentam resultados de ensaios utilizando suplementação para bois em engorda sobre pasto com silagem, feno e grãos, e analisam aspectos da interpelação animal-pastagem-suplemento.

Secco (1992) e Cibils (1993), fornecem dados recentes sobre resultados do sistema agrícola-pecuário intensivo de Young antes mencionado.

Prada (1993), apresenta coeficientes referidos a seis sistemas intensivos de engorda de bezerros e bois, com utilização de silagem , feno, grãos e ração.

Orcasberro (1993) estuda, com base na análise de ensaios com bois com diferentes pesos, os fatores que condicionam a resposta à suplementação com concentrados.

4. METODOLOGIA.

4.1. Seleção dos modelos utilizados.

Em função do limitado desenvolvimento dos sistemas intensivos de engorda, objeto de análise, tanto ao nível de produção quanto de pesquisa e avaliação de aspectos produtivos e econômicos, optou-se pelo método do estudo de caso. Este método é adequado para uma pesquisa que visa dar resposta a questões do tipo "como?" e "por quê?", num contexto de análise focalizado em eventos contemporâneos, e sobre os quais o pesquisador não pode aplicar métodos do tipo "experimental" (Yin, 1990; Campomar, 1991).

Entre as técnicas de programação matemática que consideram risco, foram selecionadas para a pesquisa o MOTAD e o target-MOTAD, visando uma comparação dos resultados obtidos a partir de duas medidas de risco alternativos. Procura-se contrapor o modelo mais utilizado na literatura sobre análise de risco com uma formulação alternativa que mostrou-se de utilidade em variados contextos da planificação de empresas agropecuárias, e teóricamente consistente com os postulados da análise de decisões. Esta comparação é feita levando em conta duas considerações: (i) a adequação às características do processo decisório dos produtores, e (ii) a capacidade de gerar soluções validadas pela experiência de produtores e técnicos.

A seguir se estabelecem as estruturas básicas dos modelos propostos. O modelo determinístico de programação linear pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\text{Max. } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

S. A:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

para $i = 1, 2, \dots, m$

$$x_j \geq 0$$

Sendo x_j as variáveis de decisão, c_j os coeficientes da função objetivo, a_{ij} os coeficientes de requerimentos do recurso i de uma unidade da atividade j e b_i a disponibilidade do recurso i .

Anderson et al. (1977) apresentam a seguinte versão do modelo MOTAD:

$$\text{Max. } Z = \sum_{j=1}^n c_j^* x_j$$

S. A:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

para $i = 1, 2, \dots, m$

$$\sum_{j=1}^n (c_{tj} - c_j^*) x_j + n_t \geq 0$$

para $t = 1, 2, \dots, k$

$$\sum_{t=1}^k n_t \leq M$$

$$x_j, n_t \geq 0$$

Onde c_j^* é a média dos valores de c_j para os k estados de natureza (ou anos) considerados, c_{tj} é o valor de c_j no estado de natureza (ou ano) t , n_t o desvio negativo em relação à média no estado de natureza (ou ano) t , e M é um valor a ser parametrizado em forma decrescente, a partir do máximo valor possível de Z .

O target-MOTAD proposto por Tauer (1983) apresenta a estrutura seguinte:

$$\text{Max. } Z = \sum_{j=1}^n c_j^* x_j$$

S. A:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i$$

para $i = 1, 2, \dots, m$

$$T - \sum_{j=1}^n c_{tj}x_j - d_t \leq 0$$

para $t = 1, 2, \dots, k$

$$\sum_{t=1}^k p_t d_t = N$$

$$x_j, d_t \geq 0$$

Onde T é o nível de aspiração (target) da função objetivo, d_t o desvio para menos desse nível no estado de natureza (ou ano) t , p_t representa a probabilidade de ocorrência do estado de natureza t , e N é uma constante a ser parametrizada desde um grande valor até 0, que indica um nível em que é atingido o target T .

No Anexo 1 se apresentam os diagramas das estruturas dos modelos envolvendo risco considerados na pesquisa.

4.2. A empresa analisada.

Para a presente pesquisa foi selecionada uma propriedade voltada à produção pecuária, localizada na região leste do Uruguai, com 540 hectares de superfície útil em solos de alto potencial agropecuário. A empresa combina produção de gado bovino de corte e ovinos, e apresenta uma dotação de recursos que corresponde ao tipo de empresa média no contexto uruguaio. Nos últimos seis anos, a empresa começou a implementação de um sistema intensivo de produção de pastagens através de semeadura direta, com produção de semente de forragem e feno, e um processo de recria-engorda intensivo de bovinos, obtendo resultados físicos e econômicos superiores à média nacional. Começou recentemente uma experiência de engorda intensiva de cordeiros, mediante relação contratual com um frigorífico exportador, com satisfatórios resultados físicos e econômicos.

A empresa dispõe de recursos de mecanização suficientes para o manejo do forragem, e mão-de-obra permanente de adequado nível de qualificação, além da dedicação parcial dos seus proprietários, engenheiros agrônomos com atividade de assistência técnica em produções intensivas não pecuárias. O empreendimento dispõe de adequados registros físicos e econômicos, o que facilitou a disponibilidade de informações necessárias para a modelagem (tanto em termos de coeficientes técnicos como percepções de risco). Recentemente, um subsistema da empresa foi objeto de um estudo visando determinar as relações ótimas entre produção pecuária e produção de semente (de Mello, 1995), que gerou informações adicionais sobre algumas das atividades consideradas na presente pesquisa.

4.3. Formulação do modelo determinístico

Em primeiro lugar foi desenvolvido um modelo determinístico (sem consideração de risco) para a empresa considerada, incluindo atividades de produção animal, produção de forragem e transferências de forragem na forma de feno. Estas atividades incluem as alternativas intensivas que atualmente a empresa realiza, junto com as práticas tradicionais da pecuária no Uruguai. Algumas destas últimas, como as atividades de produção ovina com carácter extensivo, foram eliminadas posteriormente do modelo por resultar dominadas em todas as situações experimentadas.

As restrições consideradas correspondem à disponibilidade de superfície útil para pastoreio, balanço de oferta e demanda de forragem, transferência de forragem, relações técnicas entre atividades animais e máximo admissível de produção de semente.

A seguir se apresenta a descrição das variáveis e restrições do modelo:

ATIVIDADES

CRIA - Unidade de cria bovina, compreende uma vaca e a parte correspondente de touro (5 %), reposição (20 % anual) e bezerro no período de lactação. Gera 0.78 bezerro por unidade e venda de animais refugados.

VENTER - Venda de uma cabeça de bezerro de 140 kg de peso vivo imediatamente após o desmame.

OVINO - Unidade de cria e engorda de cordeiros. Inclui uma ovelha, a parte correspondente de carneiro (5 %), reposição (25 %) e cordeiro em engorda

desde o desmame até 35 kg de peso vivo, com uma idade de 11 meses.

NOV1 - Recria e engorda intensiva de uma cabeça de boi sobre pradaria, com venda aos 450 kg de peso vivo com 24 meses de idade.

NOV2 - Recria e engorda intensiva de uma cabeça de boi sobre pradaria, com venda aos 450 kg de peso vivo com 18 meses de idade. Requer suplementação no período invernal com farelo de arroz.

NOV3 - Recria e engorda extensiva de uma cabeça de boi sobre campo natural, com venda aos 450 kg de peso vivo com 39 meses de idade.

CN1 - Hectares de campo natural em superfície própria.

PR - Hectares de pradaria artificial em superfície própria. Corresponde a uma mistura de lotus e rye-grass, e inclui os custos de reforma a cada 8 anos e manutenção.

PRCOS - Hectares de pradaria artificial em superfície própria, com produção de 200 kg de semente de lotus e feno de pasto. Corresponde a uma mistura de lotus e rye-grass, e inclui os custos de reforma a cada 8 anos, manutenção, colheita de semente, produção e condicionamento de fardos de feno.

CN2 - Hectares de campo natural em superfície alugada.

TRF1 - TRF9 - Transferência de 936 kg de matéria seca de feno por unidade da atividade PRCOS para os meses de janeiro até setembro, respectivamente.

