

**URBANO GOMES PINTO DE ABREU**

**ANÁLISE DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SISTEMA EXTENSIVO  
DE CRIAÇÃO DE GADO DE CORTE NO PANTANAL: UM ESTUDO DE  
CASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

ANÁLISE DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS NO SISTEMA  
EXTENSIVO DE CRIAÇÃO DE GADO DE CORTE NO PANTANAL

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,  
para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 16 de fevereiro de 2004.

---

Prof. Heleno do Nascimento Santos  
(Conselheiro)

---

Prof. Robledo de Almeida Torres  
(Conselheiro)

---

Dr. Ivo Martins Cezar

---

Dr. Kepler Euclides Filho

---

Prof. Paulo Sávio Lopes  
(Orientador)

A meus pais Beatriz Rosália e Leonidas.

A meu avô Nheco (in memoriam).

À minha esposa Silvia.

## AGRADECIMENTO

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo “sanduíche”, para realização de treinamento na Texas A&M University.

À Embrapa Pantanal, pela oportunidade de realizar este curso, e aos colegas embrapianos, pelo socorro nos momentos de necessidade.

Ao professor e orientador Paulo Sávio Lopes, pela amizade, pelo apoio, pela paciência, pelos ensinamentos, pelas sugestões sempre coerentes, pelo incentivo e pela orientação, os quais viabilizaram a execução deste trabalho.

Aos professores James Richardson, Jerry Stuth e, especialmente, Richard Conner, da Texas A&M University, pela competência, pela disponibilidade e pelas sugestões sempre valiosas durante minha estada nos EUA.

Aos colegas Ivo Martins Cezar e Kepler Euclides Filho, da Embrapa Gado de Corte, pelas sugestões e pelas críticas que contribuíram, substancialmente, para a finalização deste trabalho.

Aos professores Heleno do Nascimento Santos e Robledo de Almeida Torres, pela amizade, pelos ensinamentos, pelas sugestões e apoio, e pelo exemplo de dedicação ao ensino e à pesquisa.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos e pela atenção.

Aos meus pais, exemplos de perseverança, trabalho e doação, por terem assumido o compromisso de educar com responsabilidade, sinceridade e amor, deixando aos filhos uma grande herança, a fé e a dignidade.

Aos pantaneiros Heitor Moreira Herrera e Heitor Miraglia Herrera Jr., pela disponibilidade em ceder-me os dados econômicos da fazenda Alegria e por acreditarem, desde 1994, no trabalho de monitoramento de fazendas da Embrapa Pantanal.

Aos meus irmãos, Leonardo, Creuza, Estêvão, Luciano, Leticia e Beatriz, e sobretudo à minha avó Heloísa, uma jovem de mais de 90 anos, por sempre me apoiaram durante essa fase estudantil.

À minha esposa Silvia, pelo carinho, pela atenção, pela amizade e pelo incentivo, sempre solidária e compreensiva com os problemas e dificuldades enfrentados durante o curso.

Aos colegas, amigos de curso e grupo de discussão, Adriana, Aldrin, Amauri, Claudio, Elivalto, Elizângela, Fabiano, Fausto, Felipe, Fernanda, Giselle, Gustavo, Herluce, Jaime, Júnior, Leandro, Lindenberg, Marcelo, Marcos Vinícius, Mirella, Paulo Nobre, Paulinho, Policarpo, Rachel, Renata, Ricardo, Rodolpho, Vicente, Vicente Pelloso, Tozé e Willian, pela amizade, pelo companheirismo e pelo agradável convívio.

Aos colegas de laboratório do Raching Systems Group, da Texas A&M University, Humberto Perotto, Kosi Awuma, Luiz Ribera, Negusse, Steven Byenkya, e aos brasileiros texanos Luis Ávila, Marcel e Nair Edwards.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Urbano Gomes Pinto de Abreu, filho de Leonidas Serejo Pinto de Abreu e Beatriz Rosália Gomes de Abreu, nasceu no Rio de Janeiro, RJ, em 24 de janeiro de 1961.

De fevereiro de 1979 a fevereiro de 1984, foi estudante do curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro.

De maio de 1984 a dezembro de 1985, foi bolsista da Embrapa, na área de Reprodução e Melhoramento Genético de Bovinos de Corte, junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC - Embrapa).

Em fevereiro de 1986, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de concentração em Melhoramento Genético Animal, na UNESP/Jaboticabal-SP, submetendo-se ao exame final de defesa de tese em fevereiro de 1991.

Em abril de 1987, foi contratado, mediante concurso público, para atuar no Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP), como Pesquisador I, sendo, no período de agosto de 1988 a janeiro de 1994, chefe geral da unidade.

Em 1998, recebeu prêmio por reconhecimento de excelência técnico-científica da Embrapa.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na UFV, submetendo-se ao exame final de defesa de tese em 16 de fevereiro de 2004.

## CONTEÚDO

|   | Página |
|---|--------|
| RESUMO .....  | vii    |
| ABSTRACT .....  | ix     |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL.....  | 1      |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....  | 8      |
| 2.1. Sustentabilidade de sistemas extensivos de produção animal.....  | 8      |
| 2.2. Introdução de tecnologia e avaliação da eficiência no sistema de produção.....   | 16     |
| 2.3. Referências bibliográficas.....  | 20     |
| 3. CAPÍTULO I.....  | 26     |
| 3.1. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. I – Desempenho das matrizes..... | 26     |
| 3.2. Introdução.....  | 28     |
| 3.3. Material e métodos.....  | 29     |
| 3.4. Resultados e discussão.....  | 39     |
| 3.5. Conclusões.....  | 51     |
| 3.6. Referências bibliográficas.....  | 53     |
| 4. CAPÍTULO II.....   | 58     |
| 4.1. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. II – Descarte de matrizes.....   | 58     |
| 4.2. Introdução.....  | 60     |
| 4.3. Material e métodos.....  | 61     |
| 4.4. Resultados e discussão.....  | 69     |
| 4.5. Conclusões.....  | 83     |
| 4.6. Referências bibliográficas.....  | 86     |
| 5. CAPÍTULO III.....  | 89     |
| 5.1. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. III – Análise de eficiência..... | 89     |
| 5.2. Introdução.....  | 91     |
| 5.3. Material e métodos.....  | 93     |

|      |                                 |     |
|------|---------------------------------|-----|
| 5.4. | Resultados e discussão .....    | 102 |
| 5.5. | Conclusões.....                 | 115 |
| 5.6. | Referências bibliográficas..... | 116 |
| 6.   | APÊNDICE A .....                | 119 |
| 7.   | APÊNDICE B.....                 | 122 |



## RESUMO

ABREU, Urbano Gomes Pinto de, D.S. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Análise da adoção de tecnologias em sistema extensivo de criação de gado de corte no Pantanal: um estudo de caso.** Orientador: Paulo Sávio Lopes. Conselheiros: Heleno do Nascimento Santos e Robledo de Almeida Torres.

Os objetivos deste trabalho foram analisar a introdução de diferentes tecnologias e suas interações no sistema de produção extensivo de cria de bovinos de corte no Pantanal; quantificar o efeito da introdução dessas tecnologias no desempenho das matrizes, utilizando-se Equações de Estimacão Generalizada (EEG), que é extensão do Modelo Linear Generalizado (GLIM); avaliar o impacto das tecnologias no percentual de descarte das matrizes; simular a estrutura etária do rebanho de cria, sob diferentes pressões de descarte verificadas ao longo do trabalho, por meio de cadeia de Markov, além de verificar a eficiência do sistema de produo por meio de Análise Envoltória de Dados (DEA). Foram acompanhadas, no período de 1994 a 1999, 1.075 matrizes de fazenda típica da região do Pantanal, onde gradualmente se implantaram a desmama antecipada, a everminao estratégica das novilhas de reposio, o descarte baseado em desempenho, a monta controlada, o uso de touros do próprio plantel da fazenda e a reduo da proporo touro:vaca. Durante a realizao dos trabalhos de gado (TG), as matrizes foram classificadas como Paridas (1) ou Solteiras (0); no caso de a vaca passar por dois trabalhos de gado na categoria de Solteira, era submetida ao diagnóstico de gestao e, no caso de estar vazia, era descartada. Assim, as matrizes também eram classificadas como Não- descarte (1) e Descarte (0). A distribuio e a funo de ligao, utilizadas na análise de EEG, foram a binomial e a logística, respectivamente. O método de análise EEG incorpora a covariância das medidas repetidas no mesmo animal, no caso em que a variável resposta é não-paramétrica. Os efeitos das variáveis explanatórias, calculadas pela estatística de Wald, de invernada, da ordem de trabalho de gado, da idade da vaca, linear e quadrática, influenciaram,

significativamente ( $p < 0,01$ ), a probabilidade de a matriz, ser classificada como Parida (1), o que indica que a introdução de tecnologia não é um processo simples, pois as tecnologias implementadas tiveram efeitos diferentes nas variáveis exploratórias. A análise das comparações entre as invernadas ressaltou a importância das diferenças entre fitofisionomias para o ajuste da taxa de lotação de cada invernada. Ao longo dos TGs, o maior impacto positivo no incremento da probabilidade de a matriz ser classificada como Parida foi logo após a implantação da monta controlada no sistema de produção. O descarte de matrizes também foi influenciado, significativamente ( $p < 0,01$ ), pelas variáveis invernada, ordem do trabalho e idade da vaca linear. A adoção da estação de monta, após o sexto TG, aumentou em 16,38 vezes a pressão de descarte de matrizes em relação ao sistema tradicional de descarte realizado na região. Foi utilizada metodologia de cadeia de Markov na avaliação da estrutura etária do rebanho em equilíbrio, sendo verificado que as idades médias de permanência e de descarte das matrizes no rebanho foram de 8,52 e 13,21 anos, respectivamente. A idade de descarte é maior que a verificada na literatura, como recomendação de descarte para vacas no Brasil Central. Dez categorias de insumos (input) e uma categoria de produto (output), durante o período de 1995 a 2002, foram consideradas na avaliação da eficiência produtiva do sistema de produção. Utilizaram-se componentes principais para determinar as três categorias de insumo (“sal mineral/vacinas/medicamentos”; “mão-de-obra e encargos sociais”; e “investimentos”), com correlação significativa ( $p < 0,01$ ) com os três primeiros componentes que explicaram 91,6% da variância total dos insumos. As eficiências calculadas pela metodologia DEA, nos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 e 2002, foram, para os modelos de retorno, constantes à escala (CCR), 0,8290; 0,6571; 1; 0,5390; 0,7990; 0,8010; 1 e 0,9291; e variáveis à escala (BCC), 0,8841; 0,7460; 1; 0,6350; 0,8530; 0,9342; 1 e 1. Os anos de 1997 e 2001 foram considerados de máxima eficiência técnica.

## ABSTRACT

ABREU, Urbano Gomes Pinto de, D.S. Universidade Federal de Viçosa, February, 2004. **Analysis of technology adoption in a Pantanal extensive cow-calf beef cattle system: a case study.** Adviser: Paulo Sávio Lopes. Committee Members: Heleno do Nascimento Santos and Robledo de Almeida Torres.

The objective of this work was to analyze the impact of technologies and their interaction in the Pantanal beef cattle extensive production system; to quantify the effect of introducing technologies on cow performance using Generalized Estimating Equations (GEE) that is an extension of Generalized Linear Models (GLIM); to evaluate the impact of technologies on culled cow percentage; to simulate the age distribution and average age of culled cows under different cull pressure that occurred during the beef cattle production system through the Markov chains, as well as to verify the efficiency of the production system through Data Envelopment Analysis (DEA). The herd with 1,075 cows was monitored from 1994 to 1999, in a ranch in the Pantanal region where anticipated wean, strategic culling of replacement heifers, identification and monitoring of cow performance, breeding season, use of breeding bulls by the ranch owner and reduction of the bull:cow ratio were gradually implemented. During the “cattle works” (CW) the cows were classified as pregnant (1) or open (0), and the cows classified as open (0) in two consecutive CWs were submitted to rectal palpation for pregnancy diagnosis, if it was open, the cow was culled. Therefore, the cows were classified as not culled (1) and culled (0) too. The distribution and link function utilized on GEE analysis were binomial and logistic, respectively. The GEE analysis takes into account the structure of the covariance of repeated measurements in the subject, and the response outcomes are not parametric. The explanatory variable effects, pasture, CW order, linear and quadratic cow ages influenced significantly ( $p < 0.01$ ) the probability of the cows classified as Pregnant (1). This shows that the introduction of technology is not a simple process. All technologies had different

effects on the exploratory variables. Pasture comparison stands out the differences between botanic composition in the pastures for the stocking rate adjustment. During the monitoring the most positive impact in the increase in probability of the cows become classified as Pregnant (1), was afterwards breeding season implementation. Cow cull was significantly ( $p < 0.01$ ) influenced by pasture, CW order and linear cow age effect. The adoption of breeding season after the 6° CW increased the cull pressure in 16.38 times in relation to the traditional cull strategy. The Markov chains were used to estimate the age distribution in equilibrium. The average age in herd and the average age in culled cows were 8.52 and 13.21 years, respectively. This age in culled cows is higher than in culled cows from Central Brazil. Ten inputs and one output, from 1995 to 2002, were calculated to evaluate the production system efficiency. The principal component analysis was utilized to determine the most important inputs (“mineral salt/ vaccine/medication”; “workforce and social security” and; “investment”) with significantly correlation ( $p < 0,01$ ), with the three first components explaining 91.6% of the total variation. The efficiency calculated with DEA for 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 and 2002 were for constant returns to the scale (CCR) 0.8290, 0.6571, 1, 0.5390, 0.7990, 0.8010, 1 and 0.9291; and for variable returns to scale (BCC) 0.8841, 0.7460, 1, 0.6350, 0.8530, 0.9342, 1 and 1, respectively. The years 1997 and 2001 were considered as of maximum technical efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Os conceitos de sistema e de enfoque de sistemas vêm sendo utilizados ao longo do tempo, com diferentes significados (AFFIN e SANTOS, 1990). Segundo ANDERSON e JOHNSON (1997), sistema pode ser definido como “grupo de componentes interligados, inter-relacionados ou interdependentes, que formam um todo complexo e unificado”. Para SPEDDING (1979) a característica mais importante de determinado sistema é o fato de este reagir como um todo, ao receber um estímulo dirigido a qualquer uma de suas partes. Portanto, para que um conjunto de variáveis possa atuar no sistema, são necessárias conexões que permitam a reação, negativa ou positiva, entre as partes individuais que constituem o todo (WADWORTH, 1997).

O enfoque de sistemas pode ser considerado como uma forma de pensar, cujas técnicas e instrumental utilizado são apenas incidentais (AFFIN e SANTOS, 1990). Nos últimos anos, buscou-se incorporar o enfoque de sistemas na pesquisa agropecuária. Assim, o objetivo fundamental da pesquisa passa a ser a sintetização de sistemas de produção mais eficientes, do que os que são utilizados pelos produtores. O trabalho de pesquisa passa a ser destinado à busca do conhecimento para formulação e difusão de novos sistemas, enfocando problemas que têm relacionamento mais direto e influência mais profunda na sua obtenção, alcançando o desempenho almejado no processo produtivo. Partindo-se dessa visão, a identificação de problemas passa a ser um esforço de síntese, e os resultados deverão ser incorporados e compatibilizados em sistemas de produção mais eficientes, a serem utilizados pelos produtores (GASTAL, 1988). A produção animal é um sistema que enfrenta diversos desafios para seu desenvolvimento, como sustentabilidade, qualidade ambiental, bem-estar animal, segurança alimentar, segurança dos alimentos e desenvolvimento de novos produtos (KUNKEL e HAGEVOORT, 1994).

O Brasil possui o segundo maior rebanho mundial de gado bovino (cerca de 160 milhões de cabeças) (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997), sendo o segundo maior produtor mundial de carne bovina (11% da produção mundial ou cerca de 6

milhões de toneladas). Do total de bovinos existentes no país, 75% são animais específicos para corte, 20% pertencem a rebanhos leiteiros e os demais são animais em sistemas de dupla aptidão (BLISKA e GONÇALVES, 1998).

Segundo EUCLIDES FILHO (2000), sistema de produção de gado de corte é o conjunto de tecnologias e práticas de manejo, tipo de animal, propósito da criação, raça ou grupamento racial e ecorregião onde a atividade é desenvolvida. Na definição de um sistema de produção devem-se levar em consideração aspectos sociais, econômicos e culturais, pois possuem influência decisiva nas modificações que poderão ser impostas por forças externas e na forma como as mudanças ocorrerão, para que o processo seja eficiente e as transformações alcancem os benefícios esperados. Em paralelo, devem-se definir o mercado e a demanda a ser atendida (quais são e como devem ser atendidos os consumidores).

No Brasil, na produção de bovinos de corte são predominantes os sistemas extensivos em regime de pasto, com pastagens nativas e, ou, cultivada., com três fases distintas: cria, recria e engorda. A cria engloba os bezerros até a desmama, os touros, as vacas e as novilhas em idade de cobertura; a recria inicia-se com a desmama e termina quando as fêmeas atingem a idade de reprodução e os machos atingem o desenvolvimento necessário à engorda; e a engorda consiste na fase final, após a recria até o abate dos animais, e normalmente dura um ano.

O Pantanal (Figura 1) é uma imensa planície sedimentar, com área de 138.183 km<sup>2</sup>, localizada no Centro-Oeste do Brasil, entre os paralelos 16<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> S e os meridianos 55<sup>o</sup> e 58<sup>o</sup> W, com 65% de área em Mato Grosso do Sul (MS) e 35% em Mato Grosso (MT). É limitado, ao Norte, pelas formações meridionais da floresta amazônica (imediações do município de Cáceres); a Leste, pelos cerrados do planalto central brasileiro; a Oeste, pelos pantanais das fronteiras boliviano-paraguaias; e ao Sul, pelas florestas chaquenhas, já na fronteira com o Paraguai.