TRCN1 - TRCN12 - Transferência de um kg de matéria seca não utilizada, dos balanços forrageiros das pradarias aos correspondentes balanços forrageiros do campo natural. Contém uma correção para digestibilidade variável segundo a estação correspondente do ano.

RESTRIÇÕES

SUP1 - SUP2 - Disponibilidade de solo próprio e alugado, respectivamente. No solo próprio são admitidas as atividades CN, PR e PRCOS, entanto no alugado, por razões contratuais, só se admite CN.

BF.I.1 - BF.I.12 - Balanços forrageiros mensais, em kg de matéria seca, para as pradarias. Como oferta recebem as contribuições das pradarias e as transferências de feno, enquanto a demanda se constitui nas exigências nutricionais das atividades NOV1 e NOV2, parte das correspondentes à atividade OVINO (exigências dos cordeiros em engorda e das ovelhas de cria nos períodos de serviço e parição), e as transferências de matéria seca não utilizada.

BF.II.1 - BF.II.12 - Balanços forrageiros mensais, em kg de matéria seca, para o campo natural. A oferta é constituída pelas contribuições das atividades CN1 e CN2 e as transferências de matéria seca não utilizada pelas pradarias, enquanto a demanda envolve as exigências nutricionais das atividades CRIA e NOV3, e parte das correspondentes à atividade OVINO (exigências das ovelhas de cria fora dos períodos de serviço e parição, e exigências de carneiros e reposição).

BALTERN - Estabelece a relação entre a unidade de cria e as atividades VENTER, NOV1, NOV2 e NOV3, em função da taxa de parição estimada de 78 %.

BALTERPUN - Estabelece um limite máximo para atividade NOV2 de 25 % do total de bezerros produzidos .

BALFAR1 - BALFAR9 e BALFARTOT - Balanço da produção e transferência de feno para os meses de janeiro até setembro.

RELOVBOV - Relação mínima de 2 para 1 entre as atividades de cria ovinas e bovinas, decorrente da função dos ovinos no manejo e manutenção das

pastagens.

MAXSEM - Limite máximo de 80 hectares de superfície para colheita de semente de forragem, devido à disponibilidade de equipamentos específicos na região.

As fontes de informação utilizadas para os coeficientes técnicos da matriz são dados fornecidos diretamente pelos empresários, por técnicos com experiência de trabalho na região, e pelo trabalho de de Mello (1995).

As tabelas 6 e 7 apresentam os principais coeficientes técnicos utilizados na formulação do modelo, entanto que a matriz completa do modelo determinístico se apresenta no Anexo 2.

4.4. Formulação dos modelos envolvendo risco

Para a formulação dos modelos envolvendo risco, foram selecionadas seis variáveis consideradas como aleatórias em função das percepções dos empresários, que as consideram as principais fontes de incerteza nos resultados da empresa. As variáveis escolhidas foram os coeficientes na função objetivo (margens brutas) das atividades NOV1, NOV2, NOV3, VENTER, OVINO e PRCOS.

Para a definição da distribuição de probabilidades das variáveis aleatórias foi descartada a utilização de séries históricas, e optou-se por um processo de simulação, com base nas percepções subjetivas dos tomadores de decisões. Esta opção se justifica em parte, por razões teóricas, derivadas da análise de decisões, que postula que o tratamento

Tabela 6. Pesos vivos e ganhos diários de peso estimados para as categorias de animais do modelo.

MES	IDADE (meses)	-----NOV 1-----		-----NOV 2-----		-----NOV 3-----		-----CORDEIRO-----	
		PESO (kg)	GANHO (kg/dia)	PESO (kg)	GANHO (kg/dia)	PESO (kg)	GANHO (kg/dia)	PESO (kg)	GANHO (kg/dia)
1	4								
2	5							20.0	0.07
3	6	140.0	0.25	172.5	0.25	140.0	0.25	22.0	0.07
4	7	147.5	0.50	180.0	0.35	147.5	0.25	24.0	0.07
5	8	162.5	0.50	190.5	0.45	155.0	0.25	26.0	0.10
6	9	177.5	0.25	204.0	0.45	162.5		29.0	0.10
7	10	185.0	0.25	217.5	0.60	162.5		32.0	0.10
8	11	192.5	0.25	235.5	0.85	162.5		35.0	
9	12	200.0	1.00	261.0	0.95	162.5	0.50		
10	13	230.0	1.00	289.5	1.00	177.5	0.50		
11	14	260.0	1.00	319.5	0.85	192.5	0.50		
12	15	290.0	0.75	345.0	0.75	207.5			
1	16	312.5	0.50	367.5	0.85	207.5			
2	17	327.5	0.50	393.0	0.90	207.5			
3	18	342.5	0.50	420.0	0.95	207.5	0.25		
4	19	357.5	0.75	448.5		215.0	0.25		
5	20	380.0	0.75			222.5	0.25		
6	21	402.5	0.75			230.0			
7	22	425.0	0.50			230.0			
8	23	440.0	0.50			230.0			
9	24	455.0				230.0	0.75		
10	25					252.5	0.75		
11	26					275.0	0.75		
12	27					297.5			
1	28					297.5			
2	29					297.5			
3	30					297.5	0.60		
4	31					315.5	0.60		
5	32					333.5	0.60		
6	33					351.5	0.30		
7	34					360.5	0.30		
8	35					369.5	0.30		
9	36					378.5	0.75		
10	37					401.0	0.75		
11	38					423.5	0.75		
12	39					446.0			

Fonte: elaborado com informações de Crempien (s/d) e M. Lázaro (comunicação pessoal)

Tabela 7. Estimativas das Margens Brutas mais prováveis das atividades (em dólares).

	CUSTO				RECEITA				MB
	unidade	quantidade	preço/ unidade	TOTAL \$	unidade	quantidade	preço/ unidade	TOTAL \$	
CRIA									
venda refugo					kg	130.00	0.50	65.00	
reposição				6.00					
sanidade				5.00					
TOTAL				11.00				65.00	54.00
OVINO									
venda cordeiro					kg	17.50	0.60	10.50	
venda la					kg	6.00	1.70	10.20	
venda refugo					kg	8.00	0.37	2.94	
sanidade				1.20					
esquila				2.20					
TOTAL				3.40				23.64	20.24
NOV1									
sanidade				7.07					
suplemento				0.00					
venda					kg	422.00	0.79	335.41	
TOTAL				7.07				335.41	328.34
NOV2									
sanidade				5.37					
suplemento				27.00					
venda					kg	436.00	0.82	355.99	
TOTAL				32.37				355.99	323.62
NOV3									
sanidade				2.36					
venda					kg	422.00	0.74	314.26	
TOTAL				2.36				314.26	311.90
PR									
semeadura				6.60					
adubação				13.32					
semente lotus	kg	2.00	4.00	8.00					
semente raigras	kg	2.40	1.20	2.88					
adubo	kg	20.00	0.33	6.60					
TOTAL				37.40					-37.40
PRCOS									
semeadura				6.60					
adubação				13.32					
corte				17.10					
enfilheramento				11.32					
enfardado				45.00					
mov. fardos				12.55					
colheita				53.60					
semente lotus	kg	2.00	4.00	8.00					
semente raigras	kg	2.40	1.20	2.88					
adubo	kg	20.00	0.33	6.60					
venda semente					kg	200.00	2.00	400.00	
TOTAL				176.97				400.00	223.03

do risco, para ter validade, deve ter como base as opiniões e percepções subjetivas do tomador de decisões (Anderson et al., 1977; Smidts, 1990; Galetto, 1996). De outra parte, por não existirem séries confiáveis de produtividade, e séries adequadas de preços, devido a distorções derivadas de condições climáticas desfavoráveis no período mais recente, e ao fato de tratar-se em alguns casos de produtos de recente desenvolvimento.

Foi assumida uma distribuição triangular para as variáveis aleatórias. Esta distribuição resulta adequada para o caso considerado devido a que pode ser definida por poucos parâmetros, e a sua capacidade de captar distribuições assimétricas. A distribuição triangular pode ser caracterizada por apenas três parâmetros: o valor mais provável (m), o mínimo (a) e o máximo (b) da distribuição. A função de densidade de probabilidade das variáveis aleatórias {PDF = $f(x)$ } pode ser construída utilizando o método da função de distribuição cumulativa (CDF) inversa (Anderson et al., 1977). O método baseia-se na projeção de uma variável aleatória (u), com distribuição uniforme no espaço 0 a 1, através da CDF "triangular" em direção da escala da variável aleatória (x). As variáveis aleatórias (u) podem ser geradas por um processo pseudoaleatório, e as formas funcionais consideradas para a CDF, obtidas por integração da PDF, são as seguintes (Anderson et al., 1977; Sonka & Patrick, 1984):

$$F(x) = \frac{(x-a)^2}{(b-a)(m-a)} \quad \text{para } a \leq x \leq m$$

$$F(x) = \frac{(b-x)^2}{(b-a)(b-m)} \quad \text{para } m \leq x \leq b$$

Fazendo $u = F(x)$ e obtendo a função inversa, temos:

$$x = a + \sqrt{u(b-a)(m-a)} \quad \text{para } 0 \leq u \leq \frac{(m-a)}{(b-a)}$$

$$x = b - \sqrt{(1-u)(b-a)(b-m)} \quad \text{para } \frac{(m-a)}{(b-a)} \leq u \leq 1$$

onde:

$$F(m) = \frac{(m-a)}{(b-a)}$$

Desta forma, gerando u , comparando-a com $F(m)$ e aplicando a fórmula correspondente obtemos o valor da variável aleatória simulada x .

A especificação dos parâmetros correspondentes as seis variáveis aleatórias é apresentada na tabela 8.

Levando em conta as percepções dos tomadores de decisões, duas das seis variáveis aleatórias foram consideradas independentes (OVINO e PRCOS), entanto as que envolvem produção bovina de corte (NOV1, NOV2, NOV3 e VENTER) são tidas como correlacionadas positivamente. A tabela 9 apresenta a matriz de correlações utilizada. A ausência de independência entre as variáveis aleatórias implica na necessidade de gerar os valores amostrais em forma conjunta, através de uma distribuição multivariada,

Tabela 8. Parâmetros das distribuições triangulares de frequências adotados para as variáveis aleatórias dos modelos.

variável	mínimo	mais provável	máximo
NOV1	281.16	328.33	358.85
NOV2	271.23	323.63	358.23
NOV3	282.37	311.89	336.85
VENTER	65.00	80.00	85.50
OVINO	19.32	20.25	20.51
PRCOS	0.00	223.00	530.00

utilizando a matriz de correlações. Na presente pesquisa foi utilizado para esses efeitos um programa elaborado pelo Professor Carlos Tadéu dos Santos Dias, do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ/USP, cedido gentilmente pelo autor, cuja listagem completa se apresenta no Anexo 3. Detalhes sobre a formulação do programa podem ser consultados em Dias (1996).

Tabela 9. Matriz de correlações adotada para a geração de valores amostrais para as variáveis aleatórias .

	NOV1	NOV2	NOV3	VENTER	OVINO	PRCOS
NOV1	1.00	0.95	0.90	0.80	0.00	0.00
NOV2	0.95	1.00	0.90	0.80	0.00	0.00
NOV3	0.90	0.90	1.00	0.75	0.00	0.00
VENTER	0.80	0.80	0.75	1.00	0.00	0.00
OVINO	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
PRCOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Foram simulados 200 valores para as variáveis, gerando-se desta forma 200 "estados de natureza" incluídos como restrições nos modelos, seja na forma de desvios em relação ao valor esperado no caso do MOTAD, ou diretamente como margens brutas no modelo Target-MOTAD. A tabela 10 apresenta a média e o desvio padrão dos valores simulados para cada variável, junto com os valores calculados para esses parâmetros, segundo as seguintes expressões (Dias, C., comunicação pessoal):

$$\mu = \frac{(a+b+m)}{3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(b-a)^2 + (m-a)^2 - (b-a) * (m-a)}{18}}$$

A matriz de correlações dos valores simulados para as seis variáveis aleatórias consideradas se apresentam na tabela 11.

O grau de coincidência dos parâmetros esperados com os observados permite concluir que o número utilizado de simulações é suficiente, no caso do presente problema, para expressar em forma razoável o risco percebido pelo tomador de decisões.

Os diagramas correspondentes às distribuições de freqüências dos valores amostrais obtidos para as variáveis aleatórias se apresentam no Anexo 4.

Tabela 10. Parâmetros calculados e observados das distribuições de frequências das variáveis simuladas.

variável	CALCULADOS		OBSERVADOS	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão
NOV1	322.78	15.98	321.75	15.64
NOV2	317.70	17.88	316.74	17.57
NOV3	310.37	11.13	309.13	10.81
VENTER	76.83	4.33	76.82	4.39
OVINO	20.03	0.26	20.03	0.26
PRCOS	251.00	108.64	250.10	107.92

Tabela 11. Matriz de correlação entre os valores simulados para as variáveis aleatórias do modelo.

	NOV1	NOV2	NOV3	VENTER	OVINO	PRCOS
NOV1	1.000	0.950	0.897	0.797	0.025	0.057
NOV2	0.950	1.000	0.892	0.772	0.053	0.051
NOV3	0.897	0.892	1.000	0.742	0.014	0.029
VENTER	0.797	0.772	0.742	1.000	-0.058	0.002
OVINO	0.025	0.053	0.014	-0.058	1.000	-0.068
PRCOS	0.057	0.052	0.029	0.002	-0.068	1.000

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resultados do modelo determinístico.

A solução ótima do modelo determinístico, gera uma margem bruta de U\$S 72.600, superior ao nível de referência (target) estabelecido pelos empresários, de U\$S 54.000. Os valores ótimos das variáveis de decisão do modelo aparecem na primeira linha das tabelas 12 e 13, já que coincidem com os valores correspondentes aos máximos desvios nos modelos envolvendo risco.

Em termos de uso do solo, a atividade correspondente a pradaria com colheita de semente (PRCOS) atinge o nível máximo permitido, 80 hectares, entanto se realizam 246 hectares de pradaria só para pastoreio (PR). Em conjunto, estas duas atividades ocupam o 60 % da superfície de pastoreio. Esta percentagem é superior ao atual na empresa, mas é coerente com as metas estabelecidas a mediano prazo em termos de superfície de pastagens melhoradas. É de destacar que a proporção de pastagens melhoradas mencionada é muito superior à média das empresas do setor.

No que se refere às atividades pecuárias, a relação ovino/bovino atinge exatamente o limite inferior admitido pelo modelo (2:1).

Tabela 12. Resultados do modelo MOTAD

MARGEM (U\$S)	DESVIO (U\$S)	CRIA (unidades)	OVINO (unidades)	NOV1 (cabeças)	NOV2 (cabeças)	NOV3 (cabeças)	PRCOS (hectares)	PR (hectares)	CN (hectares)
72600	747500	180	360	105	35	0	80	246	214
70994	700000	180	361	105	35	0	74	252	214
67618	600000	180	361	105	35	0	63	264	214
64168	500000	180	361	105	35	0	51	276	213
60514	400000	180	361	105	35	0	38	289	213
56532	300000	173	347	116	19	0	25	243	271
51322	200000	156	513	117	5	0	11	234	295
47760	150000	114	1155	89	0	0	8	315	216
43875	100000	74	1794	58	0	0	4	414	122
37026	50000	39	1975	0	0	22	1	321	218

Tabela 13. Resultados do modelo target-MOTAD (T = 54000)

MARGEM (U\$S)	DESVIO (U\$S)	CRIA (unidades)	OVINO (unidades)	NOV1 (cabeças)	NOV2 (cabeças)	NOV3 (cabeças)	PRCOS (hectares)	PR (hectares)	CN (hectares)
72600	2839	180	360	105	35	0	80	246	214
72429	2500	178	397	104	35	0	80	252	208
72057	2000	172	477	101	34	0	80	260	200
71684	1500	167	559	98	33	0	80	269	192
71313	1000	161	640	94	31	0	80	277	183
70910	500	155	728	91	30	0	80	286	174
70341	0	147	852	86	29	0	80	298	162

Entretanto, a relação entre as alternativas de engorda de boi mostra uma opção pelas atividades mais intensivas. Os bois terminados com 19 meses de idade atingem o máximo nível possível, e os bois terminados no campo natural com 39 meses de idade não são considerados.