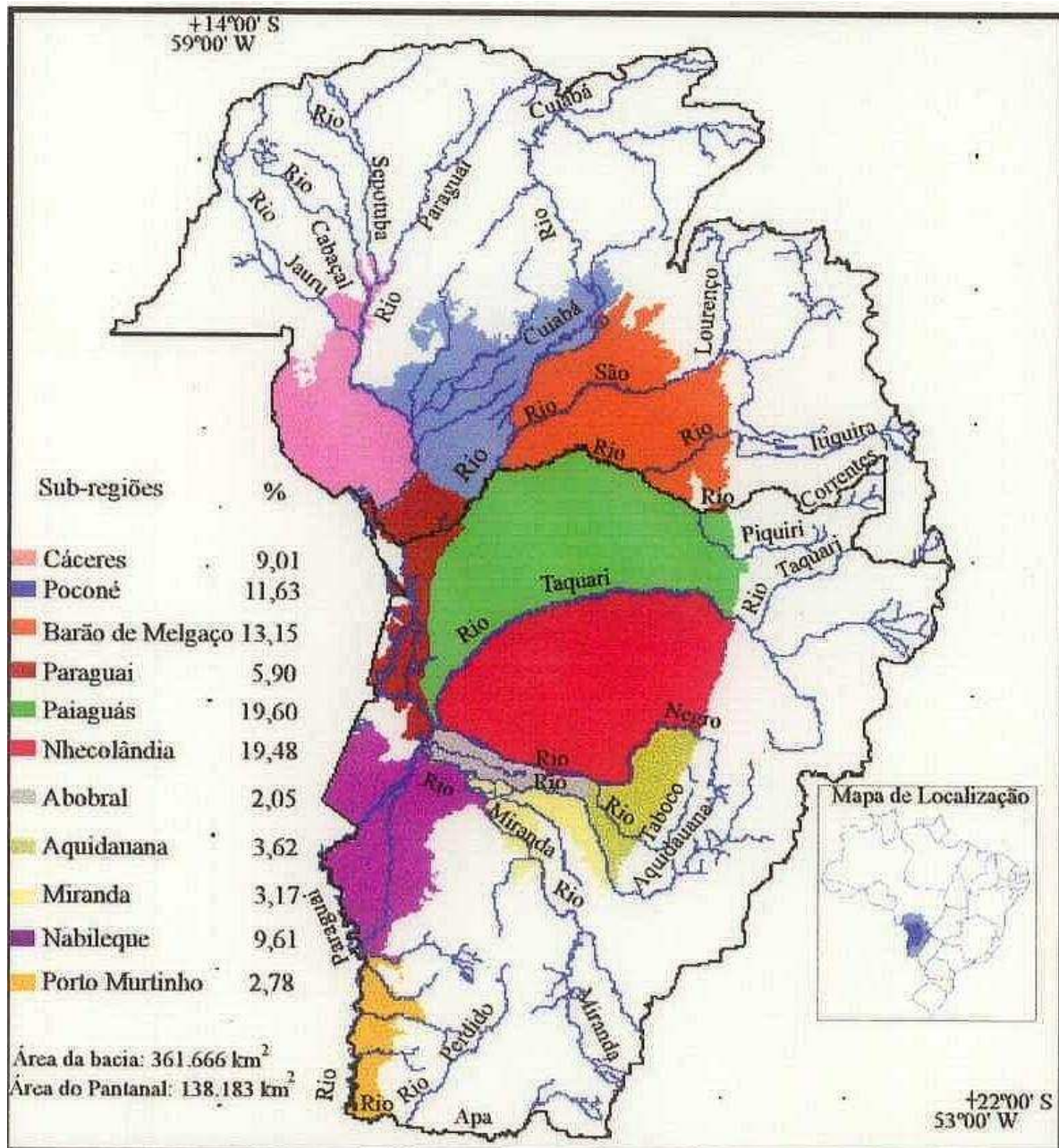


Figura 1. Localização, delimitação e sub-regiões do Pantanal brasileiro.

Desde o município de Cáceres, extremo Norte, até o rio Apa, extremo Sul, percorrem-se cerca de 680 km, em linha reta. A maior distância no sentido Oeste-Leste, partindo-se da fronteira boliviana e progredindo-se em direção ao planalto central, atinge cerca de 300 km (ALLEM e VALLS, 1987).

O Pantanal pode ser dividido em 11 sub-regiões (Figura 1) distintas, conforme as diferenças de características hidrológicas, solo e vegetação: Cáceres,

Poconé, Barão de Melgaço, Paiaguás, Nhecolândia, Abobral, Aquidauana, Miranda, Paraguai, Nabileque e Porto Murtinho (SILVA e ABDON, 1998).

O clima é quente, com semestre de inverno seco. Ocasionalmente, ocorrem geadas nos meses de julho ou agosto. A precipitação pluviométrica oscila entre 1.000 mm e 1.400 mm por ano (CADAVID GARCIA, 1986). Cerca de 80% das chuvas caem no período de verão, durante os meses de novembro a março, sendo dezembro e janeiro o zênite dessas precipitações .

Áreas imensas do Pantanal Mato-Grossense, como nas sub-regiões da Nhecolândia, Paiaguás e Miranda, entre outras, não possuem quaisquer formações rochosas em sua superfície. A declividade da região é muito pequena, o que contribui para a demorada retenção de água sobre a superfície do solo, por ocasião das inundações fluvial e pluvial .

O número de rios que percorrem a região é considerável, sendo o rio Paraguai o mais importante. Flui no sentido Norte-Sul e percorre toda a região, tendo 2.730 km de extensão desde as nascentes até o seu encontro com o rio Paraná, na delimitação da fronteira argentino-paraguaia, formando a bacia do alto rio Paraguai (BAP). Deságuam, diretamente, no rio Paraguai os rios Negro, Miranda, Aquidauana, Bento Gomes, Taquari, Nabileque, Cuiabá, Apa, etc. Além destes, encontra-se no Pantanal uma série de outros rios, destacando-se o Piquiri, o Itiquira e o São Lourenço.

Os solos do Pantanal são de origem sedimentar, recente ou sub-recente, ocorrendo em fases argilosa e arenosa, de forma alternada e descontínua. As áreas mais férteis correspondem à fase argilosa, que é predominante no Pantanal baixo, mas a predominância é de solos arenosos.

A vegetação que recobre o Pantanal é variada. Para defini-la, emprega-se a expressão “Complexo do Pantanal”, designação que engloba diferentes fitofisionomias. Na região encontram-se fisionomias do tipo cerrado, campo limpo, campo sujo, brejos com vegetação hidrófila, mata pluvial tropical subcaducifólia e outras. Há diversas comunidades vegetais com domínio nítido de uma espécie, recebendo a comunidade vegetal o nome da espécie dominante (ex. canjiqueiral, caronal, paratudal, etc).



A origem da pecuária bovina no Pantanal remonta ao século XVIII, com dois grandes períodos identificados pelo tipo de gado. Antes do início do século XX, predominava o gado “Pantaneiro”, constituído de animais rústicos e de pequeno porte, e o segundo período inicia-se com a substituição do gado “Pantaneiro” pelo zebuino (ROSA, 1997).

A pecuária de corte, cujo rebanho é estimado em três milhões de reses, é a principal atividade econômica da região, que é caracterizada por apresentar grandes propriedades. Apesar de defasada, em 1986, cerca de 12% dessas propriedades tinha área igual ou superior a 10.000 hectares, o que correspondia a 56% da área total. Com áreas de 1.000 a 10.000 hectares, eram incluídas 69% das fazendas, que perfaziam 43% da área total (CADAVID GARCIA, 1986).

Em termos gerais, há poucas diferenças na forma de administração das fazendas e no nível tecnológico utilizado. Independente das diferentes características ambientais, predominam as fases de cria e recria. A fase de engorda é acidental e depende de fatores conjunturais de preço e oferta de pasto abundante, principalmente em zonas expostas a inundações mais rigorosas. De forma sucinta, definem-se como características predominantes da pecuária no Pantanal a cria e a recria extensivas sobre pastos nativos (ALMEIDA et al., 1996; ABREU et al., 2000).

Assim, a pecuária é desenvolvida em criatórios naturais extensivos, com características de manejo pautadas pelo regime de enchentes (POTT et al., 1989). Nesse sistema, os animais recebem poucos cuidados, sendo mantidos, quase sempre, em pastagens nativas das extensas planícies arenosas e com poucas subdivisões, o que permite o pastejo seletivo e o uso das aguadas (CADAVID GARCIA, 1986).

Segundo POTT et al. (1989), existem dois períodos críticos de restrição alimentar: um, do auge ao final da cheia (fevereiro a maio), e outro, do meio ao fim da seca (agosto a setembro). A alimentação básica constitui-se, quase sempre das seguintes espécies forrageiras: capim-mimoso (*Axonopus purpusii*), *Mesosetum loliiforme* e grama-do-carandazal (*Panicum laxum*) (POTT, 1988).

A bovinocultura de corte tradicional resume-se em dois “trabalhos de gado” anuais: o primeiro em maio ou junho e o segundo, em novembro ou dezembro. Esses trabalhos são destinados a ferra, sinalar bezerros novos, castrar garrotes, vacinar, aparar a vassoura da cauda dos animais e outros, de acordo com a preferência de cada fazendeiro (BARROS NETTO, 1979).

A pecuária extensiva de corte, há mais de 200 anos, vem sendo explorada no Pantanal, sendo base para conservação e desenvolvimento sustentável da região. Diferentes tecnologias podem ser transferidas e implantadas no sistema tradicional de cria da região (ABREU et al., 1997). Entretanto, o desempenho zootécnico da pecuária tradicional do Pantanal é deficiente, dados os baixos índices de natalidade e desmama (em torno de 58% e 42%), respectivamente, além de alta mortalidade (por volta de 15%) nas categorias de animais jovens (bezerro e desterneiro). A idade na primeira cria é tardia, em média,  $47,78 \pm 10,26$  meses (ABREU et al., 2000).

Em razão do papel fundamental na economia regional, da tradição pecuária do Pantanal e, principalmente, da associação da pecuária com a proteção dos sistemas naturais, deve-se avaliar a pecuária pantaneira como uma atividade capaz de assegurar a sustentabilidade de todo o sistema econômico da região.

A existência de baixos índices de produtividade da pecuária do Pantanal abriu espaço para a atuação da pesquisa, que gerou tecnologias e práticas adequadas às condições regionais. Entretanto, os métodos tradicionais de difusão das tecnologias já geradas, capazes de aumentar a produtividade da pecuária, não alcançaram adoção eficiente, o que indica a necessidade de utilização de novas estratégias para incorporação dessas tecnologias ao sistema produtivo. Por outro lado, o conjunto de tecnologias é adaptado ao sistema tradicional de produção, que não explora outras alternativas produtivas capazes de melhor aproveitar a diversidade dos recursos naturais existentes na região.

Entretanto, nos últimos anos, em virtude da necessidade de modernização e do aumento da eficiência na atividade (CEZAR e EUCLIDES FILHO, 1996), o sistema de produção no Pantanal vem sendo pressionado para incrementar os baixos índices de produtividade e aumentar a qualidade genética dos animais produzidos na região. No entanto, o meio ambiente regional é frágil e há pressão nacional e

internacional para preservá-lo, além de ser o hábitat de espécies da fauna e da flora, importantes para a biodiversidade mundial.

Com o desenvolvimento do monitoramento e estudo de casos em fazendas, em diferentes sub-regiões do Pantanal (ALMEIDA et al., 1996; ABREU et al., 2000), houve necessidade de trabalhar com modelagem matemática, com vistas em analisar e avaliar a introdução e a eficiência das tecnologias e suas interações com as variáveis ambientes, permitindo uma visão sistêmica do processo como um todo e verificando a articulação dos diferentes elementos considerados no fenômeno estudado e suas relações com os resultados finais, além de fornecer suporte ao desenvolvimento de ferramentas de síntese, como métodos de otimização, análise de risco e modelos lineares generalizados, visando à análise da introdução de tecnologias e suas interações com outras variáveis importantes para o sistema de produção.

A importância da visão sistêmica na pesquisa agropecuária é incontestável. Entretanto, ela mesma ainda não se estabeleceu na pesquisa agropecuária brasileira (ASSIS e BROCKINGTON, 1995). Este estudo, por meio de métodos de otimização e modelagem estatística, objetiva utilizar abordagem sistêmica, com vistas em analisar o efeito da introdução de tecnologia no sistema de produção de pecuária extensiva do Pantanal como um todo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Sustentabilidade de sistemas extensivos de produção animal**

O termo agricultura sustentável é utilizado tanto na agricultura orgânica quanto na agricultura que maximiza o retorno econômico. Entretanto, o conceito de sustentabilidade é baseado em uma filosofia holística, com vários princípios e valores, embora envolva também práticas específicas (OLESEN et al., 2000; PIORR, 2003). A utilização atual do termo na pesquisa agropecuária implica não avaliar apenas o impacto econômico dos sistemas de produção no curto prazo, mas também os impactos ecológicos e sociais no longo prazo (GIBON et al., 1999a).

Os sistemas extensivos de produção animal baseiam-se na criação de espécies de animais de interesse econômico, capazes de aproveitar, com eficiência, os recursos naturais, especialmente as pastagens. Em geral, essas espécies são adaptadas aos fatores ecológicos do meio em que se desenvolvem (MARTÍN BELLIDO et al., 2001).

Tradicionalmente, os sistemas extensivos possuem certas características específicas, como número limitado de animais por unidade de superfície; uso limitado de novas tecnologias; baixa produtividade por animal e por área ocupada com a atividade; alimentação baseada em pastagens nativas; etc. Tais características condizem com a discussão mundial a propósito do desenvolvimento de sistemas de produção animal sustentáveis e com a preocupação com os impactos da introdução de tecnologias inovadoras especialmente em regiões onde o ambiente é frágil. O desenvolvimento de sistema extensivo não significa apenas retorno à natureza, ou intensificação a baixo custo, mas indica que, com o desenvolvimento de tecnologias e de experiência no manejo desse tipo de sistema, pode-se aumentar a eficiência global. Esses sistemas são, de maneira geral, adaptados a regiões específicas (BOYAZOGLU, 1998).

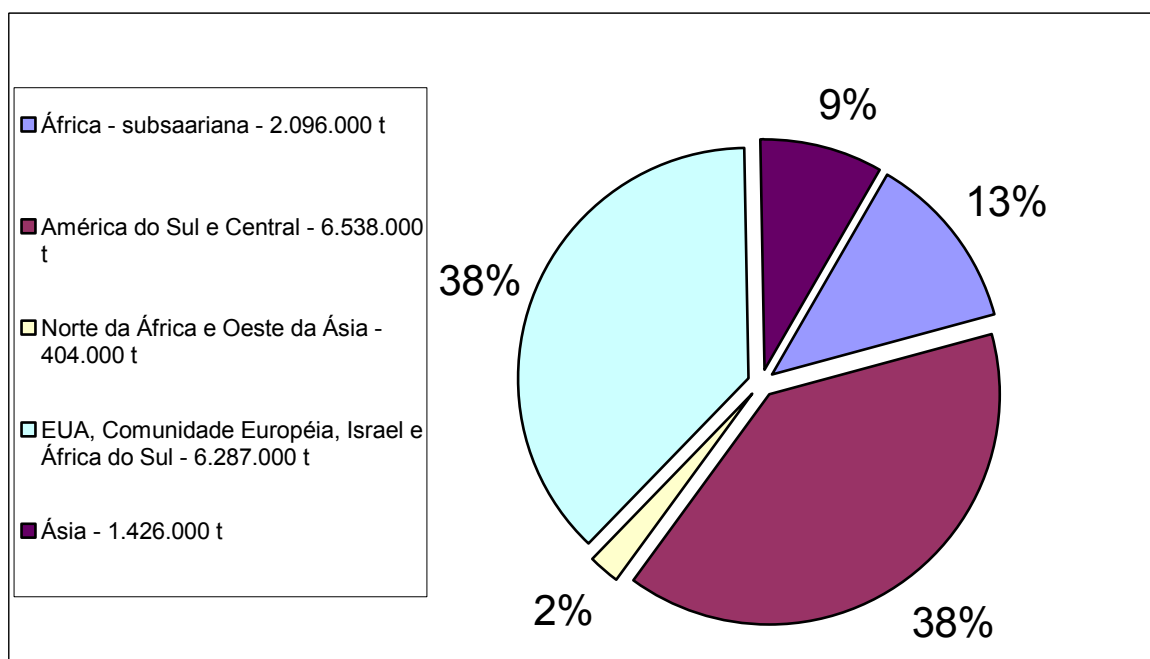
Segundo MARZALI e ALMEIDA (2000), o desenvolvimento e o monitoramento de indicadores de sustentabilidade de um sistema poderão permitir que se avance, de forma efetiva, em direção a mudanças consistentes, na tentativa de solucionar inúmeros problemas ambientais, agrícolas, econômicos e sociais. Para isso, há necessidade de melhor entendimento do desenvolvimento rural, o que desafia pesquisadores e técnicos a realizarem trabalho interdisciplinar e a quebrarem barreiras entre os diferentes setores da ciência para dinamizar as atividades de pesquisa e desenvolvimento. Apesar dos esforços interdisciplinares e dos significativos avanços na direção do conhecimento das interações entre os aspectos da biota e a produtividade agrícola, a agrobiodiversidade ainda continua sendo tratada como uma “caixa preta” na pesquisa agropecuária (ALTIERI, 2002). É necessário que pesquisadores dessa área avaliem, em conjunto, aspectos da sustentabilidade integrados a sistemas reais de produção, com o objetivo de desenvolver métodos apropriados para mensuração dessa sustentabilidade (PACINI et al., 2003).

Segundo MONTSERRAT RECORDER (2001), é imprescindível a preservação dos sistemas pastoris extensivos na Europa, os quais visem não apenas à conservação da biodiversidade dos ecossistemas mais frágeis, mas também a própria fixação do homem na área rural. O sistema extensivo baseado em pastagens nativas é um dos sistemas de produção mais sustentáveis que se conhecem (HEITSCHMIDT et al., 1996).