Em termos gerais, pode-se concluir que o modelo determinístico é coerente com um critério maximizador da esperança das margens brutas das atividades da empresa. A principal diferença com o sistema de produção atual reside na relação ovino/bovino. A proporção mais elevada de ovinos na empresa é explicada pelos tomadores de decisões em função da menor variabilidade das margens brutas da atividade. Embora os preços da lã tenham manifestado importantes flutuações no tempo, o caráter de produção de duplo propósito (carne e lã), e o fato de ser a engorda de cordeiros uma atividade sob contrato, determinam a percepção da atividade como mais estável que as outras alternativas de produção.

Como foi definido na metodologia, a variável PRCOS apresenta nos modelos um limite superior em função de considerações técnicas, vinculadas à disponibilidade na região de maquinaria para a colheita. Caso seja eliminada a restrição correspondente, o modelo tende à especialização em produção de sementes, reduzindo as produções pecuárias a níveis pouco significativos. Este resultado indica que a atividade é a que melhor aproveita a dotação de recursos da empresa. Conclusão similar pode ser obtida na análise do valor dual da restrição que limita a atividade, quando presente. Mesmo sendo a possibilidade de especialização em produção de sementes descartada pelos empresários, as presentes considerações podem

apresentar interesse para a avaliação dos modelos de risco, no final desta seção.

5.2. Resultados do modelo MOTAD.

Na figura 6 e na tabela 12 se apresenta a fronteira eficiente gerada mediante a parametrização do valor admissível de desvios negativos no modelo MOTAD. A combinação de atividades que correspondem ao máximo valor de desvio negativo é idêntica a solução ótima no modelo determinístico. O desvio total nessa solução atinge os 747.500 dólares, o que corresponde a uma média anual de 3.738 dólares a menos que o valor esperado de retorno.

Na figura 8 se apresenta a evolução das variáveis de decisão mais importantes, em função de mudanças ao longo da fronteira eficiente. Os valores no gráfico, correspondem à evolução das variáveis, em ordem descendente, nas linhas da tabela 12. O deslocamento no sentido da diminuição dos desvios indica, em função do caráter normativo do modelo, a estratégia que se deveria percorrer assumindo aumentos na aversão ao risco do tomador de decisões. Nesse sentido, a principal variável de ajuste proposta pelo modelo é a superfície de pradaria com produção de semente, que diminui progressivamente na medida que diminuem o nível de risco e a margem bruta. Na figura 8, a variável é expressada em termos de percentagem em relação ao máximo admitido, de 80 hectares. A superfície de pradaria sem produção de semente evolui no sentido de compensar a

Figura 6. Fronteira eficiente modelo MOTAD

Figura 7. Fronteira eficiente modelo target-MOTAD

Figura 8. Evolução das variáveis segundo nível de risco no modelo MOTAD.

(1) Como percentagem do máximo admitido.

Figura 9. Evolução das variáveis segundo nível de risco no modelo target-MOTAD.

(1) Como percentagem do máximo admitido.

diminuição da pradaria com colheita, de modo que a percentagem de pastagens melhoradas mantêm-se num nível praticamente constante até os U\$S 400.000 de desvio. A partir de esse valor, apresenta variações decorrentes da demanda de forragem derivada da evolução das atividades pecuárias que são analisadas a seguir.

As atividades de produção animal permanecem estáveis perante as mudanças nos níveis de risco, até os U\$S 400.000 de desvio. A partir de esse nível, correspondente a uma margem bruta total de U\$S 60.514, começa a diminuir a participação relativa da atividade NOV2, substituída por NOV1, de caráter mais extensivo. O número de ovinos se mantém no limite mínimo estabelecido pelas restrições do problema até os U\$S 300.000 de desvio, e, posteriormente, aumenta significativamente a relação ovino / bovino para desvios de U\$S 150.000 ou menores. É interessante observar que os incrementos nos valores da variável OVINO acontecem para níveis de margem inferiores ao definido como crítico para a empresa em análise, o que conduziria a sua rejeição pelo empresário. Como pode ser visto na tabela 12, o desvio de U\$S 200.000, no qual se produz a inflexão da curva que representa a relação ovino / bovino, corresponde a uma margem bruta de aproximadamente U\$S 51.000. Dentro do entorno de valores aceitáveis de margem as únicas mudanças nas combinações de atividades vinculam-se com substituições entre superfícies de pradarias com e sem colheita de semente e a diminuição da engorda intensiva de bovinos.

5.3. Resultados do modelo target-MOTAD

Os resultados para o modelo target-MOTAD, considerando um nível de aspiração de margem bruta total de U\$S 54.000, são apresentados na tabela 13 e na figura 7. O máximo nível de desvio em relação ao "target" é de U\$S 2.839, para o caso de obter a máxima margem bruta total possível, o que corresponde a uma média de apenas 14.19 dólares por ano. Isto significa que, nas condições do problema definido, praticamente não existe risco de não atingir o nível de aspiração, o que explica a similitude do conjunto de soluções eficientes geradas com o modelo respeito à solução do problema determinístico. Uma forma alternativa de visualizar o assinalado é considerar que atingir com certeza a meta de não obter uma margem bruta menor a U\$S 54.000 em nenhum dos estados de natureza considerados, implica em sacrificar U\$S 2.259 na margem esperada (de 72.600 para 70.341 dólares), ou seja, um 3 % da margem bruta máxima.

De forma similar ao caso do modelo MOTAD, a figura 9 mostra a evolução das variáveis de decisão selecionadas, decorrentes de mudanças nos níveis de desvio. Ao contrário do que acontece no caso do modelo MOTAD, para todo o conjunto dos valores de desvio, o nível de pradaria com colheita de semente atinge o máximo admitido. Neste caso, o ajuste perante níveis crescentes de aversão ao risco efetua-se através do acréscimo na relação ovino / bovino. Na tabela 13 pode-se notar a substituição de bovinos por ovinos na medida que diminuem a margem e o risco. As variações observadas na evolução da pradaria sem colheita, e, portanto, na proporção de pastagens melhoradas são decorrentes da maior utilização de pastagens

melhorados na alternativa de produção ovina considerada no modelo. No que se refere às relações entre as categorias de bois, não se apresentam diferenças para os níveis de margem e desvio considerados, ficando a alternativa de produção mais intensiva (NOV2) no limite superior admitido pelo modelo.

Na figura 7 apresenta-se, a título de ilustração, junto com a fronteira eficiente correspondente ao nível de margem de aspiração definido pelos empresários, a fronteira eficiente calculada para uma margem mínima de U\$S 60.000. Pode-se constatar um substantivo acréscimo no nível de risco associado, refletido no deslocamento à direita da fronteira. A margem bruta do modelo determinístico é atingida com um desvio de U\$S 65.250 em relação ao nível escolhido de aspiração, o que corresponde a uma média anual de 326.25 dólares. Mesmo sendo um algarismo pouco importante, equivale a mais de 20 vezes o desvio correspondente ao "target" de U\$S 54.000. De outra parte, o modelo não tem solução viável para desvios de U\$S 18.800 ou menores. A evolução das variáveis de decisão em decorrência de deslocamentos ao longo da fronteira eficiente não apresenta diferenças substantivas em relação ao caso do nível de aspiração de U\$S 54.000.

5.4. Comparação dos resultados obtidos nos modelos com consideração de risco

Os dois modelos de risco utilizados na análise estabelecem, no caso da empresa em estudo, estratégias claramente diferenciadas para aumentos

na aversão ao risco do tomador de decisões. Entanto o modelo MOTAD propõe basicamente diminuições no nível da atividade da variável correspondente a pradaria com colheita de semente e um aumento da extensividade na produção bovina de corte, o target-MOTAD postula o acréscimo da relação ovino / bovino, mantendo constante no seu máximo nível a atividade pradaria com colheita de semente. Tendo em consideração o expressado na análise dos resultados do modelo determinístico, pode-se concluir que o target-MOTAD, no contexto do caso estudado, em relação aos dois argumentos da função de utilidade implícita: (a) é mais consistente com as percepções de risco dos tomadores de decisões, em particular no que tem relação com a produção ovina, e (b) em termos de maximização da esperança de margens, é coerente na medida que mantém os níveis mais altos permitidos da atividade relativamente mais eficiente (PRCOS).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Conclusões sobre a viabilidade dos sistemas intensivos de engorda.