O aumento no conhecimento das bases ecológicas e biológicas da produção animal é o primeiro passo na identificação dos pontos de transformação dos sistemas de produção. Um dos caminhos é fortalecer o desenvolvimento de projetos integrados de pesquisa e intensificar a utilização de enfoque e modelagem de sistemas (GIBON et al., 1999b). Por exemplo, PULINA et al. (1999), ao avaliarem a sustentabilidade de sistemas de pastejo extensivos na África subsaariana, enfatizaram a necessidade de avaliar, por meio de modelos de simulação, a pressão de pastejo em sistemas de produção tradicional da região com várias espécies de

animais na mesma área, manejo que permite melhor utilização da vegetação e efeito positivo sobre a vegetação e sobre a biodiversidade animal.

Na Figura 2, é mostrada a importância de sistemas baseados em pastagens para produção de carne das diferentes espécies de animais domésticos, em diferentes regiões do mundo. Na América do Sul e Central e em países desenvolvidos (EUA, Comunidade Européia, Israel e África do Sul), a produção de carne em sistemas extensivos, corresponde a  $\frac{3}{4}$  da produção mundial (STEINFELD e MÄKI-HOKKONEN, 1995).



Fonte: STEINFELD e MÄKI-HOKKONEN, 1995.

Figura 2 - Produção total de carne (em toneladas) em diferentes regiões do mundo, em sistemas de pastejo extensivos.

Na França, a experiência do programa de desenvolvimento de fazendas sustentáveis demonstrou que pesquisas em várias escalas espaciais (regional até o trabalho em rebanhos) são necessárias para resolução de problemas ambientais e de desenvolvimento rural. A utilização do enfoque de sistemas que visem à promoção do desenvolvimento sustentado da produção animal e à identificação das características regionais onde a atividade é desenvolvida foi considerada importante

para o sucesso do projeto. Tal orientação para a pesquisa facilitou a identificação dos caminhos e dos potenciais para mudanças tecnológicas nos sistemas de produção animal (FLAMANT et al., 1999).

Na Europa, segundo WRIGHT (1997), há enorme diversidade de sistemas de produção animal em áreas marginais que produzem leite, carne, lã e pele, por meio de grande número de raças de bovinos, caprinos e ovinos. Essas áreas são consideradas “menos favorecidas”, dada a impossibilidade de sustentar atividade agrícola mais intensiva devido a fatores ambientais, como, por exemplo, altitude, fertilidade do solo, relevo, frequência de chuvas, etc., razão por que são ocupadas por sistemas pecuários adaptados às características peculiares de cada uma. Apesar da grande diversidade de tipos, possuem diversas características em comum:

1. Os sistemas dependem, exclusivamente, dos recursos forrageiros nativos;
2. A produção de pastagens é sazonal; e
3. Tanto a qualidade como a quantidade das pastagens nativas limitam a boa suplementação nutricional dos animais.

Sistemas de produção em áreas marginais são limitados pelas imposições de características ambientais. Entretanto, existem dois caminhos básicos para se aumentar a eficiência do sistema, os quais não são excludentes:

1. Escolha da espécie animal mais adequada e genótipo mais adaptado às condições ambientais da região; e
2. Manejo do sistema que vise alterar, principalmente, o ambiente e o manejo nutricional, sem causar impacto significativo no ecossistema.

As áreas marginais, além das dificuldades, em algum aspecto, dos recursos ambientais (solos fracos, regime irregular de chuvas, etc.), quando comparadas com outras áreas de produção agropecuária, são distantes dos principais centros consumidores. Nesse caso, a pecuária extensiva é uma das principais atividades que podem ser implantadas e desenvolvidas como opção, o que reverte a tendência de declínio econômico em áreas rurais com algum tipo de fator limitante (APOSTOLOPOULOS e MERGOS, 1997). Segundo esses autores, o esforço que

visa ao desenvolvimento de áreas marginais deve ser direcionado para maiores produtividade e eficiência, pois, sem o incremento destas, o sistema poderá não ser economicamente sustentável e qualquer esforço será inútil. As políticas globais podem ser transferidas para as políticas particulares dos produtores que direcionarem seus objetivos para ganhar eficiência e produtividade. Tais prioridades devem ser:

1. Melhoria tecnológica do sistema pela adoção de tecnologias que economizem recursos e força de trabalho, que introduzam atividades adicionais que levem à melhor utilização dos recursos e que fixem mão-de-obra mais qualificada na região;
2. Redução dos custos de transporte pela maior eficiência das comunicações e pelo acesso às regiões marginais; e
3. Formação de agências de fomento com política de financiamento para a população local, visando à fixação desta e permitindo sua participação e seu envolvimento na definição das prioridades regionais.

SZÁBO et al. (1999), ao trabalharem no monitoramento e no desenvolvimento de sistema sustentável de gado de corte extensivo em região agropecuária marginal na Hungria, concluíram que um dos principais pontos para o sucesso da atividade é o ajuste da capacidade de suporte das pastagens ao genótipo das matrizes, devido à diferença nos requerimentos de manutenção e de produção leiteira entre biótipos grandes e pequenos.

De acordo com MARTÍN BELLIDO et al. (2001), a maioria dos sistemas extensivos de produção animal apresenta as seguintes características básicas :

1. Grandes superfícies de pastagens;
2. Localização de áreas com sistemas extensivos marginais e, geralmente, de produção de carne;
3. Manejo baseado em pastejo, com conseqüente aporte de nutrientes no solo por meio das dejeções dos animais;



4. Sistemas extensivos bem manejados que convivem, de forma harmônica, com a flora e a fauna como elemento a mais do ecossistema;
5. Pastoreio em áreas marginais como elemento eficaz na prevenção de incêndios em áreas rurais;
6. Sistemas que tendem, quando manejados adequadamente, a alcançar o equilíbrio entre a produção e a conservação, mediante a adequação dos níveis de taxa de lotação à disponibilidade de forragem;
7. Sistemas que gerem produtos de alta qualidade, muito apreciados pelos consumidores, porém limitados devido à estacionalidade da produção, o que dificulta a comercialização; e
8. Níveis de rentabilidade baixos, o que impossibilita, em muitos casos, que haja melhorias tecnológicas.

Com os objetivos de definir os elementos mais importantes para os sistemas de produção; quantificar e qualificar cada sistema com a descrição do sistema de alimentação e recurso animal; e fornecer informação sobre a importância dos sistemas de produção animal nas diferentes regiões agroecológicas do mundo, STEINFELD e MÄKI-HOKKONEN (1995) desenvolveram uma classificação dos sistemas de produção animal. O sistema de produção intitulado “sistema baseado em pastagens das regiões úmidas e sub-úmidas tropicais - LGH” é definido como um sistema baseado em pastejo no qual as forrageiras possuem mais de 180 dias de período de crescimento. Este sistema concentrou-se em regiões sub-úmidas que possuem dificuldades de acesso ao mercado, por algum tipo de razão, sendo principalmente encontrado nas áreas tropicais e subtropicais da América do Sul (por exemplo, Lhanos – Colômbia e Venezuela , assim como a região dos Cerrados, no Brasil). Estima-se que existam na região 190 milhões de cabeças de bovinos, em grande parte, de raças zebuínas. As ofertas de produtos de origem animal foram estimadas em 6 e 11 milhões de toneladas de carne e leite, respectivamente, para uma população humana calculada em 330 milhões de pessoas. O melhoramento das

condições de infra-estrutura dos meios de transporte e a introdução de tecnologias que permitiriam melhorias no sistema de pastagens foram consideradas as principais estratégias para aumentar a eficiência dos sistemas de produção na região.

KRUSKA et al. (2003), ao utilizarem imagens de satélite de alta resolução e mapearem as diferentes regiões do mundo, de acordo com o sistema de produção animal desenvolvido em cada agroecossistema, com o objetivo de entender como os sistemas de produção interagem com os ecossistemas, analisaram seu impacto e deram suporte à decisão para o desenvolvimento de novas tecnologias, estratégias e macropolíticas regionais. Esses autores consideraram esta metodologia como o primeiro passo para entender, de forma mais ampla, a relação entre sistemas pecuários, pobreza rural e recursos naturais. As informações geradas foram consideradas de grande valor para formulação de políticas agrícolas apropriadas e para implantação de sistema de produção sustentável.

Outro aspecto dos sistemas pecuários extensivos, especialmente nos países em desenvolvimento, é a contribuição destes para a conservação ambiental nas mais diferentes partes do mundo. Se a pecuária for organizada de forma apropriada e se integrar a sistemas de produção, trará contribuição marcante para o bem-estar dos produtores, com garantia de proteção ao meio ambiente, segurança alimentar e incremento na renda familiar (DALIBARD, 1995).

Em paralelo, há necessidade da introdução de inovações nos sistemas tradicionais, as quais visem à intensificação destes, mediante técnicas que garantam também sua viabilidade ecológica e a segurança alimentar de populações de países em desenvolvimento (SANSOUCY, 1995).

A avaliação econômica da contribuição da produção animal para países em desenvolvimento não tem sido adequadamente feita. Estatísticas oficiais subestimam a contribuição de sistemas pecuários extensivos, dado seu aspecto de difícil quantificação econômica, como, por exemplo, a utilização de animais para consumo do próprio produtor. SANSOUCY (1995) enfatizou que o pré-requisito para a

sustentabilidade dos sistemas de produção é o desenvolvimento de tecnologias em sistemas reais de produção, as quais utilizem recursos locais e acessíveis aos produtores.

Em muitos casos, o interesse em integrar aspectos sociais, ecológicos e produtivos surgiu com o desenvolvimento de projetos em regiões marginais, pois identificou-se nos sistemas de produção animal destas regiões a necessidade de integrar ao estudo zootécnico outras áreas de pesquisa (economia e administração rural), com o objetivo de analisar a informação e repassá-la ao produtor. Portanto, conceitos oriundos da teoria de sistemas, de ecologia, de economia e de tomada de decisão auxiliaram o desenvolvimento de modelos com práticas de manejo e estratégias que visam dar suporte ao manejo diferenciado de fazendas. Nesse contexto, a integração das informações oriundas das pesquisas especializadas, com o fim de analisar a eficiência do sistema como um todo, passa a ser o desafio para o aumento da eficiência em sistemas reais de produção (GIBON et al., 1999a).

No Brasil, os sistemas de produção de bovino de corte são baseados, quase sempre, em pastagens (EUCLIDES FILHO, 2000), podendo, na maioria, ser considerados extensivos (BLISKA e GONÇALVES, 1998). De maneira geral, os índices de produtividade da pecuária de corte no país são baixos (De ZEN, 1999), especialmente a taxa de natalidade (58%). Uma das principais características dos sistemas baseados em pastagens é a sazonalidade de oferta da produção forrageira, especialmente quando esta é tropical (por exemplo, as cultivares dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*). No caso de as forrageiras serem nativas, tal característica fica ainda mais marcante, causando conseqüências negativas diretas nos índices produtivos dos sistemas, como ocorre nos sistemas de cria do Pantanal Matogrossense (POTT et al., 1989).

A produção de bovinos de corte possui três fases distintas (cria, recria e engorda). Segundo EUCLIDES FILHO (1996), vem ocorrendo especialização dos sistemas de produção para cada fase da pecuária; entretanto, em qualquer especialização, o uso de tecnologia que vise ao melhoramento dos índices

produtivos e, conseqüentemente, à eficiência do sistema será base para todo o processo de mudanças.

## **2.2. Introdução de tecnologia e avaliação da eficiência no sistema de produção**

A transferência de tecnologias aos produtores da América Tropical apresenta uma série de limitações. Entre estas, destacam-se as tecnologias geradas, que, quando implantadas, não foram benéficas aos produtores, nem aceitáveis, além da necessidade de maior esforço em favor da extensão rural, com vistas, justamente, na transferência eficiente, de maneira que as tecnologias sejam, de fato, adotadas (RADULOVICH e KARREMANS, 1992).

Segundo GLIMP et al. (1998), a extensão rural deve ter perfil multidisciplinar e trabalhar no monitoramento e no manejo de sistemas naturais e de produção, colaborando para o desenvolvimento de tecnologias para a tomada de decisão em caso de conflitos de interesse, e para a integração de projetos não apenas agrícolas, mas sociais; além de possuir treinamento em técnicas de tomada de decisão.

Na Figura 3, observa-se que, quando a situação se torna mais complexa e há necessidade de tecnologias mais sofisticadas, a transferência de tecnologia deve dar, progressivamente, maior ênfase ao engajamento de produtor/extensionista/pesquisador, ou os grupos destes, no processo de experimentação, aprendizagem e desenvolvimento humano. Isso não significa que o conhecimento técnico e a transferência de tecnologia, necessariamente, devam ser substituídos quando a situação for mais complexa, mas que o conhecimento técnico, nesses casos mais complexos, deva ser construído para permitir a participação dos grupos engajados no processo, visando ao desenvolvimento de aprendizagem criativa e ao alcance dos objetivos (BLACK, 2000).

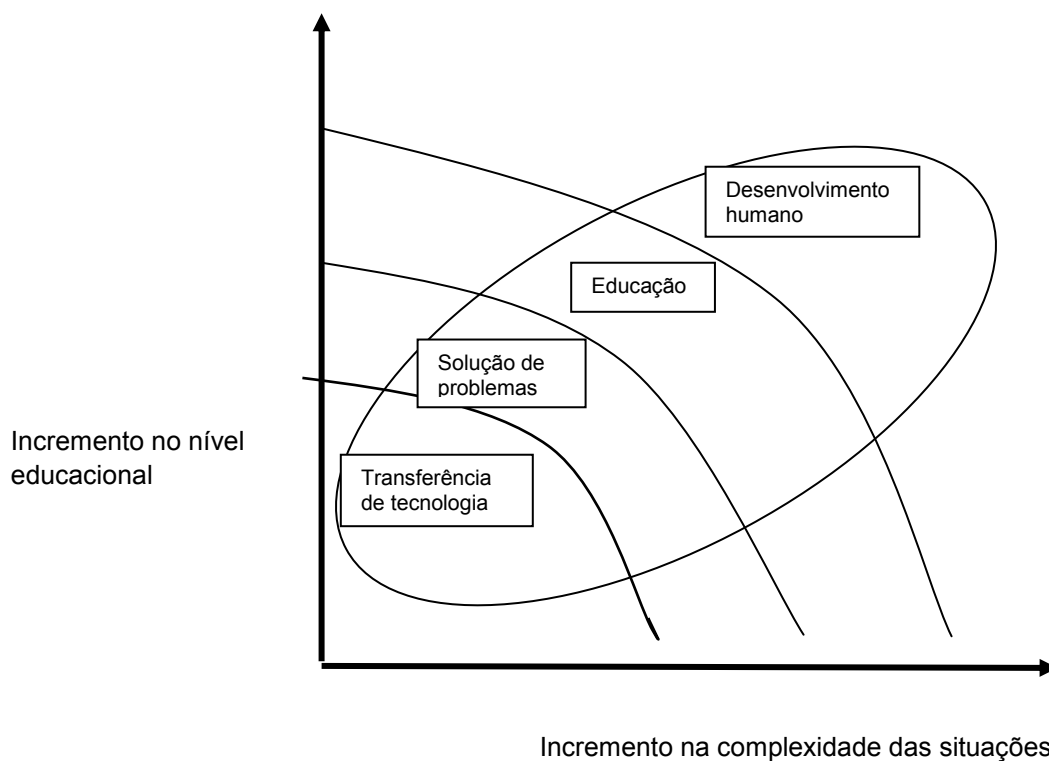


Figura 3 – Nível de complexidade das tecnologias em relação ao nível educacional.

Segundo FRANK (1997), a lenta taxa de adoção de tecnologia por parte do produtor pode ser reflexo das perspectivas limitadas dos pesquisadores. O fazendeiro maneja sistemas agroecológicos ao observar as interações e a dinâmica entre os elementos do sistema de produção. Assim, os pesquisadores necessitam entender e avaliar esses sistemas, objetivando aumentar a velocidade de transferência e de adoção de tecnologias. Para isso, há necessidade de o sistema ser definido por um potencial e caracterizado por índices de eficiência e produtividade, nunca pela aparência ou por técnicas empregadas (FARIA e LIMA, 1995).

Ao analisarem os efeitos das tecnologias sobre a velocidade e sobre a taxa de adoção destas, no Quênia, BATZ et al. (1999) observaram que as principais características que impediram a adoção tecnológica, de forma mais rápida, foram a complexidade das tecnologias e sua alta taxa de risco relativo. Essa complexidade dificultou a adoção destas devido, principalmente, ao maior esforço de trabalho e à baixa formação técnica dos produtores. O risco relativo foi especialmente

importante, já que os sistemas de produção são extensivos e muito dependentes dos riscos ambientais, razão da necessidade de planejamento das tecnologias a serem implantadas, com base na avaliação da complexidade e do risco relativo quando da transferência para o sistema de produção.

Com o objetivo de analisar as características gerais dos sistemas de produção de gado de corte e a demanda de informação por parte dos produtores, para dar suporte ao desenvolvimento de um novo programa de pesquisa estadual, no estado de Manitoba no Canadá, SMALL e McCAUGHEY (1999) verificaram que, de maneira geral, a expressiva demanda era de informações sobre o custo de produção, pastagens e manejo reprodutivo. COPPOCK e BIRKENFELD (1999), em Utah, nos EUA, ao analisarem o uso, por parte dos produtores, de tecnologias e de serviços para manejo de bovinos de corte, verificaram que as práticas de manejo e de serviços mais utilizados foram sistemas de cruzamentos, suplementação dos rebanhos de cria, implantação de forrageiras melhoradas e interação com técnicos de extensão rural. As práticas que tinham menor complexidade, ligadas diretamente à produção animal, e maiores compatibilidades com as metas da exploração pecuária foram favorecidas, além de a utilização de maior número de práticas tecnológicas ter sido correlacionada com o nível educacional formal do produtor, ou seja, produtores com perfil mais técnico adotaram maior número de tecnologias. Na Polônia, KAMIENIECKI et al. (1999), ao analisarem características técnicas e econômicas de fazendas de gado leiteiro, verificaram a necessidade de intensificar, de forma sistêmica, a transferência de tecnologia relacionadas com manejo de forrageiras e de solos.

Ao analisar a oferta e a adoção de tecnologia na Austrália, FROST (2000) concluiu que a extensão de informações que causam modificação fundamental no sistema de produção deve satisfazer aos valores e objetivos individuais dos produtores e também às necessidades mais amplas, como, por exemplo, a conservação ambiental. Na prática, os pesquisadores/extensionistas devem proporcionar tempo e oportunidade para os produtores adaptarem as recomendações

ao seu próprio contexto. Além disso, programas de extensão necessitam dar estrutura e oportunidade aos produtores, para que possam articular resolução de seus problemas, particularmente quando são necessárias mudanças fundamentais em seus objetivos, para adaptação das recomendações a seus próprios contextos.

CEZAR et al. (2000), ao objetivarem aumentar a eficiência do sistema de geração e transferência de tecnologia de informação para produtores de gado de corte, desenvolveram um modelo participativo para gerar e transferir tecnologia para pecuaristas. O modelo foi baseado na análise de questionários e estudos de caso de produtores da região do Pantanal Sul-Matogrossense e da microrregião de Campo Grande, os quais foram aplicados em amostra aleatória e estratificada, à população. As inovações fundamentaram-se em:

1. Ações participativas por meio das quais se detectassem demandas e gerassem soluções de acordo com as necessidades dos diferentes grupos de pecuaristas;
2. Elo social entre a Embrapa Gado de Corte e os grupos;
3. Fluxo de informação com base nas características das redes de informação existentes; e
4. Monitoramento para obter “feedback” de pesquisa.

Ao analisarem as informações oriundas dos questionários e de estudos de campo, esses autores chegaram a conclusões importantes, especialmente sobre o desenvolvimento do esforço de geração e transferência de tecnologia para produtores do Pantanal. O trabalho partiu do princípio de que, sem o envolvimento direto do produtor rural, o esforço de gerar e transferir tecnologia ficaria comprometido, sendo a principal característica do modelo o enfoque de aprendizagem moldado em diálogo e adaptado aos grupos regionais de pecuaristas. No caso do Pantanal, por ser uma região com características peculiares, há necessidade de monitorar e de identificar “como” e “porquê” os fazendeiros ajustam as tecnologias, ponto mais importante para obter “feedback” para pesquisa.

### 2.3. Referências bibliográficas

- ABREU, U.G.P. de; CHALITA, V. A S. L.; MORAES, A S.; LOUREIRO, J.M.F. 2000. Introdução de tecnologias no sistema de produção de bovino de corte no Pantanal - sub-região de Nhecolândia, MS. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 2000. 37p. (EMBRAPA-CPAP. Circular Técnica, 25).
- ABREU, U.G.P. de; SEIDL, A.; LOUREIRO, J.M.F.; MORAES, A.S.; COMASTRI FILHO, J.A. 1997. Desempenho produtivo de vacas aneladas no Pantanal - sub-região da Nhecolândia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997. Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.292-294.
- AFFIN, O A D.; SANTOS, N. A. 1990. O que é enfoque sistêmico? Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 28, p. 57-68.
- ALLEM, A.C.; VALLS, J.F.M. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1987. 339p.il. (EMBRAPA-CENARGEN, Documentos, 8).
- ALMEIDA, I.L. de; ABREU, U.G.P. de; LOUREIRO, J.M.F.; COMASTRI FILHO, J.A. Introdução de tecnologias na criação de bovinos de corte no Pantanal - sub-região dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1996. 50p. (EMBRAPA-CPAP. Circular Técnica, 22).
- ALTIERI, M. A . 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 93, p. 1-24.
- ANDERSON, V.; JOHNSON, L. 1997. Systems thinkings basic: from concepts to casual loops. Ed. Cambridge: Pegasus, 1997. 132p.
- APOSTOLOPOULUS, K.; MERGOS, G. 1997. Economic constraints on the development of livestock production systems in disadvantaged areas. In: LIVESTOCK SYSTEMS IN EUROPEAN RURAL DEVELOPMENT, 1, 1997, Nafplio. Proceedings. Scotland: LSIRD, 1998. p. 19-24.
- ASSIS, A G.; BROCKINGTON, N. R. Sistema de produção e economia – o estado da arte . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995. Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p.573-582.



- BATZ, F. J.; PETERS, K. J.; JANSSEN, W. 1999. The influence of technology characteristics on the rate and speed of adoption. *Agricultural Economics*, n. 21, p. 121-130.
- BHAT, P.N.; TANEJA, V.K. 1998. Sustainable animal production systems in Índia: Issues and approaches. *Indian Journal of Animal Science*, n. 68, p. 701-712.
- BLACK, A. W. 2000. Extension theory and practice: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 40, p. 493-502.
- BLISKA, F. M. de M.; GONÇALVES, J. R. 1998. Estudo da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil. In: CADEIAS PRODUTIVAS E SISTEMAS NATURAIS/ A.M.G. de Castro, S. M. V. Lima, W. J. Goerdet, A de Freitas Filho, J. R. P. Vasconcelos, org...Brasília. DF: Serviço de Produção de Informação, 1998. P. 157-183.
- BOYAZOGLU, J. 1998. Livestock farming as a factor of environment, social and economic stability with special reference to research. *Livestock Production Science*, v. 57, p. 1-14.
- CADAVID GARCIA, E.A. 1986. Análise técnico-econômica da pecuária bovina do Pantanal. Sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1986. 92p.il. (EMBRAPA-CPAP, Circular Técnica, 15).
- CEZAR, I.M.; SKERRATT, S.; DENT; J.B. 2000. Sistema participativo de geração e transferência de tecnologia para pecuaristas: o caso aplicado a Embrapa Gado de Corte. *Caderno de Ciência & Tecnologia*, v.17, n. 2, p. 135-170.
- CEZAR, I. M.; EUCLIDES FILHO, K. 1996. Novilho precoce: reflexos na eficiência e economicidade do sistema de produção. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1996. 31. (EMBRAPA-CNPGC, Documentos,66).
- COPPOCK, D.L; BIRKENFELD, A.H. 1999. Use of livestock and range management practices in Utah. *Journal of Range Management*, n.52, p.7-18.
- DALIBARD, C.1995. Livestock's contribution to the protection of the environment. *World Animal Review*, v. 84/85, p. 104-112.
- De ZEN, S. 1999. Aspectos da produção de carne e as tendências do mercado nacional. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1º, 1999, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1999. p.245-264.

- FARIA , V.P. de; SILVA, S. C. 1995. Fatores biológicos determinantes de mudanças na pecuária leiteira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1995, Juiz de Fora . Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1995. p. 77-89.
- EUCLIDES FILHO, K. 2000. Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo – ambiente –mercado. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 61 p.il. (Embrapa Gado de Corte, Documentos, 85).
- EUCLIDES FILHO, K. 1996. A pecuária de corte brasileira no terceiro milênio. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados. Anais ... Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 118-120.
- FLAMANT, J. C.; BÉRANGER, C.; GIBON, A. 1999. Animal production and land sustainability. An approach from the farm diversity at territory level. Livestock Production Systems, v. 61, p. 275-286.
- FRANK, B.R. 1997. Adoption of innovations in the North Queensland beef industry. III: Implications for extension management. Agricultural Systems, v.55, n. 3, p.347-358.
- FROST, F. M. 2000. Value orientations: impact and implications in the extension of complex farming systems. Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 40, p. 511-517.
- GASTAL, E. 1998. Enfoque dialético: um estágio mais avançado no uso de sistemas na pesquisa agropecuária. Revista de Economia e Sociología Rural, v. 26, p. 89-110.
- GIBON, A .; SIBBALD, A . R.; FLAMANT, J.C.; LHOSTE, P.; REVILLA, R.; RUBINO, R.; SORENSEN, J.T. 1999a. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. Livestock Production Systems, v. 61, p. 121-137.
- GIBON, A .; SIBBALD, A . R.; THOMAS, C. 1999b. Improved sustainability in livestock systems, a challenge for animal production science. Livestock Production Systems, v. 61, p. 107-110.
- GLIMP, H. A. ; HAVERCAMP, M. J.; LARSON, S. 1998. The role in natural resource management: current decision making models and future needs. Journal of Animal Science, v. 76, p. 948-953.

- HEITSCHMIDT, R. K.; SHORT, R. E.; GRINGS, E.E. 1996. Ecosystems, sustainability, and animal agriculture. *Journal of Animal Science*, v. 74, p. 1395-1405.
- KAMIENIECKI, K.; GNYP, J.; TRAUTMAN, J. 1999. Technical and economic characteristics of dairy farms in Central-East Poland. *Livestock Production Science*, v. 61, p. 301-306.
- KRUSKA, R.L.; REID, R.S.; THORNTON, P.K.; HENNINGER, N.; KRISTJANSON, P. M. 2003. Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world. *Agricultural Systems*, v. 77, p. 39-63.
- KUKEL, H. O.; HAGEVOORT, G. R. 1994. Construction of science for animal agriculture. *Journal of Animal Science*, v. 72, p. 247-253.
- MARTIN BELLIDO, M.; ESCRIBANO SÁNCHEZ, M.; MESIAS DIAZ, F. J.; LEDESMA VEGA, A. R. de; PULIDO GARCIA, F. 2001. Sistemas extensivos de producción animal. *Archivos de Zootecnia*, v. 50, p. 466-489.
- MARZALL, K.; ALMEIDA, J. 2000. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas – Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. *Caderno de Ciência & Tecnologia*, v.17, n.1., p. 41-59.
- MONTERRAT RECORDER, P. 2001. Importancia gestora y social del pastoralismo. *Archivos de Zootecnia*, v. 50, p. 491-499.
- OLESEN, I.; GROEN, A. F.; GJERDE, B. 2000. Definition of animal breeding goals for sustainable production systems. *Journal of Animal Science*, v. 78, p. 570-582.
- PACINI, C.; WOSSINK, A.; GIESEN, G.; VAZZANA, C.; HUIRNE, R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 95, p. 273-288.
- PIORR, H. P. 2003. Environmental policy, agri-environmental indicators and landscape indicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 98, p. 17-33.
- POTT, E. B.; CATTO, J. B.; BRUM, P. A. R. de 1989. Períodos críticos de alimentação para bovinos em pastagens nativas, no Pantanal Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.24, p.1427-1432.

- PULINA, G.; SALIMEI, E.; MASALA, G.; SIKOSANA, J. L. N. 1999. A spreadsheet model for the assessment of sustainable stocking rate in semi-arid and sub-humid regions of Southern Africa. *Livestock Production Science*, v. 61, p. 287-299.
- RADULOVICH, R.; KARREMANS, J.A J. 1992. Validación de tecnologías: puente entre generación y transferencia. *Turrialba*, v.42, n.1, p. 63-72.
- ROSA, A.N. Manejo e melhoramento genético. 1997. In: *TECNOLOGIAS E INFORMACÕES PARA A PECUÁRIA DE CORTE NO PANTANAL/ J.B. Catto, J. R. B. Sereno, J. A Comastri Filho, org... Corumbá, MS, MS: EMBRAPA-CPAP, 1997. p.85-110.*
- SANSOUCY, R. 1995. Livestock - a driving force for food security and sustainable development. *World Animal Review*, v. 84/85, p. 5-17.
- SMALL, J. A.; McCAUGHEY, W. P. 1999. Beef cattle management in Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 79, p. 539-544.
- SPEDDING, C. R. W. 1979. An introduction to agricultural systems. *Applied Science Publishers Ltda. England, 1979. 169p.*
- STEINFELD, H.; MACK, S. 1995. Livestock development strategies. *World Animal Review*, v. 84/85, p. 18-24.
- STEINFELD, H.; MÄKI-HOKKONEN, J. 1995. A classification of livestock production systems. *World Animal Review*, v. 84/85, p. 83-94.
- SZÁBO, F.; ZELE, E.; POLGÁR, J. P.; WAGENHOFFER, Z.S. 1999. Study on peat bog soil pastures for sustainable development of beef cattle farming. *Livestock Production Science*, v. 61, p. 253-260.
- WADSWORTH, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Tomo1: Las bases conceptuales. 1º Ed. ESTUDIO FAO - Produccion y Sanidad Animal. Roma, 1997. 80p
- WRIGHT, I. A. 1997. Identifying biological constrains acting on livestock systems in marginal areas. In: *LIVESTOCK SYSTEMS IN EUROPEAN RURAL DEVELOPMENT*, 1, 1997, Nafplio. Proceedings. Scotland: LSIRD, 1998. p. 11-18.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES FILHO, K. 1997. As pastagens e a pecuária de corte no Brasil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1997. p. 349-379.

### 3. CAPÍTULO I

#### 3.1. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. I - Desempenho das matrizes.

**Resumo** – O desempenho produtivo de 1.075 matrizes foi monitorado durante cinco anos (maio de 1994 a maio de 1999), em fazenda com sistema extensivo de cria de bovinos de corte na região do Pantanal. Nesse período, tecnologias foram introduzidas com o objetivo de modificar o sistema tradicional de produção da região e, conseqüentemente, melhorar o desempenho produtivo do rebanho de cria como um todo. As vacas foram numeradas e monitoradas durante a realização dos trabalhos de gado, sendo classificadas como Solteira (vazia-0) ou Parida (parida com bezerro ao pé – 1). Os resultados foram modelados por meio de equações de estimação generalizadas (EEG), extensão do modelo linear generalizado, que possibilita a modelagem das estruturas de covariâncias na estimativa dos parâmetros. Ao se utilizar modelo linear generalizado com a função de ligação logística e distribuição binomial, os dados foram modelados como regressão logística com inclusão do efeito de covariância sobre as informações coletadas na mesma vaca, ao longo do tempo. Nas estatísticas de Wald, os efeitos das variáveis exploratórias como internada, ordem de trabalho, idade da vaca linear e quadrático foram significativos ( $p < 0,01$ ), o que indica que a introdução de tecnologias não é um processo simples, pois há necessidade de se ter conhecimento dos sistemas de produção reais para ajusta-las a situações particulares. A introdução de tecnologias não mostrou uma tendência clara de aumento da probabilidade de as vacas serem classificadas como Paridas. Verificou-se que, após aumento no início da implantação das tecnologias, a resposta tendeu a ser mais lenta. Assim, novas tecnologias devem ser desenvolvidas e, ou, adaptadas, para que o impacto positivo na eficiência do sistema seja maior.

**Palavras chaves:** desempenho produtivo de matrizes, introdução de tecnologia, sistema de produção.

## CHAPTER I

### **Evaluation of technology introduction in a beef cattle production system in Pantanal wetlands. 1 – Cows performance.**

**Abstract:** The productive performance of 1,075 cows was monitored during five years (May 1994 to May 1999) in a ranch with an extensive cow-calf system in the Pantanal region. During the period technologies were introduced, with the objective of modifying the traditional system and improving the herd performance. The cows received a number, and they were monitored by “cattle works” (CW). The cows were classified as open (0) or pregnant (1). The results were modelled through generalized estimating equation (GEE) that is an extension of generalized linear models (GLIM). The GEE approach takes into account the structure of covariance categorical repeated measurements in the subject for parameter estimates. The link function and distribution were logistic and binomial. The data were modelled as a logistic regression, with the inclusion of the repeated measurement covariance of each subject. The Wald statistics for the pastures, CW order, linear and quadratic cow age effect were significant ( $p < 0,01$ ). This characterized the technology introduction is not an easy process, and it is necessary to know the real production system to adjust the technologies. Despite the probability of pregnant cows increased, after the first impact the response tends to be slow. Therefore new technologies will be developed to increase the impact in the production system.

**Key words:** cow productive performance, introduction of technologies, production system.

### 3.2. Introdução

Os sistemas de produção de gado de corte são complexos e diversificados, motivo pelo qual é necessário que cada produtor desenvolva e adapte seu próprio sistema a suas metas, combinando-as com as condições de ambiente e de mercado (HEMBRY, 1991).

A estrutura central na cadeia produtiva da pecuária de corte é o sistema biológico de produção de bovinos, que engloba diferentes etapas da criação (cria, recria e engorda) em combinações, em torno das quais se agrupam os produtores (CARDOSO, 1994). A cria possui, no Pantanal, regime predominantemente extensivo, e a base da alimentação são pastagens nativas (a mais freqüente) e, ou, cultivadas, que envolvem os(as) bezerros(as) até a desmama, ou até um ano de idade; vacas; novilhas (em recria ou com idade de cobertura); e touros.

Segundo ABREU et al. (2001), no Pantanal vem ocorrendo concentração dos produtores na atividade de cria, e a recria ocorre apenas em novilhas de reposição, sendo os principais produtos para comercialização, neste sistema, os bezerros(as) desmamados(as); as novilhas de recria (excedente); os garrotes; os tourunos (touro de descarte); e as vacas boiadeiras (vacas de descarte).

No sistema tradicional, os animais recebem poucos cuidados e são mantidos, quase sempre, em pastagens nativas existentes nas extensas planícies arenosas com poucas subdivisões, com vistas em permitir o pastejo seletivo e o uso das aguadas (CADAVID GARCIA, 1986). O manejo é baseado no regime de enchentes e há dois períodos críticos de restrição alimentar: um, do auge ao final da cheia (fevereiro a maio), e outro, do meio ao fim da seca (agosto a setembro) (POTT et al., 1989). A alimentação constitui-se, basicamente, das seguintes espécies de forrageiras nativas: capim-mimoso (*Axonopus purpusii*), *Mesosetum loliiforme*, e grama-do-carandazal (*Panicum laxum*) (POTT, 1988). Os índices de produção tradicionais da região são baixos, com taxas de natalidade e desmama em torno de 45-60 % e 50-53%, respectivamente (ABREU et al., 2001), razão da necessidade de melhorar o desempenho e a eficiência da atividade como um todo.

O processo de monitoramento, conceitualmente, é uma forma de entender as práticas agrícolas em uso e identificar as razões de possíveis ajustes das tecnologias adotadas, que são consequência da dinâmica das condições e das diversidades ambientais e socioeconômicas (CEZAR et al., 2000).