Os resultados obtidos dos modelos utilizados mostram uma clara superioridade das alternativas de tipo intensivo, no contexto da empresa analisada. As alternativas extensivas de produção não formam parte das soluções que constituem as fronteiras eficientes (venda de bezerros sem criar), ou aparecem associadas a níveis de margem não aceitáveis para os tomadores de decisões (boi gordo em campo natural). Outras alternativas extensivas, como as produções ovinas tradicionais foram eliminadas dos modelos por serem dominadas pelo engorde de cordeiros em base a pastagens melhoradas.

2. Conclusões sobre o desempenho dos modelos.

Em termos gerais não se apresentaram problemas por parte do empresário na compreensão das características dos modelos, nem na especificação dos parâmetros requeridos, incluindo os valores para a definição das distribuições triangulares de frequências. A principal dificuldade encontrada foi na especificação da matriz de correlações entre as variáveis aleatórias. Tratando-se no presente caso de empresários com

nível universitário, é razoável pensar que com empresários menos familiarizados com conceitos estatísticos e menor acesso a informações as dificuldades neste aspecto da especificação dos modelos podem ser de maior importância.

Da comparação do desempenho dos modelos utilizados surge uma clara superioridade do Target-MOTAD atendendo aos parâmetros de avaliação apresentados no capítulo de metodologia.

Em primeiro lugar, em relação às definições de risco propostas pelos modelos, o critério do target-MOTAD foi percebido como mais conveniente, na medida em que o risco é associado a possibilidade de não atingir um nível mínimo de ingresso. Isto estaria indicando uma melhor adequação do método as características do processo decisório do empresário.

De outra parte, as combinações de atividades presentes na fronteira eficiente do target-MOTAD são mais próximas àquela da empresa analisada. A estratégia proposta pelo target-MOTAD, na qual, perante níveis de aversão ao risco crescente aumenta a relação ovino / bovino mantendo o nível máximo possível de pradaria com produção de semente reflete mais adequadamente as percepções de risco do empresário.

3. Sugestões para futuras pesquisas.

Em primeiro lugar, cabe destacar a necessidade de continuar com a

aplicação de estudos de caso no sentido das duas linhas básicas de orientação da pesquisa: de um lado o teste da viabilidade econômica de alternativas de produção, e por outro a validação de metodologias de pesquisa com incorporação de risco. O dito implica em:

- diversificação no tipo de empresas objeto de análise, em termos de dotações de recursos e capacidade gerencial.

- ampliação do tipo de ferramentas de análise de decisões a efeitos da sua validação prática e consistência com o comportamento empresarial.

A presente pesquisa omite a consideração de alguns aspectos substantivos na análise de alternativas tecnológicas, entre os quais destacam-se:

- o possível efeito de aspectos financeiros, em termos de maiores níveis de investimento em melhoramentos forrageiros, instalações e maquinaria, assim como em capital de trabalho. Aplicações do target-MOTAD como as de Parton & Cumming (1990) oferecem perspectivas promissoras nesta perspectiva.

- estritamente vinculado ao aspecto anterior, é necessário levar em conta a trajetória temporal de ajuste até atingir as situações alvo analisadas geralmente em programação matemática. A programação multiperiódica é um instrumento que aparece como idôneo para este tipo de problemas.

Um aspecto de tipo metodológico a destacar refere-se ao processo de simulação de variáveis aleatórias. A validade teórica no contexto de análise de decisões, e a possibilidade da sua aplicação, a partir de procedimentos simples como o aplicado no caso da presente pesquisa, parecem estar claramente justificadas. Não obstante, aspectos como o referido à quantidade de simulações a realizar em cada caso mereceria um tratamento mais rigoroso.

Embora a ênfase no presente trabalho seja colocada nos aspectos de apoio à tomada de decisões a nível de empresa, é indudável que modelos como os utilizados nesta pesquisa oferecem perspectivas de aplicação a nível agregado, e na área de formulação de políticas setoriais. Para esses fines é imprescindível a tarefa de testar o comportamento dos modelos aqui utilizados em maior número de estudos de caso, tal como foi colocado no começo desta seção.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA Y LARA, A.; AGUIAR, A.; BERTONASCO, M.; SISTO, M.; VILARO, R. Dos exploraciones sobre programación lineal con riesgo en empresas agropecuarias. Montevideo: IICA, 1979.
- AICARDI, J.; PEREZ, H. Estudio agroeconómico de un predio del centro de Soriano. Montevideo, IICA: 1978. 42 p.
- ALAEJOS, A.; CAÑAS, J. Selección de planes de cultivo en contexto de riesgo mediante el modelo media-DAP. Investigación Agraria - Economía, v. 8, n. 2, p. 165-183, 1993.
- ALONSO, J.; PEREZ, C. Adopción de tecnología en la ganadería vacuna uruguaya. In: CINVE - CIESU. El problema tecnológico en el Uruguay Actual. Estudio de casos. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental, 1981. p. 281-443.
- ANDERSON, J.; DILLON, J.; HARDAKER, J. Farmers and risk. In: XIX International Conference of Agricultural Economists, Málaga, 1985. Proceedings. London: IAAE, 1986. p. 638-648.
- ANDERSON, J.; DILLON, J.; HARDAKER, J. Agricultural decision analysis. Ames: The Iowa State University Press, 1977. 343 p.
- ASTORI, D. et al. La evolución tecnológica de la ganadería uruguaya 1930-1977. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental, 1979. 475 p.
- BARBATO, C. El proceso de generación, difusión y adopción de tecnología en la ganadería vacuna uruguaya. Síntesis interpretativa. In: CINVE - CIESU. El problema tecnológico en el Uruguay Actual. Estudio de casos. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental, 1981. p. 235-279.
- BARRY, P. ed. Risk management in agriculture. Ames: The Iowa State University Press, 1984. 282 p.
- BERBEL, J. Risk programming in agricultural systems: a multiple-criteria analysis. Agricultural Systems, v. 41 n. 3, p. 275-288, 1993.
- BERBEL, J. Target returns within risk programming models: a multiobjective approach. Journal of Agricultural Economics, v. 39, n. 2, p. 263-270, 1988.
- CALATRAVA, J.; DOMINGO, J. Consideraciones sobre el empleo de la simulación en la resolución de programas estocásticos: planificación de cultivos en una explotación hortícola de la costa mediterránea de Andalucía. Anales del INIA, serie Economía y Sociología Agrarias, n. 6, p. 35-54, 1982.

- CAMPOMAR, M. Do uso do "estudo de caso" em pesquisas para dissertações e teses em administração. *Revista de Administração*, v. 26, n. 3, p. 95-97, 1991.
- CASTRO, E. et al. Sistemas de producción agrícola-ganadera en La Estanzuela. In: CABALLERO, H., ed. *Sistemas de producción pecuária. Principios y aplicación en investigación y extensión*. Montevideo: IICA/OEA, 1975. p.147-158.
- CIBILS, R. et al. *Jornada sobre suplementación. Material de apoyo*. Young: Unidad Experimental y Demostrativa de Young/Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 1993. 18 p.
- CREMPIEN, C. *Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos*. Montevideo: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, s.d. 72 p.
- DE MELLO, N.; PERES, F. Análise de alternativas de engorda de bovinos em condições de risco. In: 17º Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Administração, Salvador, 1994. *Anais*. Salvador: ANPAD, 1994. p 54-65.
- DE MELLO, N. Modelo de decisión en ganadería intensiva. /Apresentado nas X Jornadas Anuales de Economía del Banco Central del Uruguay, Montevideo, 1995/
- DIAS, C. Planejamento de uma fazenda em condições de risco: programação linear e simulação multidimensional. Piracicaba, 1996, 100 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo.
- FISHBURN, P. Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. *The American Economic Review*, v. 67, n. 2, p. 116-126, 1977.
- FREEZE, B.; NELSON, A.; MUSSER, W.; HIRONAKA, R. Feeding and marketing portfolio effects of cattle feeding in Alberta. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, v. 38, n. 2, p. 233-252, 1990.
- GALETO, A.; RAMIREZ, L.; ZULIANI, S.; FRANCO, L. Competencia entre el tambo y la agricultura en la región centro - sur de la Provincia de Santa Fé. In: XXVII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Rafaela, 1996. *Trabajos y comunicaciones*, n.2. Rafaela: AAEA, 1996.
- GARCIA, L. Elementos en la explicación del comportamiento cíclico de la economía pecuária en Uruguay. *Revista Rioplatense de Economía Agraria*, n. 2, p. 19-40, 1989.
- GONZALEZ, G. Entrevista. *El Mercado Agropecuario*, n. 183-184, ago. 1993.

- HARDAKER, J.; PANDEY, S.; PATTEN, L. Farm planning under uncertainty: a review of alternative programming models. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, v. 59, n. 1, p. 9-22, abr. 1991.
- HAZELL, P. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 53, n.1, p. 53-62, 1971.
- HAZELL, P.; NORTON, R. *Matemathical programming for economic analysis in agriculture*. New York: MacMillan Publishing Company, 1986. 400 p.
- HOLTHAUSEN, D. A risk-return model with risk and return measured as deviations from a target return. *The American Economic Review*, v. 71, n. 1, p. 182-187, 1981.
- KING, R.; ROBINSON, L. Risk efficiency models. Em BARRY, P., ed. *Risk management in agriculture*. Ames: The Iowa State University Press, 1984. p. 68-81.
- LACELLI, G. La programación lineal con riesgo y su aplicación al estudio de la reconversión de las empresas agropecuarias. In: XXVII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Rafaela, 1996. *Trabajos y comunicaciones*, n. 28. Rafaela: AAEA, 1996.
- LAFFITTE, V.; COHAN, H.; SECCO, J. El tratamiento del riesgo y la incertidumbre en la evaluación de proyectos. In: MIRAGEM, S.; CABALLERO, H., ed. *Metodología de evaluación de proyectos de desarrollo agropecuario*. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca/Banco Interamericano de Desarrollo/Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1976. p. 111-144.
- MAPP, H.; HELMERS, G. Methods of risk analysis for farm firms. In: BARRY, P., ed. *Risk management in agriculture*. Ames: The Iowa State University Press, 1984. p. 116-128.
- MARTINEZ, E. et al. Situación actual de la tecnología ganadera por zonas. Generación, transferencia y adopción. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay*, v. 3, n. 2, p. 296-352, 1985.
- MCSWEENEY, W.; KENYON, D.; KRAMER, R. Toward an appropriate measure of uncertainty in a risk programming model. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 69, n. 1, p. 87-96, 1987.
- MILLAN, J. Planificación de cultivos en función de la disponibilidad de agua para riego y en contexto de riesgo. *Investigación Agraria - Economía*, v. 7, n. 1, p. 47-59, 1992.
- MILLAN, J.; BERBEL, J. A multicriteria model for irrigated agricultural planning under economic and technical risk. *Agricultural Systems*, v. 44, n.1, p. 105-117, 1994.

- MUÑOZ, G. Paridades de exportación para ganado bovino en pie. In: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Anuario. Montevideo: MGAP, 1993.
- MUSSER, W.; MAPP, H.; BARRY, P. Applications I: risk programming. In: BARRY, P., ed. Risk management in agriculture. Ames: The Iowa State University Press, 1984, p. 129-147.
- NEVES, E.; COUTO, M. Confinamento de bovinos de corte: condicionantes econômicos e instrumentos de apoio à tomada de decisão. In: PEIXOTO, A.; MOURA, A.; FARIA, V. Confinamento de bovinos de corte. Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 1-18 (Série Atualização em Zootecnia, volume 2).
- NEVES, E. et al. Confinamento na bovinicultura de corte em condições ex-ante. In: XXXI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Ilhéus, 1993. Anais. Brasília: SOBER, 1994. vol. 1, p. 322-330.
- ORCASBERRO, R. Suplementación invernal de vacunos con concentrados. /Apresentado ao VI Congresso Nacional de Ingeniería Agronómica. Montevideo, Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay, 1993/
- PAOLINO, C. Central Cooperativa de Carnes del Uruguay: un desafío para el movimiento cooperativo. São Paulo: PENSA, 1992. 23 p.
- PARTON, K.; CUMMING, R. An application of target-MOTAD programming to the analysis of downside business and financial risk on farms. Review of Marketing and Agricultural Economics, v. 58, n. 1, p. 76-88, 1990.
- PEIXOTO, J.; ALONSO, J.; PEREZ, C. Rentabilidad de variantes tecnológicas en la ganadería uruguaya. Montevideo: CINVE, 1980. 95 p. (serie notas metodológicas, 8)
- PERES, F. Confinamento de gado de corte: um modelo de análise de decisão. Piracicaba, 1990. 74 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP.
- PERES, F.; MATTOS, Z. Simulação como auxílio a decisão de confinar bovinos de corte. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Bovinicultura de corte. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 97-108.
- PLOUVIER, L. Fatores condicionantes do comportamento do setor pecuário no Uruguai. Piracicaba, 1979. 154 p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP.
- PRADA, A., coord. Producción intensiva de carne. Algunos ejemplos a nivel de subsistemas. San Pedro: Comisión Sectorial Agrícola - Ganadera CREA, 1993. 34 p.

- PREVE, J.; PEYROU, J. Situación actual y perspectivas de la carne vacuna. In: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Anuario. Montevideo, MGAP, 1993.
- RISSO, D. et al. Suplementación en invernadas del Litoral. Em RESTAINO, E.; INDARTE, E., ed. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 1991. p. 51-65. (Serie técnica, 15)
- RODRIGUEZ, L. Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear nao determinista. Piracicaba, 1987. 83 p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP.
- ROVIRA, J. El futuro de la ganadería extensiva en el Uruguay. El Mercado Agropecuario, n. 172, maio 1993.
- ROVIRA, J. Producción de carne con razas bovinas tradicionales. In: AZZARINI, M. et al. Producción y comercialización de carnes. Montevideo: Departamento de Publicaciones/Universidad de la República, 1971A. p. 85-127.
- ROVIRA, J. Evaluación de reses. In: AZZARINI, M. Producción y comercialización de carnes. Montevideo: Departamento de Publicaciones/Universidad de la República, 1971B. p. 257-284.
- ROVIRA, J. Evaluación de reses. In: AZZARINI, M. Producción y comercialización de carnes. Montevideo: Departamento de Publicaciones/Universidad de la República, 1971B. p. 257-284.
- SA, J. Análise econômica da engorda de bovinos em confinamento, em Goiás. Piracicaba, 1985. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP.
- SECCO, J.; PEREZ, C. El ciclo ganadero. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay, n. 4, p. 15-21, dic. 1975.
- SECCO, C. Evaluación económica del sistema de producción Unidad Experimental y Demostrativa de Young "Ing. Agr. Luis Ignacio Garmendia". Young: Convenio SRRN-INIA, 1992. 43 p.
- SMIDTS, A. Decision making under risk. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1990. 329 p.
- SONKA, S.; PATRICK, G. Risk management and decision making in agricultural firms. In: BARRY, P., ed. Risk management in agriculture. Ames: The Iowa State University Press, 1984. p. 95-115.
- SYMONDS, R. Sistemas de producción agrícola-ganadera de Young, Departamento de Río Negro. In: CABALLERO, H., ed. Sistemas de producción pecuária. Principios y aplicación en investigación y extensión. Montevideo: IICA/OEA, 1975. p. 135-142.

- TATIZANA, S. Alimentação suplementar de gado de corte. Piracicaba: ESALQ/DESR, 1992. 48 p. (Seminário)
- TAUER, L. Target MOTAD. *American Journal of Agricultural Economics*, v.65, n. 3, p. 606-610, 1983.
- TEAGUE, M.; BERNARDO, D.; MAPP, H. Farm-level economic analysis incorporating stochastic environmental risk assessment. *American Journal of Agricultural Economics*, v.77, n. 1, p. 8-19, 1995.
- TELLERIA, R. ¿Qué lecciones nos está dejando la actual crisis del sector agropecuario? *El Mercado Agropecuario*, n. 186, set 1993.
- TOYAMA, I. et alii Análise de decisão para venda de boi gordo na entressafra. /Apresentado ao 18º Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Administração, 1994/
- VAZQUEZ, R.; JONES, L.; WHITSON, R. Riesgo y avance tecnológico en el sector ganadero del Uruguay: un análisis por programación cuadrática. /Apresentado na XVI International Conference of Agricultural Economists. Nairobi, 1976/
- VILA, F. et al. Propuesta de desarrollo de un establecimiento agropecuario del noreste del Uruguay. Montevideo: IICA, 1978.
- WATTS, M.; HELD, L.; HELMERS, G. A comparison of target-MOTAD to MOTAD. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, v. 32, p. 175-186, 1984.
- YIN, R. Case study research. EUA: SAGE Publicatios, 1991.
- YOUNG, D. Risk concepts and measures for decision analysis. In: BARRY, P., ed. *Risk management in agriculture*. Ames: The Iowa State University Press, 1984. p. 31-42.