A pecuária de corte vem sendo pressionada a aumentar os desempenhos produtivos e econômicos da atividade, o que constitui o objetivo mais importante no processo de tomada de decisão do produtor rural (CEZAR, 2001). A Embrapa Pantanal vem trabalhando para atingir esse objetivo, já que desenvolveu diversas tecnologias para serem implantadas na região (CATTO et al., 1997). Com vistas em conhecer o sistema de produção desenvolvido pelo produtor e implantar tecnologias, foi desenvolvido projeto de monitoramento de fazendas na região, o que tornou possível determinar, em sistemas reais, o processo de adoção de tecnologias e seus impactos no sistema como um todo.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os impactos da introdução de diferentes tecnologias no sistema de produção tradicional de cria extensiva do Pantanal, ao longo do tempo, com vistas em obter informações básicas para o desenvolvimento de novas tecnologias.

### **3.3. Material e métodos**

#### Tecnologias introduzidas

O trabalho foi desenvolvido em uma parte da fazenda Alegria (retiro Chatelodo), em área de 6.364 hectares, na sub-região da Nhecolândia, em Mato Grosso do Sul, a qual compreende 24.762 quilômetros quadrados, 17,8% de todo Pantanal Mato-grossense. A fitofisionomia típica da sub-região é a presença de campos abertos, com espécies forrageiras nativas e espécies lenhosas, com pequenas lagoas conhecidas na região como baías. Periféricamente a essas baías, há pastagens nativas, com destaque para o capim-mimoso (*Axonopus purpusii*) e o capim-mimosinho (*Reimarochoa brasiliensis*). Outros corpos d'água verificados na região são as vazantes e os corixos (riachos temporários que, na época da cheia, ficam inundados), e os solos são essencialmente arenosos (ALLENS e VALLS, 1987).

A bovinocultura de corte tradicional resume-se aos “trabalhos de gado” anuais: o primeiro em maio ou junho e o segundo, em novembro ou dezembro. Esses trabalhos são destinados a ferra, sinalar bezerras novos (colocar pequena marca na orelha dos animais), castrar garrotes, vacinar, aparar a vassoura da cauda

dos animais e outros, de acordo com a preferência de cada fazendeiro (BARROS NETTO, 1979).

O trabalho foi executado em seis invernadas (pasto de longa extensão limitado por cercas, destinados à cria de bovinos), com as seguintes denominações e dimensões:

1. Baitaca – 1.529 hectares (24%);
2. Invernada 1 – 893 hectares (14%);
3. Invernada 2 – 944 hectares (15%);
4. Invernada 3 – 944 hectares (15%);
5. Invernada 4 – 1.054 hectares (16.5%); e
6. Cocho Novo – 1.000 hectares ( 16%).

O manejo de gado no retiro Chatelodo foi feito por três peões residentes, sendo realizada apenas a fase de cria. A recria de machos e fêmeas foi feita em outra parte da fazenda. O proprietário comercializava boi magro com média de idade de 30 meses. O manejo do gado foi baseado na realização de dois trabalhos de gado por ano. As vacas e os touros não foram identificados, e o descarte foi feito, basicamente, por causa da idade dos animais. A monta ocorreu durante todo o ano, e a relação touro:vaca era de 1:10. Os animais foram vacinados contra febre aftosa e raiva, os bezerros desmamados, contra carbúnculo sintomático. O rebanho de cria recebeu sal mineral com fórmula baseada nas recomendações de POTT et al. (1988).

O projeto foi desenvolvido em cinco anos (maio de 1994 a maio de 1999), sendo realizados 11 trabalhos de gado. O retiro Chatelodo localiza-se na parte central da Nhecolândia e possui sete tipos de ambientes: água, savana florestada, savana arborizada, savana gramíneo-lenhosa, savana arborizada+savana gramíneo lenhosa e savana gramíneo-lenhosa+savana arborizada (ABREU et al., 1996).

As tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Pantanal, implantadas, de forma paulatina, ao longo do trabalho de monitoramento, estão descritas a seguir:

1. Desmama antecipada (ALMEIDA et al., 1985);
2. Everminação estratégica das fêmeas de reposição (CATTO e FURLONG, 1981);
3. Identificação das matrizes com acompanhamento reprodutivo e descarte baseado em desempenho (ALMEIDA et al., 1996);

4. Estação de monta (TULLIO, 1986);
5. Utilização de touros oriundos de plantel de seleção da própria fazenda (ROSA et al., 1997); e
6. Avaliação de touros e redução da proporção touro:vaca (SERENO et al., 1998).

No primeiro trabalho de gado (TG), em maio de 1994, o número de vacas observadas foi de 1.075, tendo sido identificado o ano de nascimento das matrizes. A relação touro:vaca foi mantida em 1:10, como tradicionalmente é feito na região. As vacas e os touros foram numerados, e os reprodutores também identificados com o número da invernada. Os dados das matrizes, sem identificação de idade, foram descartados.

As vacas foram classificadas em Solteira (vazia - 0) ou Parida (parida com bezerro ao pé - 1). Matrizes que passavam dois TGs subsequentes na situação de solteira eram submetidas ao diagnóstico de gestação; se estivessem vazias, eram descartadas. O descarte, por idade das vacas (a partir dos catorze anos) ou por algum problema de úbere, também foi feito (ABREU et al., 1997). Os touros foram submetidos a dois exames andrológicos, o que levou ao descarte de 15% deles. A relação touro:vaca foi diminuindo até estabilizar-se na relação 1:25.

A estação de monta foi implantada no período reprodutivo de 1996/1997, que se iniciou em setembro de 1996 e terminou em abril de 1997 (oito meses). No período subsequente, a monta iniciou-se em outubro de 1997 e terminou em março de 1998 (seis meses), ou seja, houve diminuição de dois meses entre o primeiro e o segundo período reprodutivo.

#### Modelo linear generalizado

As vacas, ao longo do tempo no qual foram implantadas as tecnologias, que modificaram o sistema de produção, foram classificadas em Parida (1) ou Solteira (0), caracterizando uma resposta dicotômica. Dados resultantes desse tipo de análise podem ser provenientes de uma distribuição binomial com probabilidade  $\pi$ , que é a probabilidade de ocorrência do evento, ou seja,

$$y_i \sim \text{Bin}(m_i, \pi_i),$$

então, o objetivo da análise é modelar a probabilidade ( $\pi$ ) de as matrizes serem classificadas como Paridas (1), em função de variáveis exploratórias ao longo do tempo.

A introdução de tecnologias foi modelada por meio de equações de estimação generalizadas (EEG), extensão do modelo linear generalizado (STOKES et al., 2000), que possibilita a modelagem das estruturas de covariâncias na estimativa dos parâmetros ( $\beta$ ).

Segundo McCULLAGH e NELDER (1997) e DEMÉTRIO (2001), o modelo linear generalizado caracteriza-se por:

1. componente aleatório – variável resposta  $y$  com distribuição normal, independente,  $E(y)=\mu$  e variância constante  $\sigma^2$ ;
2. componente sistemático – variáveis explicativas ou explanatórias, estabelecidas durante o planejamento da análise, covariáveis  $x_1, x_2, \dots, x_p$ , que entram na estimativa do preditor linear  $\eta$ , dado por

$$\eta = \sum_{j=1}^p x_j \beta_j ; e$$

3. ligação entre os componentes aleatório e sistemático, sendo

$$\mu = \eta .$$

A generalização introduz um novo componente  $\eta$  no preditor linear e o terceiro componente específica  $\mu = \eta$  idênticos, em que  $\eta_i = g(\mu_i)$ , então  $g(\cdot)$  pode ser chamado de função de ligação .

O modelo linear generalizado permite duas extensões importantes: primeira, a distribuição do componente aleatório pode pertencer à família exponencial na forma canônica (normal, gama, binomial, etc.); segunda, a função de ligação que liga o componente aleatório ao componente sistemático, que relaciona a média com o preditor linear ( $\eta_i = g(\mu_i)$ ), é uma função monótona derivável (DEMÉTRIO, 2001).

A função de ligação, determinada por  $g(\mu_i) = \beta_i$ , modela diretamente o parâmetro canônico, que é chamado de ligação canônica. Segundo McCULLAGH e NELDER (1997), cada distribuição possui uma função canônica especial; na distribuição binomial, a ligação canônica é a logística, ou seja,

$$\eta = \ln\{\pi/(1-\pi)\} .$$

Equações de estimação generalizadas (EEG)

Recentemente, pesquisadores desenvolveram nova metodologia para análise de medidas categóricas repetidas no tempo. As equações de estimação generalizadas (EEG) são uma extensão do modelo linear generalizado que fornece uma abordagem semiparamétrica na análise de dados univariados, em que o método de estimação quase-verossimilhança permite a modelagem de variáveis respostas correlacionadas com distribuição normal, Poisson, binomial e gama, entre outras. O método permite a modelagem de ampla situação de casos, como dados perdidos, variáveis explanatórias contínuas e variáveis explanatórias tempo dependentes (STOKES et al., 2000).

A metodologia EEG leva em consideração as correlações entre as variáveis respostas, em análises nas quais estas são dados binários e dados de contagens (LIANG e ZEGGER, 1986). As respostas à implantação das tecnologias no sistema de produção do Pantanal, avaliado pela probabilidade de as matrizes terem desempenhos mais eficientes ao longo do tempo, são de natureza binária, ou seja, matrizes Solteiras e Paridas eram classificadas como 0 e 1, respectivamente, em cada trabalho de gado. A coleta das informações foi feita no mesmo animal, ao longo do tempo; conseqüentemente, as variáveis respostas possuíam correlação intra-animal de natureza binária; no entanto, entre os animais não havia correlação, o que caracteriza a análise longitudinal com repostas binárias repetidas ao longo do tempo. Foi necessário modelar a estrutura de covariância entre as respostas de cada indivíduo analisado e a correlação entre os resíduos, caso contrário, aumentará o risco de realizar inferências científicas incorretas (DIGGLE et al., 2002).

Pressupõe-se que  $Y_i = (Y_{i1}, \dots, Y_{in_i})^T$  seja o vetor das  $n_i$  mensurações do  $i$ -ésimo indivíduo e  $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ ,  $p$  vetores das variáveis independentes ( $p$  variáveis explanatórias) de cada  $i$ -ésimo indivíduo. O método EEG (LIANG e ZEGGER, 1986) permite modelar a regressão de dados que não possuem distribuição multinormal; os dados são modelados por meio de modelo linear generalizado, excetuando-se a matriz de correlação entre as respostas. Apenas a distribuição marginal é modelada parametricamente. A média do vetor  $Y_i$  é admitida como  $\mu_i = \eta^{-1}(X_i \beta)$ , em que  $\eta$  é a função de ligação, e a equação de estimação para  $\beta$  é

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta} \right)^T \mathbf{V}_i^{-1} (\mathbf{Y}_i - \mu_i) = 0 ,$$

em que  $\mathbf{V}_i$  é a covariância do trabalho para o vetor  $\mathbf{Y}_i$ , dado por

$$\mathbf{V}_i = \phi \mathbf{A}_i^{1/2} \mathbf{R}_i \mathbf{A}_i^{1/2} ,$$

em que  $\phi$  é um escalar estimado de acordo com a metodologia de quase- verossimilhança (HARDIN e HILBE, 2003). A variância de  $\mathbf{Y}_{ij}$  é expressa por uma função conhecida de esperança  $\mu_{ij}$ , isto é,  $\text{var}(\mathbf{Y}_{ij}) = \phi g(\mu_{ij})$ , em que  $\phi$  é tratado como parâmetro de dispersão (nuisance), e o foco é a inferência sobre  $\beta$ ;  $\mathbf{A}_i$ , matriz diagonal  $n_i \times n_i$ , em que  $g(\mu_{ij})$  é o  $j$ -ésimo elemento na diagonal;  $\mathbf{R}_i$ , matriz de correlação do trabalho para  $\mathbf{Y}_i$ ;  $\mathbf{R}_i$ , matriz de correlação do trabalho por não ser corretamente especificada, com estrutura de correlações aproximada.

LIANG e ZENGER (1986) descreveram várias matrizes  $\mathbf{R}_i$ , que podem ser escolhidas e vão desde matrizes que consideram que as mensurações repetidas não sejam correlacionadas, até matrizes com estruturas complexas e grande número de parâmetros a serem estimados.

Na modelagem por EEG, o modelo é ajustado por meio da estimação inicial de  $\beta$ ; por exemplo, considerando-se um modelo linear generalizado sem medida repetida (independente), estima-se o parâmetro de dispersão  $\phi$  dos resíduos padronizados e calcula-se a matriz  $\mathbf{R}_i$  com base nesses resíduos padronizados, com determinada estrutura. Esses passos são iterativos e seguem até ocorrer convergência.

LIANG e ZEGGER (1986) demonstraram que o estimador de  $\beta$  é consistente e assintoticamente normal, e sua variância pode ser estimada por meio do estimador  $\mathbf{M}$ , chamado de estimador robusto da matriz de covariância de  $\hat{\beta}$ , calculado por  $\mathbf{M} = \mathbf{I}_0^{-1} \mathbf{I}_1 \mathbf{I}_0^{-1}$ , sendo

$$\mathbf{I}_1 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta} \right)^T \mathbf{V}_i^{-1} \text{cov}(\mathbf{Y}_i) \mathbf{V}_i^{-1} \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta} .$$

Tal procedimento permite criar um estimador consistente da matriz de covariância empírica de  $\hat{\beta}$ , mesmo quando a matriz  $\mathbf{R}_i$  for considerada errada, isto é, se  $\text{cov}(\mathbf{Y}_i) \neq \mathbf{V}_i$ .

O estimador baseado no modelo de  $\text{cov}(\hat{\beta})$  será consistente, se a média e a matriz de correlação forem corretamente especificadas. O estimador baseado no modelo é  $\text{cov}(\hat{\beta})$  e  $\text{cov}_M(\hat{\beta})=I_0^{-1}$ , em que

$$I_0 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta} \right)^T V_i^{-1} \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta} .$$

Uma importante propriedade da metodologia EEG é que a estimativa da média permanecerá consistente, mesmo quando a estrutura de correlação ou de covariância for considerada errada (BISHOP et al., 2000). Por outro lado, um dos pontos insatisfatórios da metodologia é a falta de teste estatístico que vise à análise da qualidade de ajuste para seleção das variáveis explanatórias e da estrutura da matriz de correlação do trabalho mais condizente com o modelo (STOKE et al., 2000; COSTA, 2003).

#### Modelo estatístico

No modelo linear generalizado com função de ligação logística e distribuição binomial, os dados foram modelados como regressão logística, com inclusão do efeito da covariância sobre os dados coletados na mesma vaca, ao longo do tempo. O modelo de análise utilizado foi

$$\ln [P_i / (1-P_i)] = \beta_0 + \beta_1 I_1 + \beta_2 I_2 + \beta_3 I_3 + \beta_4 I_4 + \beta_5 I_5 + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \beta_8 TG_3 + \beta_9 TG_4 + \beta_{10} TG_5 + \beta_{11} TG_6 + \beta_{12} TG_7 + \beta_{13} TG_8 + \beta_{14} TG_9 + \beta_{15} TG_{10} + \beta_{16} (ID) + \beta_{17} (ID)^2 ,$$

em que  $i$  representa a  $i$ -ésima vaca;  $P$  probabilidade de a vaca ser classificada como Parida (1);  $\beta_0$ , termo de intercepto; e  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{15}, \beta_{16}, \beta_{17}$ , coeficientes estimados por meio de EEG, associados a cada variável exploratória. A internada  $I_6$  (Baitaca) e o  $TG_{11}$  (décimo primeiro trabalho de gado) foram as variáveis exploratórias de contraste, para comparação com as demais. Na Tabela 1, são descritas as variáveis exploratórias no modelo de avaliação da introdução de tecnologia. É importante notar que os coeficientes estimados não indicam, diretamente, efeito na mudança da variável explanatória correspondente sobre a probabilidade ( $P$ ) resultante. Os coeficientes estimados refletem o efeito das variáveis

explanatórias individuais sobre o logaritmo da sua razão de chances  $(\ln [P_i / (1-P_i)])$ . Um coeficiente positivo implica que o logaritmo da razão de chances aumenta com a correspondente variável independente. Entretanto, é possível interpretar os coeficientes, em relação à razão de chances  $[P / (1-P)]$  ou de probabilidade (P), dos resultados por meio da observação das relações entre P,  $[P / (1-P)]$  e  $\ln [P / (1-P)]$  (NEUPANE et al., 2002).