ANEXO 1. ESTRUTURA DOS MODELOS MOTAD E TARGET-MOTAD

1. Estrutura do modelo MOTAD

sendo:

- x : vetor de níveis de atividade das variáveis de decisão.
- n : vetor de desvios negativos em relação à média do retorno esperado das atividades para os estados de natureza.
- c : vetor de valores esperados de retorno das atividades.
- A : matriz de coeficientes técnicos.
- b : vetor de disponibilidade de recursos.
- D : matriz de desvios dos retornos em relação a média.
- I : matriz identidade.
- p : vetor de probabilidades de ocorrência dos estados de natureza.
- M : valor a ser parametrizado.

2. Estrutura do modelo Target-MOTAD

sendo as variáveis as definidas na página 71, e:

d : vetor de desvios negativos, em relação a um nível crítico (T), do retorno esperado das atividades para os estados de natureza.
 T : nível crítico de retorno total das atividades.

ANEXO 2. MATRIZ DE PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA O MODELO DETERMINISTICO

DISDET OBJECTIVE: MAX VARIABLES: 31 DATE 02-04-1997
 BASIS: NONE CONSTRAINTS: 40 SLACKS: 39 TIME 00:05:14

	CRIA	VENTER	OVINO	NOV1	NOV2	NOV3	CN1	PR	PRCOS	CN2	TRF1	
RETURN	54.000	76.830	20.030	322.78	317.70	310.37	-2.0000	-37.400	251.00	-2.0000		RETURN
SUP1							1.0000	1.0000	1.0000			SUP1
SUP2										1.0000		SUP2
BF.I.1				186.00	248.00			-408.40			-1.0000	BF.I.1
BF.I.2			7.8500	173.60	249.20			-235.10	-235.10			BF.I.2
BF.I.3			40.080	291.40	409.20			-312.30	-312.30			BF.I.3
BF.I.4			39.710	330.00	120.00			-243.70	-243.70			BF.I.4
BF.I.5			11.070	362.70	127.10			-382.00	-382.00			BF.I.5
BF.I.6			12.240	351.00	126.00			-331.90	-331.90			BF.I.6
BF.I.7			14.230	337.90	139.50			-335.90	-335.90			BF.I.7
BF.I.8			15.810	347.20	170.50			-390.70	-390.70			BF.I.8
BF.I.9			56.700	180.00	195.00			-592.50	-592.50			BF.I.9
BF.I.10			60.260	195.30	210.80			-837.40				BF.I.10
BF.I.11				201.00	210.00			-718.10				BF.I.11
BF.I.12				201.50	217.00			-594.00				BF.I.12
BF.II.1	486.80		62.120			359.60	-180.50			-180.50		BF.II.1
BF.II.2	448.10		45.540			324.80	-180.50			-180.50		BF.II.2
BF.II.3	457.80		5.0400			551.80	-247.00			-247.00		BF.II.3
BF.II.4	448.30		5.8100			555.00	-247.00			-247.00		BF.II.4
BF.II.5	364.50		39.950			600.90	-247.00			-247.00		BF.II.5
BF.II.6	301.00		35.930			534.00	-161.50			-161.50		BF.II.6
BF.II.7	347.70		42.730			558.00	-161.50			-161.50		BF.II.7
BF.II.8	391.10		48.130			567.30	-161.50			-161.50		BF.II.8
BF.II.9	408.20		1.5000			642.00	-336.90			-336.90		BF.II.9
BF.II.10	433.50		8.5300			691.30	-336.90			-336.90		BF.II.10
BF.II.11	442.60		80.250			699.00	-336.90			-336.90		BF.II.11
BF.II.12	486.80		70.490			359.60	-180.50			-180.50		BF.II.12
BALTERN	-1.78000	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000						BALTERN
BALTERPUN		-1.0000		-1.0000	3.0000	-1.0000						BALTERPUN
BALFAR1									-936.00		1.0000	BALFAR1
BALFAR2									-936.00			BALFAR2
BALFAR3									-936.00			BALFAR3
BALFAR4									-936.00			BALFAR4
BALFAR5									-936.00			BALFAR5
BALFAR6									-936.00			BALFAR6
BALFAR7									-936.00			BALFAR7
BALFAR8									-936.00			BALFAR8
BALFAR9									-936.00			BALFAR9
BALFARTOT									-1.0000		1.0000	BALFARTOT
RELOVBOV	2.0000		-1.0000									RELOVBOV
MAXSEM									1.0000			MAXSEM
	CRIA	VENTER	OVINO	NOV1	NOV2	NOV3	CN1	PR	PRCOS	CN2	TRF1	

	TRF2	TRF3	TRF4	TRF5	TRF6	TRF7	TRF8	TRF9	TRCN1	TRCN2	TRCN3	
RETURN												RETURN
SUP1												SUP1
SUP2												SUP2
BF.I.1									1.0000			BF.I.1
BF.I.2	-1.0000									1.0000		BF.I.2
BF.I.3		-1.0000									1.0000	BF.I.3
BF.I.4			-1.0000									BF.I.4
BF.I.5				-1.0000								BF.I.5
BF.I.6					-1.0000							BF.I.6
BF.I.7						-1.0000						BF.I.7
BF.I.8							-1.0000					BF.I.8
BF.I.9								-1.0000				BF.I.9
BF.I.10												BF.I.10
BF.I.11												BF.I.11
BF.I.12												BF.I.12
BF.II.1									-1.2500			BF.II.1
BF.II.2										-1.2500		BF.II.2
BF.II.3											-1.1500	BF.II.3
BF.II.4												BF.II.4
BF.II.5												BF.II.5
BF.II.6												BF.II.6
BF.II.7												BF.II.7
BF.II.8												BF.II.8
BF.II.9												BF.II.9
BF.II.10												BF.II.10
BF.II.11												BF.II.11
BF.II.12												BF.II.12
BALTERN												BALTERN
BALTERPUN												BALTERPUN
BALFAR1												BALFAR1
BALFAR2	1.0000											BALFAR2
BALFAR3		1.0000										BALFAR3
BALFAR4			1.0000									BALFAR4
BALFAR5				1.0000								BALFAR5
BALFAR6					1.0000							BALFAR6
BALFAR7						1.0000						BALFAR7
BALFAR8							1.0000					BALFAR8
BALFAR9								1.0000				BALFAR9
BALFARTOT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000				BALFARTOT
RELOVBOV												RELOVBOV
MAXSEM												MAXSEM
	TRF2	TRF3	TRF4	TRF5	TRF6	TRF7	TRF8	TRF9	TRCN1	TRCN2	TRCN3	