Tabela 1 – Descrição das variáveis exploratórias

| Nome da variável  | Descrição   |
|---|---|
| Invernada 1 ( I <sub>1</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 1, senão 0       |
| Invernada 2 ( I <sub>2</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 2, senão 0       |
| Invernada 3 ( I <sub>3</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 3, senão 0       |
| Invernada 4 ( I <sub>4</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 4, senão 0       |
| Invernada Cocho Novo ( I <sub>5</sub> )                 | Valor 1 - matriz pertencia à invernada C. Novo, senão 0 |
| Invernada Baitaca ( I <sub>6</sub> )                    | Valor 1 - matriz pertencia à invernada Baitaca, senão 0 |
| 1º Trabalho de gado – maio 94 ( TG <sub>1</sub> )       | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>1</sub> , senão 0  |
| 2º Trabalho de gado – novembro 94 ( TG <sub>2</sub> )   | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>2</sub> , senão 0  |
| 3º Trabalho de gado – maio 95 ( TG <sub>3</sub> )       | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>3</sub> , senão 0  |
| 4º Trabalho de gado – novembro 95 ( TG <sub>4</sub> )   | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>4</sub> , senão 0  |
| 5º Trabalho de gado – maio 96 ( TG <sub>5</sub> )       | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>5</sub> , senão 0  |
| 6º Trabalho de gado – novembro 96 ( TG <sub>6</sub> )   | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>6</sub> , senão 0  |
| 7º Trabalho de gado – maio 97 ( TG <sub>7</sub> )       | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>7</sub> , senão 0  |
| 8º Trabalho de gado – novembro 97 ( TG <sub>8</sub> )   | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>8</sub> , senão 0  |
| 9º Trabalho de gado – maio 98 ( TG <sub>9</sub> )       | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>9</sub> , senão 0  |
| 10º Trabalho de gado – novembro 98 ( TG <sub>10</sub> ) | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>10</sub> , senão 0 |
| 11º Trabalho de gado – maio 99 ( TG <sub>11</sub> )     | Valor 1 - matriz avaliada no TG <sub>11</sub> , senão 0 |
| Idade da matriz, em meses ( ID )                        | Variável contínua- Idade da vaca, em meses              |

O modelo de regressão logística pode ser matematicamente detalhado:

$$P_i = \text{Prob}(Y_i=1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \dots + \beta_{17} (ID)^2)}} = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \dots + \beta_{17} (ID)^2)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \dots + \beta_{17} (ID)^2)} ,$$



que define a modelagem para a probabilidade ( $P_i$ ) de a matriz ser classificada como Parida (1). Da mesma forma, ao se modelar para a situação de a matriz ser classificada como Solteira (0), o modelo fica da seguinte forma:

$$P_i = \text{Prob}(Y_i=0) = 1 - \text{Prob}(Y_i=1) = \frac{1}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \dots + \beta_{17} (ID)^2)}} .$$

Ao dividir  $\text{Prob}(Y_i=1)/\text{Prob}(Y_i=0)$ , tem-se

$$\frac{\text{Pr ob}(Y_i = 1)}{\text{Pr ob}(Y_i = 0)} = \frac{P_i}{1 - P_i} = e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \dots + \beta_{17} (ID)^2)} ,$$

em que  $P_i$  é a probabilidade de a matriz  $Y_i$  ser classificada como 1 e  $(1 - P_i)$ , a probabilidade de  $Y_i$  ser 0 e a constante ser exponencial. Ao aplicar logaritmo natural (neperiano) na equação acima, tem-se que

$$\ln [P_i / (1 - P_i)] = \beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \dots + \beta_{17} (ID)^2 .$$

Com os coeficientes das variáveis explanatórias estimados, a razão de chances  $[P / (1 - P)]$  e a probabilidade ( $P$ ) da resposta da variável independente (explanatória) são iguais a  $e^{\beta_k}$  e  $1/(1 + e^{-\beta_k})$ , respectivamente. Então,

$$\beta_k = 0 \Rightarrow \text{razão de chances (odds)} = 1 \text{ e } (P) = 0,5;$$

$$\beta_k > 0 \Rightarrow \text{razão de chances (odds)} > 1 \text{ e } (P) > 0,5; \text{ e}$$

$$\beta_k < 0 \Rightarrow \text{razão de chances (odds)} < 1 \text{ e } (P) < 0,5.$$

Na análise utilizaram-se o procedimento REG, para análise de regressão, e o procedimento GENMOD, do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 1999), com o comando REPEATED, que visa modelar as estruturas de covariância dentro do indivíduo. Após analisar três tipos de matrizes de correlação do trabalho, optou-se por trabalhar com a matriz do tipo EXCHANGEABLE, devido à semelhança das matrizes de covariância entre os parâmetros, baseados no modelo, e da matriz de covariância empírica

entre os parâmetros. A característica principal desse tipo de matriz é que as correlações são constantes entre duas mensurações dentro de indivíduos; dessa forma,  $R_{jj'} = \alpha$ , para  $j \neq j'$ , então,

$$\text{Corr}(y_{ij}, y_{ij'}) = \begin{cases} 1 & j = j' \\ \alpha & j \neq j' \end{cases},$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha & \alpha \\ \alpha & 1 & \alpha & \alpha \\ \alpha & \alpha & 1 & \alpha \\ \alpha & \alpha & \alpha & 1 \end{bmatrix}.$$

Utilizou-se o programa Simulation for Excel to Analyze Risk ( SIMETAR) na realização das simulações da função densidade de probabilidade da distribuição para análise da probabilidade do desempenho reprodutivo das vacas de cria (RICHARDSON et al., 2003).

### 3.4. Resultados e discussão

Na Tabela 2, são apresentadas as frequências das vacas classificadas como Parida ou Solteira, por internadas e por ordem de trabalho de gado (TG) realizado, assim como os percentuais relativos por internada e por ordem de realização dos TGs, em relação ao total geral das informações coletadas. De maneira geral, observa-se em todas as internadas, ao longo da introdução das tecnologias, que o percentual de matrizes classificadas como Paridas (1) oscilou, sem apresentar tendência definida. A internada C. Novo foi adquirida pelo proprietário no transcorrer do trabalho, sendo ocupada por novilhas recém-entouradas, sendo a idade, na primeira cria (IPC), um dos principais pontos de estrangulamento do sistema de produção do Pantanal (ABREU et al., 2000). As matrizes mais jovens apresentaram menor probabilidade de serem classificadas como Paridas (1), o que reflete a idade tardia no primeiro parto e também o longo período do primeiro intervalo de partos.

Tabela 2 - Frequências e percentuais das vacas classificadas como Parida ou Solteira, por internada, ao longo dos onze trabalhos de gado

| TG | Inv. | Inv. 1 | Inv. 2 | Inv. 3 | Inv.4 | Inv. C.Novo | Inv. Baitaca |
|----|------|--------|--------|--------|-------|-------------|--------------|
|----|------|--------|--------|--------|-------|-------------|--------------|

|      |   |             |             |           |            |             |             |
|------|---|-------------|-------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| TG 1 | S | 46 (6,7%)   | 43 (6,2%)   | 22 (3,2%) | 98 (14,2%) | 0 (0%)      | 111 (16,1%) |
|      | P | 74 (10,8%)  | 106 (15,4%) | 61 (8,9%) | 50 (7,3%)  | 0 (0%)      | 77 (11,2%)  |
| TG2  | S | 28 (4,5%)   | 25 (4,0%)   | 18 (2,9%) | 39 (6,2%)  | 0 (0%)      | 71 (11,4%)  |
|      | P | 86 (13,8%)  | 110 (17,6%) | 57 (9,2%) | 86 (13,8%) | 0 (0%)      | 105 (16,8%) |
| TG3  | S | 33 (5,5%)   | 41 (6,8%)   | 23 (3,8%) | 50 (8,2%)  | 0 (0%)      | 82 (13,5%)  |
|      | P | 71 (11,7%)  | 100 (16,5%) | 47 (7,8%) | 89 (14,7%) | 0 (0%)      | 69 (11,4%)  |
| TG4  | S | 31 (4,4%)   | 38 (5,4%)   | 29 (4,1%) | 64 (9,1%)  | 0 (0%)      | 82 (11,7%)  |
|      | P | 68 (9,7%)   | 104 (14,8%) | 50 (7,1%) | 74 (10,6%) | 0 (0%)      | 160 (22,9%) |
| TG5  | S | 14 (1,7%)   | 52 (6,3%)   | 27 (3,3%) | 47 (5,7%)  | 103 (12,4%) | 87 (10,5%)  |
|      | P | 65 (7,9%)   | 86 (10,4%)  | 44 (5,3%) | 83 (10,0%) | 72 (8,7%)   | 147 (17,8%) |
| TG6  | S | 41 (5,1%)   | 31 (3,8%)   | 21 (2,6%) | 37 (4,6%)  | 61 (7,5%)   | 56 (6,9%)   |
|      | P | 54 (6,7%)   | 102 (12,6%) | 50 (6,2%) | 89 (11,0%) | 107 (13,2%) | 159 (19,7%) |
| TG7  | S | 46 (6,2%)   | 25 (3,4%)   | 21 (2,8%) | 40 (5,4%)  | 59 (8,0%)   | 65 (8,8%)   |
|      | P | 46 (6,2%)   | 81 (10,9%)  | 43 (5,8%) | 74 (10,0%) | 104 (14,1%) | 134 (18,2%) |
| TG8  | S | 129 (14,6%) | 27 (3,1%)   | 19 (2,1%) | 25 (2,8%)  | 123 (13,9%) | 59 (6,7%)   |
|      | P | 83 (9,4%)   | 66 (7,5%)   | 31 (3,5%) | 77 (8,7%)  | 115 (13,0%) | 128 (14,5%) |
| TG9  | S | 116 (14,8%) | 39 (5,0%)   | 20 (2,5%) | 36 (4,6%)  | 105 (13,4%) | 62 (7,9%)   |
|      | P | 81 (10,3%)  | 50 (6,4%)   | 31 (3,9%) | 72 (9,2%)  | 50 (6,4%)   | 122 (15,6%) |
| TG10 | S | 66 (9,2%)   | 20 (2,8%)   | 14 (1,9%) | 28 (3,9%)  | 41 (5,7%)   | 43 (6,0%)   |
|      | P | 98 (13,7%)  | 60 (8,4%)   | 35 (4,8%) | 86 (12,0%) | 84 (11,7%)  | 142 (19,8%) |
| TG11 | S | 118 (16,7%) | 30 (4,2%)   | 17 (2,4%) | 22 (3,1%)  | 77 (10,9%)  | 50 (7,1%)   |
|      | P | 72 (10,2%)  | 48 (6,8%)   | 21 (3,0%) | 66 (9,3%)  | 69 (9,7%)   | 118 (16,7%) |

Inv. – invernada; TG – trabalho de gado; S –solteira; P-parida.

Observa-se, na Figura 1, o número de vacas classificadas como 1 e 0, ao longo da implantação das tecnologias. Verifica-se que, logo após a introdução destas, a frequência de vacas classificadas como Paridas aumentou, devido, principalmente, à desmama antecipada, que é ferramenta importante no manejo extensivo de rebanho de cria do Pantanal. ALMEIDA et al. (1994) verificaram, na região dos Paiaguás, que a desmama dos bezerros, aos seis meses de idade, levou à redução do intervalo de partos em 98 dias, em média.

A implantação da estação de monta a partir do sexto trabalho de gado causou, no sétimo trabalho, aumento na classificação das vacas como Solteiras (0), havendo depois diminuição. A frequência apresentou flutuação, provavelmente causada pela adaptação dos ciclos reprodutivos das vacas ao manejo com estação de monta (VALLE et al., 1998). A prática de manejo deve ser adotada com cuidado, pois pode causar diminuição acentuada no número de bezerros nascidos durante determinado ano reprodutivo, que, no Pantanal, inicia-se no mês de junho e vai até o mês de maio do ano subsequente (ABREU et al., 2000).

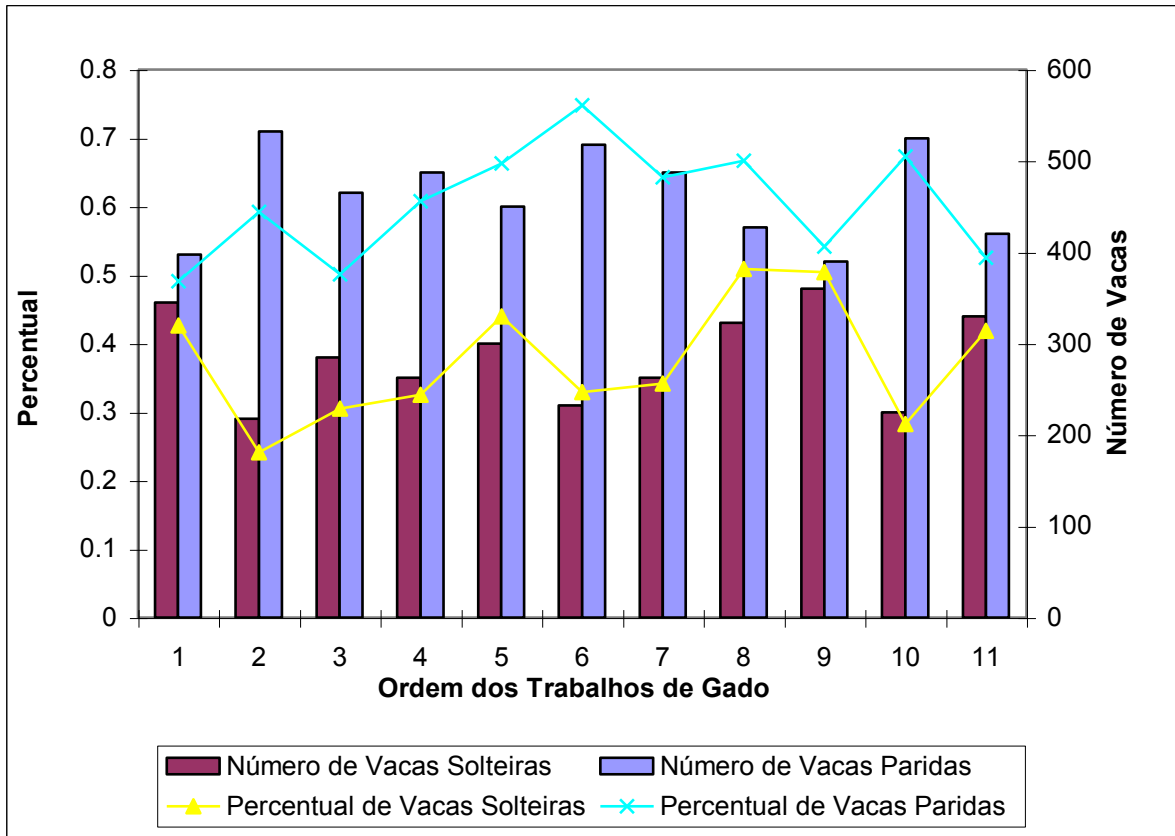


Figura 1 - Número e percentual de vacas Paridas e Solteiras, ao longo dos trabalhos de gado.

Segundo VALLE et al. (1998), apesar de a estação de monta ser de implantação relativamente simples e de fácil e baixo custo de adoção para o produtor, deve-se evitar mudança brusca no sistema de acasalamento tradicional (monta o ano inteiro) para o de curta duração, pois há risco de acentuada diminuição no número de bezerros nascidos. Entretanto, a implantação de estação de monta é a base para o aumento da eficiência no sistema de cria extensivo de bovinos de corte, pois permite a organização dos eventos reprodutivos e faz com que haja controle sobre o rebanho de cria (FONSECA, 1982).

Na Tabela 3, são apresentadas as estatísticas de Wald, para análise das variáveis explanatórias (independentes), que influenciam a probabilidade de a matriz ser classificada como Parida (1). Os efeitos de invernada, ordem de trabalho e idade da vaca foram altamente significativos ( $P < 0,01$ ), o que indica que a introdução de tecnologias não é um processo simples, pois estas tiveram efeitos diferentes sobre todas as variáveis

independentes, razão por que é necessário ter bom conhecimento dos sistemas de produção reais para ajusta-los às situações particulares. Tal complexidade é condizente com a proposta de CEZAR et al. (2000), que, ao desenvolverem novo modelo para contemplar demandas tecnológicas de diferentes grupos sociais de pecuaristas, levaram em consideração a crescente utilização de enfoques participativos nas decisões agroambientais.

Tabela 3 – Tabela de análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald, que influenciaram a probabilidade de a vaca ser considerada Paridas

| Fontes de variação       | Grau de liberdade | Qui-quadrado | P>Qui-quadrado |
|--------------------------|-------------------|--------------|----------------|
| Invernada                | 5                 | 209,77       | > 0,0001       |
| Ordem de trabalho        | 10                | 158,12       | > 0,0001       |
| Id. da vaca – linear     | 1                 | 306,47       | > 0,0001       |
| Id. da vaca – quadrático | 1                 | 200,87       | > 0,0001       |

Id. da vaca - idade da vaca, em meses.

Observam-se, na Figura 2, as probabilidades de as vacas serem consideradas Paridas, em razão da idade, durante o desenvolvimento do trabalho de monitoramento. Foi ajustada uma equação de regressão quadrática às 13.108 informações de probabilidade das matrizes ( $y_i$ ) em função da idade (ID), ao longo dos trabalhos de gado. A equação estimada foi

$$y_i = 0,15097 + 0,00872(ID - \bar{ID}) - 0,0000327(ID - \bar{ID})^2,$$

e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), 0,6939. Com vistas em calcular o ponto máximo da equação, ou seja, a idade em que as matrizes apresentaram maior probabilidade de serem classificadas como Parida, foi calculada a primeira derivada. A idade na qual a matriz tinha maior probabilidade de ser classificada como Parida foi de 133,33 meses, com probabilidade de 73%.

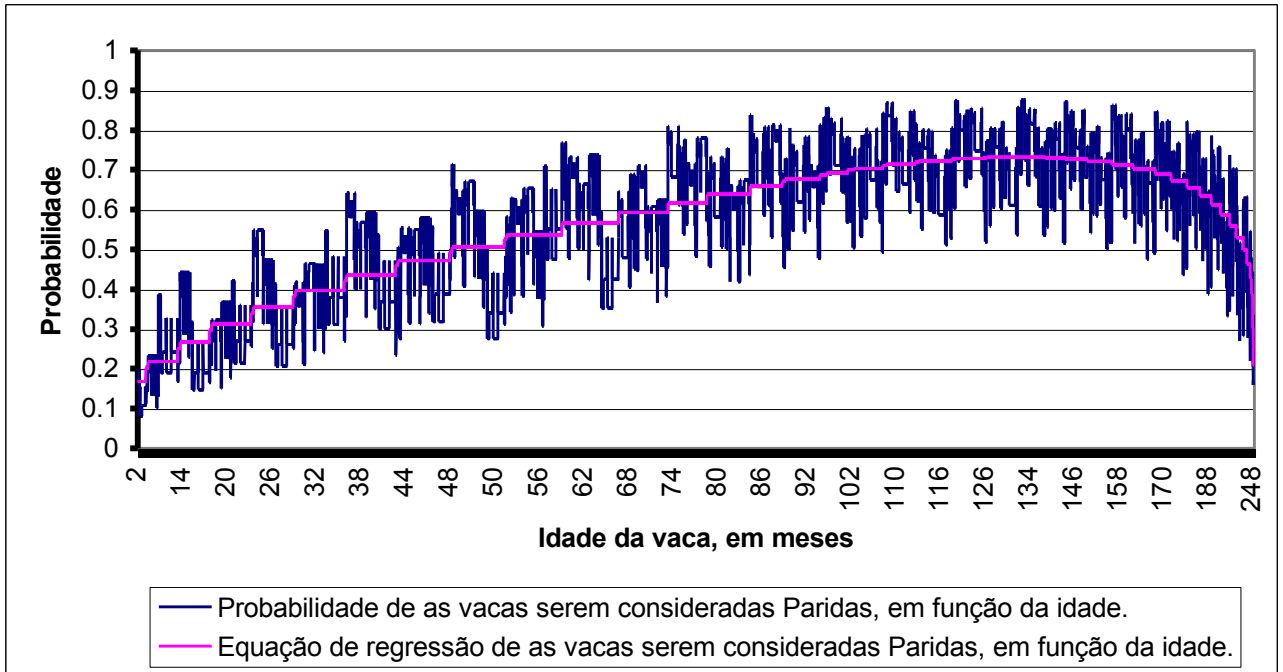


Figura 2 – Probabilidades de as vacas serem classificadas como Paridas, em função da idade.