	TRCN4	TRCN5	TRCN6	TRCN7	TRCN8	TRCN9	TRCN10	TRCN11	TRCN12	RHS	
RETURN										.0000000	RETURN
SUP1										<= 430.0000	SUP1
SUP2										<= 110.0000	SUP2
BF.I.1										<= .0000000	BF.I.1
BF.I.2										<= .0000000	BF.I.2
PF.I.3										<= .0000000	BF.I.3
BF.I.4	1.0000									<= .0000000	BF.I.4
BF.I.5		1.0000								<= .0000000	BF.I.5
BF.I.6			1.0000							<= .0000000	BF.I.6
BF.I.7				1.0000						<= .0000000	BF.I.7
BF.I.8					1.0000					<= .0000000	BF.I.8
BF.I.9						1.0000				<= .0000000	BF.I.9
BF.I.10							1.0000			<= .0000000	BF.I.10
BF.I.11								1.0000		<= .0000000	BF.I.11
BF.I.12									1.0000	<= .0000000	BF.I.12
BF.II.1										<= .0000000	BF.II.1
BF.II.2										<= .0000000	BF.II.2
BF.II.3										<= .0000000	BF.II.3
BF.II.4	-1.1500									<= .0000000	BF.II.4
BF.II.5		-1.2000								<= .0000000	BF.II.5
BF.II.6			-1.1500							<= .0000000	BF.II.6
BF.II.7				-1.1500						<= .0000000	BF.II.7
BF.II.8					-1.1500					<= .0000000	BF.II.8
BF.II.9						-1.1000				<= .0000000	BF.II.9
BF.II.10							-1.1000			<= .0000000	BF.II.10
BF.II.11								-1.1000		<= .0000000	BF.II.11
BF.II.12									-1.2500	= .0000000	BF.II.12
BALTERN										<= .0000000	BALTERN
BALTERPUN										<= .0000000	BALTERPUN
BALFAR1										<= .0000000	BALFAR1
BALFAR2										<= .0000000	BALFAR2
BALFAR3										<= .0000000	BALFAR3
BALFAR4										<= .0000000	BALFAR4
BALFAR5										<= .0000000	BALFAR5
BALFAR6										<= .0000000	BALFAR6
BALFAR7										<= .0000000	BALFAR7
BALFAR8										<= .0000000	BALFAR8
BALFAR9										<= .0000000	BALFAR9
BALFARTOT										<= .0000000	BALFARTOT
RELOVBOV										<= .0000000	RELOVBOV
MAXSEM										= 80.00000	MAXSEM
	TRCN4	TRCN5	TRCN6	TRCN7	TRCN8	TRCN9	TRCN10	TRCN11	TRCN12	RHS	

ANEXO 3. PROGRAMA DESENVOLVIDO PELO PROF. CARLOS TADÉU DOS SANTOS DIAS EM LINGUAGEM SAS PARA SIMULAR AS VARIÁVEIS ALEATORIAS

```

proc iml;
wrksize=100000;
K=6;
N=200;
M={0 0 0 0 0 0};
S={
      1      .95      .9      .8      0      0,
    .95      1      .9      .8      0      0,
    .9      .9      1      .75     0      0,
    .8      .8      .75     1      0      0,
    0      0      0      0      1      0,
    0      0      0      0      0      1};
X=shape(0,K,N);
ME=0; SI=1;
DO I=1 TO K;
  DO J=1 TO N;
    if I>1
      then
        do;
          ME=M[I]+(S[1:I-1,I])`
            *(inv(S[1:I-1,1:I-1])*(X[1:I-1,J]-M[1:I-1]));
          SI=S[I,I]-(S[1:I-1,I])`
            *(inv(S[1:I-1,1:I-1])*(S[1:I-1,I]));
        end;
    X[I,J]=ME+NORMAL(0)*SQRT(SI);
  END;
END;

END;
Z=X`;

varnames={x1 x2 x3 x4 x5 x6};
create NOVO from Z[colname=varnames];
append from Z;
quit;

data PERIME; set NOVO;
options ps=66 ls=75;

```

```

a1=281.16;    m1=328.33;    b1=358.85;
a2=271.23;    m2=323.63;    b2=358.23;
a3=282.37;    m3=311.89;    b3=336.85;
a4=65;        m4=80;        b4=85.5;
a5=19.32;     m5=20.25;     b5=20.51;
a6=0;         m6=223;       b6=530;
y1=erf(sqrt(2)*x1/2)/2+0.5;
y2=erf(sqrt(2)*x2/2)/2+0.5;
y3=erf(sqrt(2)*x3/2)/2+0.5;
y4=erf(sqrt(2)*x4/2)/2+0.5;
y5=erf(sqrt(2)*x5/2)/2+0.5;
y6=erf(sqrt(2)*x6/2)/2+0.5;

if (y1>=0) and (y1<=(m1-a1)/(b1-a1))
    then t1=sqrt((b1-a1)*(m1-a1)*y1)+a1;
if (y1>(m1-a1)/(b1-a1)) and (y1<=1)
    then t1= b1-sqrt((y1-1)*(b1-m1)*(a1-b1));

if (y2>=0) and (y2<=(m2-a2)/(b2-a2))
    then t2=sqrt((b2-a2)*(m2-a2)*y2)+a2;
if (y2>(m2-a2)/(b2-a2)) and (y2<=1)
    then t2= b2-sqrt((y2-1)*(b2-m2)*(a2-b2));

if (y3>=0) and (y3<=(m3-a3)/(b3-a3))
    then t3=sqrt((b3-a3)*(m3-a3)*y3)+a3;
if (y3>(m3-a3)/(b3-a3)) and (y3<=1)
    then t3= b3-sqrt((y3-1)*(b3-m3)*(a3-b3));

if (y4>=0) and (y4<=(m4-a4)/(b4-a4))
    then t4=sqrt((b4-a4)*(m4-a4)*y4)+a4;
if (y4>(m4-a4)/(b4-a4)) and (y4<=1)
    then t4= b4-sqrt((y4-1)*(b4-m4)*(a4-b4));

if (y5>=0) and (y5<=(m5-a5)/(b5-a5))
    then t5=sqrt((b5-a5)*(m5-a5)*y5)+a5;
if (y5>(m5-a5)/(b5-a5)) and (y5<=1)
    then t5= b5-sqrt((y5-1)*(b5-m5)*(a5-b5));

if (y6>=0) and (y6<=(m6-a6)/(b6-a6))
    then t6=sqrt((b6-a6)*(m6-a6)*y6)+a6;
if (y6>(m6-a6)/(b6-a6)) and (y6<=1)
    then t6= b6-sqrt((y6-1)*(b6-m6)*(a6-b6));
proc print data=PERIME;
var T1 T2 T3 T4 T5 T6;
run;
proc corr;
var t1-t6;
run;
proc chart;
hbar t1-t6;
run;

```

ANEXO 4. DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIAS DAS VARIÁVEIS ALEATÓRIAS SIMULADAS

SAS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VARIÁVEL NOV1

MIDPOINT		FREQ	CUM FREQ
284	**	2	2
292	*****	9	11
300	*****	21	32
308	*****	24	56
316	*****	34	90
324	*****	35	125
332	*****	33	158
340	*****	27	185
348	*****	14	199
356	*	1	200

-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
5 10 15 20 25 30 35

FREQUENCY

SAS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VARIÁVEL NOV2

MIDPOINT		FREQ	CUM FREQ
276	***	3	3
284	*****	8	11
292	*****	12	23
300	*****	30	53
308	*****	28	81
316	*****	25	106
324	*****	35	141
332	*****	31	172
340	*****	17	189
348	*****	11	200

-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
5 10 15 20 25 30 35

FREQUENCY

SAS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VARIÁVEL NOV3

MIDPOINT		FREQ	CUM FREQ
285	*	2	2
291	*****	16	18
297	*****	29	47
303	*****	29	76
309	*****	44	120
315	*****	33	153
321	*****	29	182
327	*****	12	194
333	***	6	200

-----+-----+-----+-----+-----
10 20 30 40
FREQUENCY

SAS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VARIÁVEL VENTER

MIDPOINT		FREQ	CUM FREQ
65	*	1	1
67	****	7	8
69	*****	11	19
71	*****	15	34
73	*****	15	49
75	*****	28	77
77	*****	26	103
79	*****	47	150
81	*****	31	181
83	*****	15	196
85	**	4	200

-----+-----+-----+-----+-----
10 20 30 40
FREQUENCY

SAS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VARIÁVEL OVINO

MIDPOINT		FREQ	CUM FREQ
19.38	****	4	4
19.50	*****	6	10
19.62	*****	15	25
19.74	*****	17	42
19.86	*****	23	65
19.98	*****	26	91
20.10	*****	34	125
20.22	*****	38	163
20.34	*****	29	192
20.46	*****	8	200

-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
5 10 15 20 25 30 35

FREQUENCY

SAS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA VARIÁVEL PRCOS

MIDPOINT		FREQ	CUM FREQ
30	***	6	6
90	*****	21	27
150	*****	29	56
210	*****	41	97
270	*****	33	130
330	*****	40	170
390	*****	19	189
450	***	6	195
510	***	5	200

-----+-----+-----+-----+-----
10 20 30 40

FREQUENCY