A idade de maior probabilidade de a matriz ser classificada como Parida é tardia (por volta dos 11 anos), provavelmente devido ao fato de a idade na primeira cria ser tardia e de os intervalos de partos serem muito longos, como observado, no Pantanal, por POTT et al. (1987a) e POTT et al. (1987b). A introdução de tecnologia, durante a época monitorada, não alcançou um dos principais objetivos, que é o de diminuir a idade na primeira cria e os intervalos de partos, razão da necessidade de serem introduzidas outras tecnologias no ciclo produtivo, com o objetivo de torná-lo mais curto e eficiente.

As invernadas no Pantanal, devido às diferentes unidades de paisagem, apresentaram diferentes disponibilidades de forrageiras nativas, visto que as áreas de campos são maiores e as baixadas proporcionam melhor desempenho dos rebanhos. Os bovinos, independente da variação temporal, selecionam as partes mais baixas do mesorelevo, que são constituídas pelas unidades de paisagem campo limpo, borda de baía permanente, baía temporária, baixadas e vazantes (SANTOS, 2001).

Na Tabela 4, observam-se as estimativas dos coeficientes para invernadas, ordem do trabalho de gado e efeito linear e quadrático da idade da vaca, assim como erro-padrão, intervalo de confiança da estimativa e probabilidade normalizada Z, de cada invernada e da

ordem de trabalho. Cada estimativa é comparada, em relação à invernada Baitaca, ao último trabalho de gado monitorado (TG 11).

Tabela 4 - Estimativas dos coeficientes, erros-padrão, intervalos de confiança e probabilidade normalizada Z das variáveis explanatórias.

| Parâmetro               | Estimativa | Erro-Padrão | IC limite inferior | IC limite superior | Z      | Pr> Z  |
|-------------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|--------|--------|
| Intercepto              | -1,6093    | 0,1324      | -1,8688            | -1,3497            | -12,15 | >,0001 |
| Inv. 1                  | -0,6837    | 0,0727      | -0,8262            | -0,5412            | -9,40  | >,0001 |
| Inv. 2                  | -0,2637    | 0,0795      | -0,4194            | -0,1079            | -3,32  | 0,0009 |
| Inv. 3                  | -0,2604    | 0,0937      | -0,4441            | -0,0767            | -2,78  | 0,0055 |
| Inv. 4                  | -0,0889    | 0,0733      | -0,2325            | 0,0548             | -1,21  | 0,2253 |
| Inv. C. Novo            | -0,9889    | 0,0782      | -1,1423            | -0,8356            | -12,64 | >,0001 |
| Inv. Baitaca            | 0,0000     | 0,0000      | 0,0000             | 0,0000             | .      | .      |
| TG 1                    | 0,0917     | 0,1121      | -0,1280            | 0,3115             | 0,82   | 0,4134 |
| TG 2                    | 0,8212     | 0,1205      | 0,5851             | 1,0574             | 6,82   | >,0001 |
| TG 3                    | 0,2857     | 0,1210      | 0,0486             | 0,5229             | 2,36   | 0,0182 |
| TG 4                    | 0,5173     | 0,1163      | 0,2893             | 0,7453             | 4,45   | >,0001 |
| TG 5                    | 0,2691     | 0,1143      | 0,0450             | 0,4932             | 2,35   | 0,0186 |
| TG 6                    | 0,6189     | 0,1118      | 0,3997             | 0,8381             | 5,53   | >,0001 |
| TG 7                    | 0,3885     | 0,1062      | 0,1804             | 0,5967             | 3,66   | 0,0003 |
| TG 8                    | 0,2952     | 0,1108      | 0,0780             | 0,5123             | 2,66   | 0,0077 |
| TG 9                    | -0,0681    | 0,1194      | -0,3022            | 0,1660             | -0,57  | 0,5683 |
| TG10                    | 0,6477     | 0,0925      | 0,4665             | 0,8290             | 7,01   | >,0001 |
| TG 11                   | 0,0000     | 0,0000      | 0,0000             | 0,0000             | .      | .      |
| Id. da vaca – linear    | 0,0421     | 0,0024      | 0,0374             | 0,0468             | 17,51  | >,0001 |
| Id. da vaca- quadrático | -0,0002    | 0,0000      | -0,0002            | -0,0001            | -14,17 | >,0001 |

Inv – invernada; IC- intervalo de confiança; TG – trabalho de gado; Id. da vaca – idade da vaca em meses.

Apesar de as mesmas tecnologias terem sido implantadas em todas as invernadas, seus efeitos refletem a diferença de unidades na paisagem do Pantanal, pois, apesar da diversidade vegetal existente, os bovinos utilizam no pastejo poucas unidades da paisagem e poucas espécies forrageiras. Apenas em casos de alta densidade, os animais utilizam determinadas áreas, como, por exemplo, cerradões (SANTOS, 2001). Em invernada com maior área de preferência pelos bovinos, os animais tendem a apresentar desempenho superior, tendo em vista que permanecem praticamente toda vida produtiva em determinada invernada.

A única invernada que não apresentou diferença significativa, em relação à invernada Baitaca, foi a 4, provavelmente devido à semelhança na composição das unidades de paisagens entre as duas, especialmente em relação às paisagens que têm maior importância para os bovinos (ABREU et al., 2000). SANTOS (2001) também observou

grande diversidade das invernadas do Pantanal e, devido à dinamicidade das pastagens na região, recomendou que os próprios produtores efetuassem a validação da capacidade de suporte, acompanhando, regularmente, o desempenho reprodutivo e a condição das pastagens em diferentes condições climáticas.

As estimativas dos contrastes entre invernadas são apresentadas na Tabela 5. Verifica-se que as probabilidades de as matrizes das invernadas 1, 2, 3 ,4 e Baitaca serem classificadas como Paridas foram de 1,3569; 2,0653; 2,0721; 2,4597; e 2,6884 vezes maiores do que as matrizes da invernada Cocho Novo, respectivamente, no período avaliado. Isto é reflexo de se utilizar, no manejo, a invernada citada como invernada de matrizes mais novas e, conseqüentemente, de pior desempenho produtivo.

As estimativas dos contrastes do primeiro TG, em relação aos subseqüentes, são mostradas na Tabela 6. A primeira introdução de tecnologia causou impacto relativamente grande na probabilidade de as matrizes serem classificadas como Paridas, provavelmente devido à introdução do manejo de desmama, aos 6 meses de idade do bezerro, em sistema de produção que não realizava tal prática de manejo.

Tabela 5 – Estimativa dos contrastes entre as invernadas

|                           | Estimativa | Exponencial da estimativa<br>(Razão de chances) | Erro-padrão da estimativa |
|---------------------------|------------|---|---------------------------|
| Inv 1 x Inv C. Novo       | 0,3052     | 1,3569  | 0,0770                    |
| Inv 2 x Inv C. Novo       | 0,7253     | 2,0653  | 0,1045                    |
| Inv 3 x Inv C. Novo       | 0,7286     | 2,0721  | 0,0830                    |
| Inv 4 x Inv C. Novo       | 0,9001     | 2,4597  | 0,2093                    |
| Inv Baitaca x Inv C. Novo | 0,9889     | 2,6884  | 0,2103                    |

Inv – invernada; C. Novo – Cocho Novo.

Com a introdução do período de monta a partir do sexto TG, o encurtamento progressivo dos meses de monta levou à diminuição da probabilidade de as vacas serem classificadas como Paridas, em virtude, provavelmente, do ajuste do ciclo reprodutivo das matrizes ao novo sistema de manejo reprodutivo.



Tabela 6 – Estimativa dos contrastes entre o TG 1 e os subseqüentes

|              | Estimativa | Exponencial da estimativa<br>(Razão de chances) | Erro-Padrão da estimativa |
|--------------|------------|---|---------------------------|
| TG 1 x TG 2  | 0,7295     | 2,0741  | 0,1170                    |
| TG 1 x TG 3  | 0,1940     | 1,2141  | 0,1201                    |
| TG 1 x TG 4  | 0,4256     | 1,5305  | 0,1106                    |
| TG 1 x TG 5  | 0,1774     | 1,1941  | 0,1095                    |
| TG 1 x TG 6  | 0,5272     | 1,6942  | 0,1117                    |
| TG 1 x TG 7  | 0,2968     | 1,3456  | 0,1108                    |
| TG 1 x TG 8  | 0,2035     | 1,2256  | 0,1061                    |
| TG 1 x TG 9  | -0,1599    | 0,8523  | 0,1088                    |
| TG 1 x TG 10 | 0,5560     | 1,7437  | 0,1164                    |
| TG 1 x TG 11 | -0,0917    | 0,9124  | 0,1121                    |

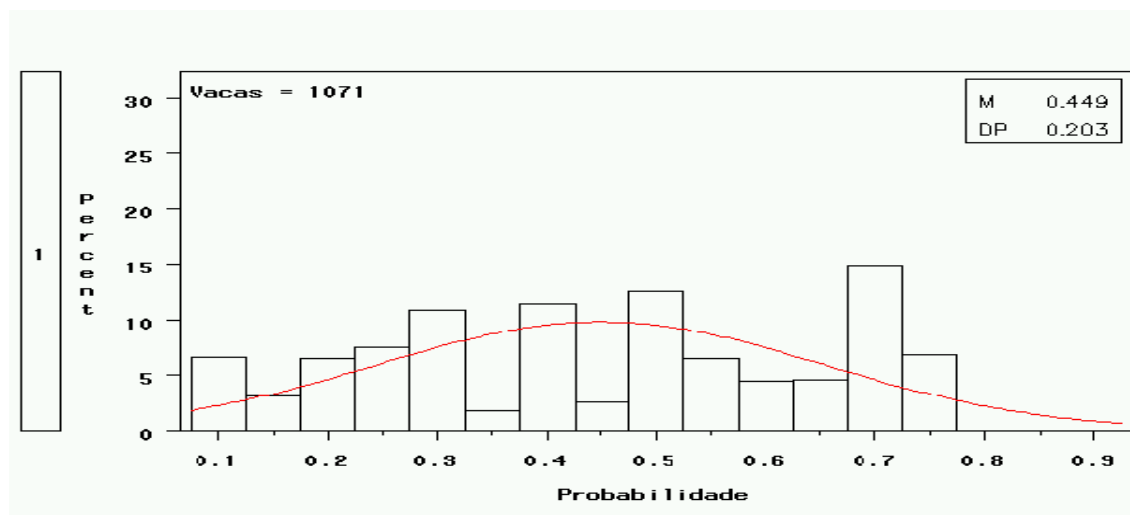
Entretanto, a estação de monta é uma prática de manejo fundamental para o controle do ciclo reprodutivo das vacas e para o manejo mais eficiente de touros e bezerros, apesar da necessidade do ajuste da estação de monta a diferentes sistemas de produção e da diminuição inicial do desempenho das vacas devido ao novo sistema. Esta é a prática inicial mais importante para o aumento da eficiência produtiva do rebanho de cria (ABREU et al., 2003).

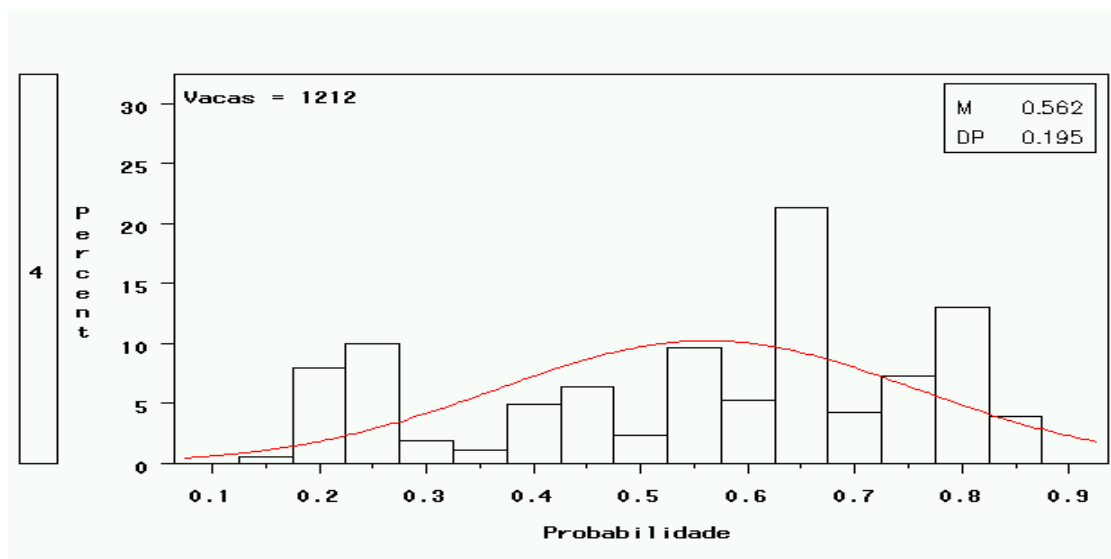
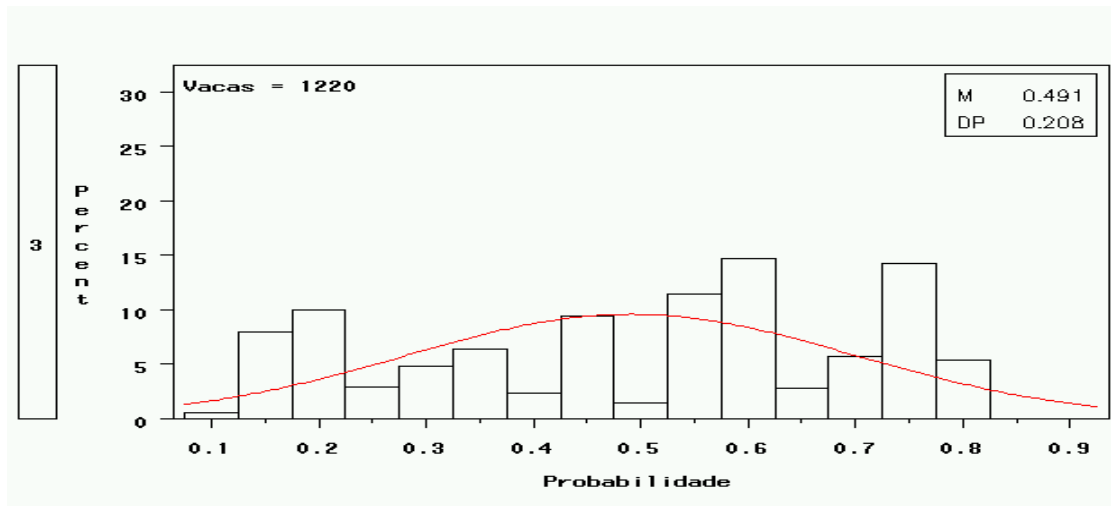
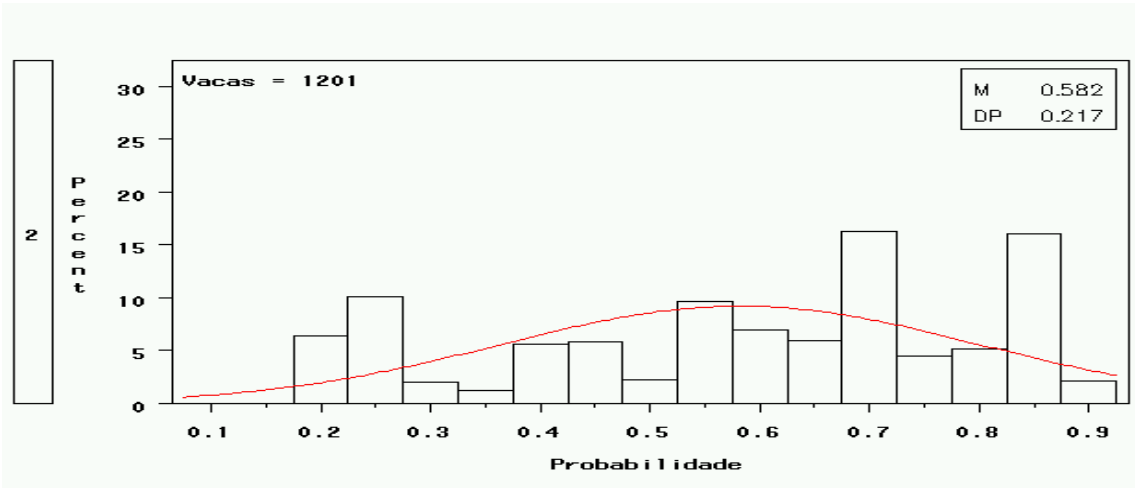
Por outro lado, no enfoque sistêmico, a introdução de uma única tecnologia não garante o aumento da eficiência e da produtividade do sistema como um todo, razão da necessidade de realizar melhorias nesse sistema em diferentes aspectos, desde a metodologia de introdução e o ajuste desta até a forma mais eficiente de comercialização do produto (WADSWORTH, 1997).

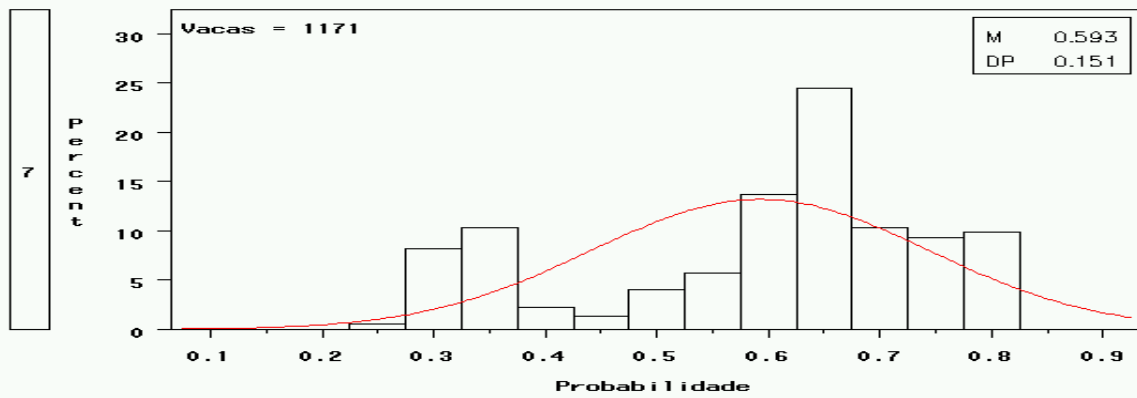
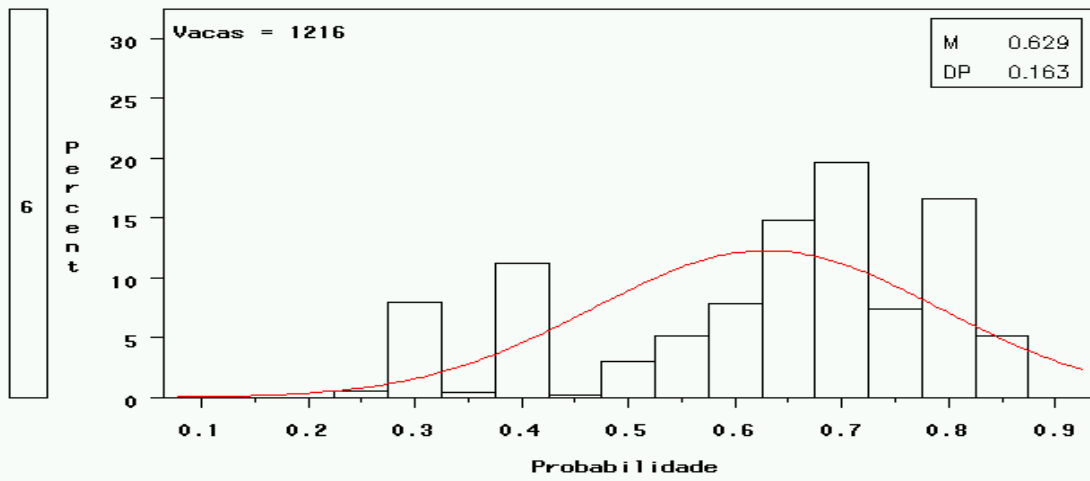
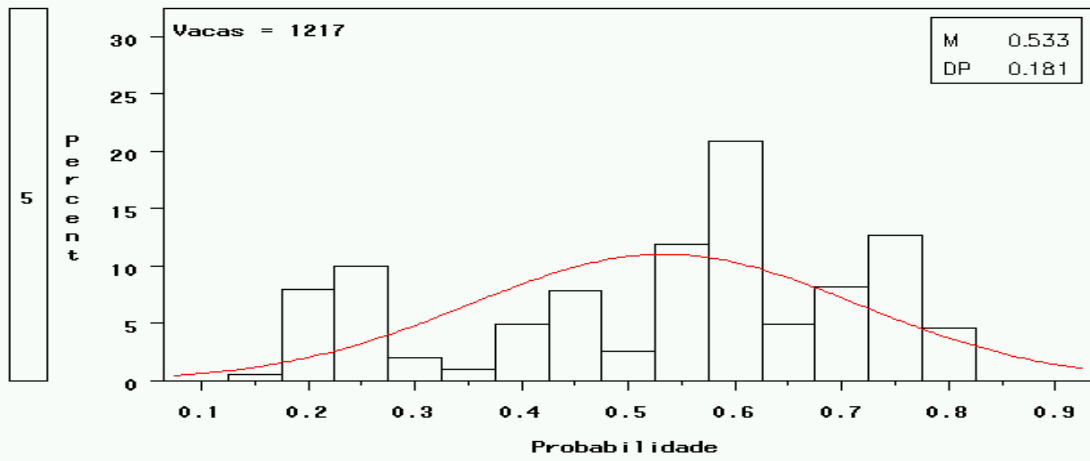
Apesar de a introdução de tecnologias no sistema de produção ter, de maneira geral, aumentado a probabilidade de as matrizes serem classificadas como Paridas, em relação ao início da implantação das tecnologias (TG 1), observa-se que, após o impacto inicial dessa introdução (TG 2), a resposta tendeu a ser mais lenta. Tal fato pode ser resultante de dois principais motivos: o sistema de cria extensivo responde lentamente à introdução de

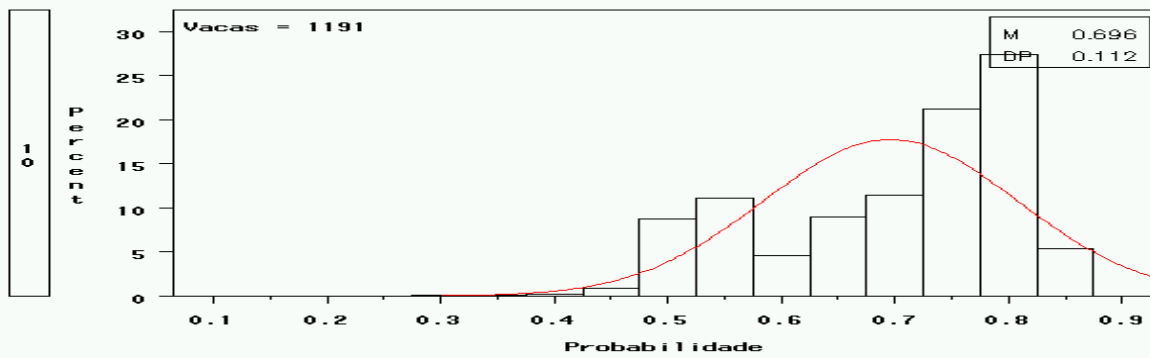
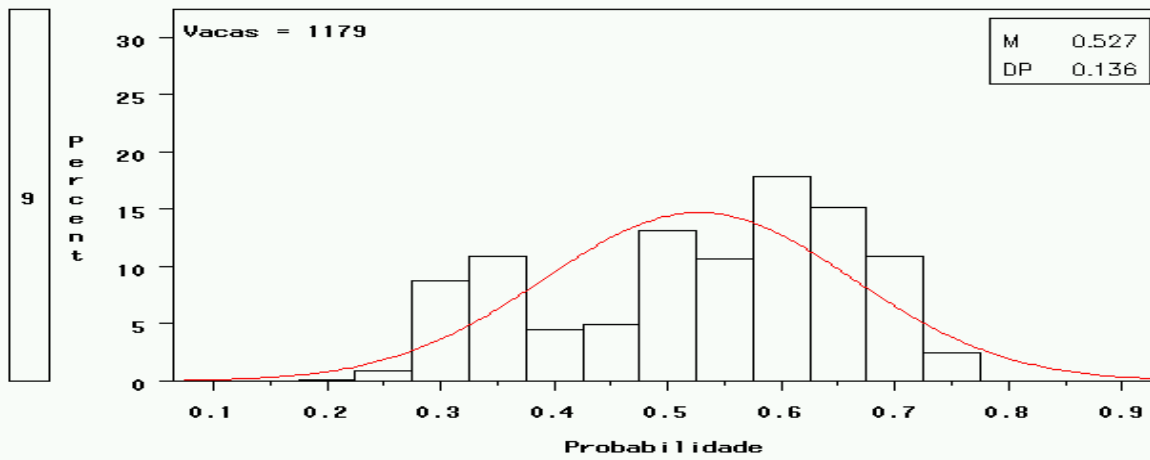
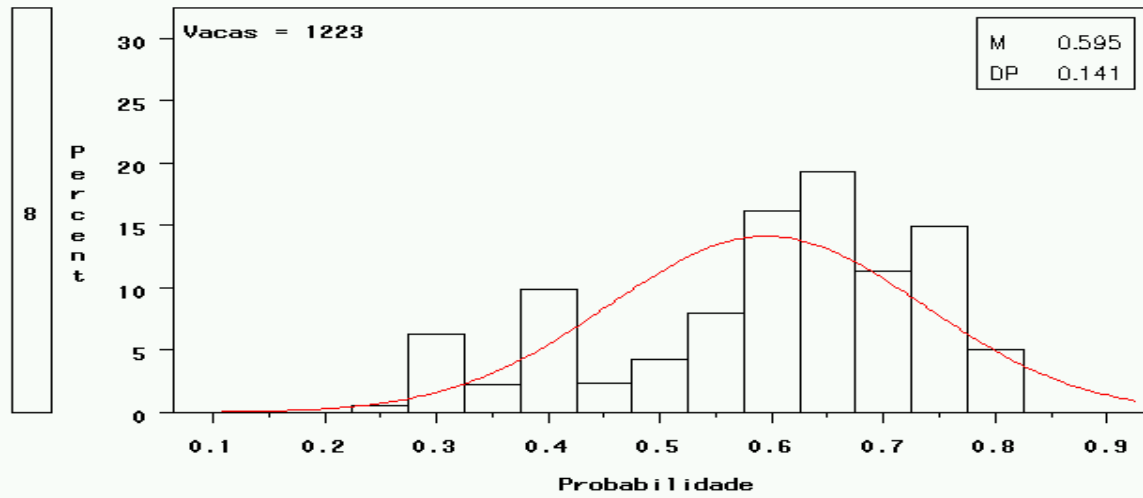
tecnologias e, ou, as tecnologias implantadas não seriam aquelas que dariam maior impacto no sistema de produção.

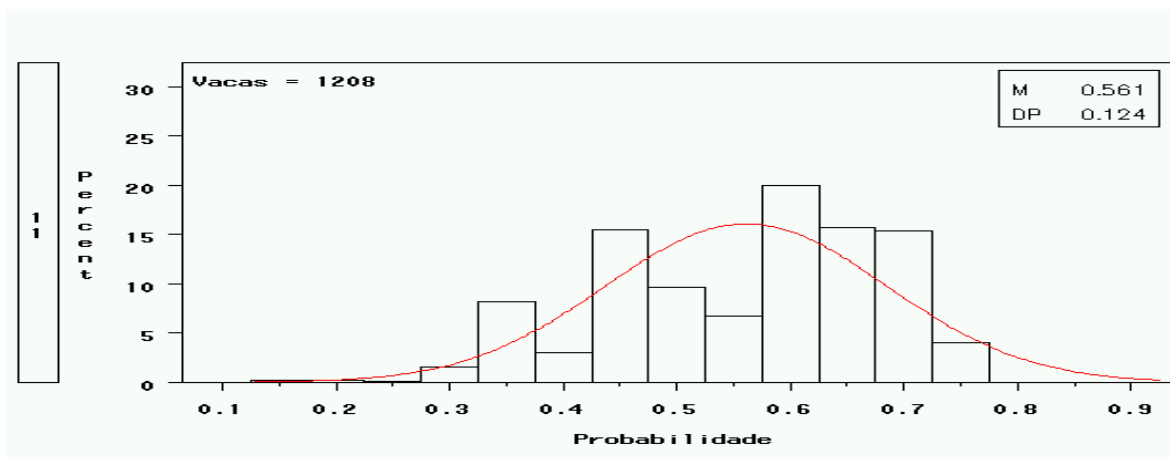
Na seqüência da Figura 3, observa-se o efeito cumulativo da introdução de tecnologias ao longo do tempo, comparado com a distribuição normal verificada em cada TG realizado. As probabilidades de as vacas serem consideradas Paridas, ao longo dos trabalhos (1-11), vão concentrando em patamares mais altos. As probabilidades médias e os desvios-padrão do grupo de matrizes aumentam e diminuem, respectivamente, ao longo do tempo. No sistema tradicional (sem introdução de tecnologia), verifica-se que as probabilidades apresentam grande dispersão, o que causa grande amplitude no valor destas. Com a introdução de tecnologias, especialmente após a implantação da estação de monta (a partir do sexto trabalho), as probabilidades tornam-se paulatinamente mais concentradas em patamares mais altos, o que leva à uniformização do ciclo reprodutivo das matrizes do rebanho e, conseqüentemente, à menor amplitude das probabilidades e maior padronização do desempenho das matrizes, com tendência maior de ajuste à distribuição normal.











M – média; DP - desvio-padrão.

Figura 3 – Histogramas de freqüência das probabilidades de as vacas serem consideradas Paridas, ao longo dos trabalhos de gado realizados.

### 3.5. Conclusões

As tecnologias implantadas não apresentaram tendência positiva de aumentar a probabilidade de as matrizes serem classificadas como Paridas. Novas tecnologias devem ser desenvolvidas e, ou, adaptadas, com vistas em fazer com que as modificações ocorram de forma mais eficiente e consistente, especialmente tecnologias que levem à menor idade na primeira cria e à diminuição do primeiro intervalo de partos, o que envolve aspectos de manejo de recria e nutrição na fase de recria de novilhas e de seleção para linhagens mais precoces de fêmeas no Pantanal.

### **Agradecimento**

O autor deste trabalho agradece aos professores Dr. Richard Conner e James Richardson, do Department of Agricultural Economics da Texas A&M University, College Station, Texas, USA, por disponibilizarem, para utilização acadêmica, o programa SIMETAR.

### **3.6. Referências bibliográficas**

ABREU, U. G. P. de; CEZAR, I. M.; TORRES, R. de A . 2003. Análise Bioeconômica da Introdução de Período de Monta no Sistema de Produção de Rebanhos de Cria na Região do Brasil Central. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, p. 1198-1206.

ABREU, U. G. P.; MORAES, A. S.; SEIDEL, A . F. 2001. Tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentado da bovinocultura de corte no Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 31p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 24).

ABREU, U.G.P. de; CHALITA, L.V.A.S.; MORAES, A.S.; LOUREIRO, J.M.F. 2000. Introdução de tecnologia no sistema de produção de bovinos de corte no

- Pantanal, sub-região de Nhecolândia, MS. Corumbá: Embrapa-Pantanal, 2000. 37 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 25).
- ABREU, U.G.P. de; SEIDL, A.; LOUREIRO, J.M.F.; MORAES, A.S.; COMASTRI FILHO, J.A. 1997. Desempenho produtivo de vacas aneladas no Pantanal - sub-região da Nhecolândia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997. Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.292-294.
- ABREU, U. G. P.de; SILVA, J. S. V.; MORAES, A. S.; HERRERA JR, H.M. 1996 Aplicações de geoprocessamento para manejo de rebanho de cria no Pantanal, sub-região da Nhecolândia. Análise preliminar. In.: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO- ECONÔMICOS DO PANTANAL, 2, 1996, Corumbá. Manejo e conservação. Resumos... Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p. 188-189.
- ALLEM, A.C.; VALLS, J.F.M. 1987. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1987. 339p.il. (EMBRAPA-CENARGEN, Documentos, 8).
- ALMEIDA, I.L. de; ABREU, U.G.P. de; LOUREIRO, J.M.F.; COMASTRI FILHO, J.A. 1996. Introdução de tecnologias na criação de bovinos de corte no Pantanal - sub-região dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1996. 50p. (EMBRAPA-CPAP. Circular Técnica, 22).
- ALMEIDA, I.L. de; BRUM, P.A.R. de; TULLIO, R.R.; AROEIRA, J.A.D.C.; POTT, E.B. 1994. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-Grossense. III. Efeito da idade de desmama em vacas de cria. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, n.3, p.461-465.
- ALMEIDA, I.L. de. 1985. Efeito da idade de desmama sobre o desempenho reprodutivo de vacas de cria no Pantanal Sul-Mato-Grossense. Belo Horizonte: UFMG, 1985, 50p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1985.
- BARROS NETTO, J. de 1979. A criação empírica de bovinos no Pantanal da Nhecolândia. São Paulo: Ed. RESENHA TRIBUTÁRIA. 158 p.
- BISHOP, J.; DAVID, D.; WANG, Y.G. 2000. A generalized estimating equations approach for analysis of the impact of new technology on a trawl fishery. Australian & New Zealand Journal of Statistical, n. 42, p. 159-177.



- CADAVID GARCIA, E.A. 1986. Análise técnico-econômica da pecuária bovina do Pantanal. Sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1986. 92p.il. (EMBRAPA-CPAP, Circular Técnica, 15).
- CARDOSO, E.G. 1994. A cadeia produtiva da pecuária bovina de corte. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1994. 17p. (EMBRAPA\_CNPGC. Documentos, 49).
- CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A . 1997. Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal. Corumbá, MS: EMBRAPA CPAP, 1997. 161 p.
- CATTO, J. B.; FURLONG, J. 1981. Epidemiologia da helmintose de bovinos no Pantanal. 2. Sub-região da Nhecolândia, 1978/1979. Corumbá:UEPAE Corumbá, 1981. 6p. (EMBRAPA-UEPAE Corumbá. Comunicado Técnico, 5).
- CEZAR, I.M. 2001. Racionalização de investimentos em pastagens: uma abordagem sistêmica no processo decisório. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2001. p 351-369.
- CEZAR, I.M.; SKERRATT, S.; DENT; J.B. 2000. Sistema participativo de geração e transferência de tecnologia para pecuaristas: o caso aplicado a Embrapa Gado de Corte. Caderno de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.2., p.135-170.
- COSTA, S. C. da 2003. Modelos lineares generalizados mistos para dados longitudinais. Piracicaba: ESALQ-USP, 2003, 110p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 2003.
- DEMÉTRIO, C. G. B. 2001. Modelos lineares generalizados em experimentação agrônômica. Ed. ESALQ-USP. 46° Reunião Anual da RBRAS, 9° SEAGRO, Piracicaba, SP. 113 p.
- DIGGLE, P. J.; HEAGERTY, P.; LIANG, K. Y.; ZEGER, S. L. 2002. Analysis of longitudinal data. Oxford University Press. 379 p.
- FONSECA, V.O. da 1982. Reprodução em bovinos (fatores que influenciam a eficiência reprodutiva). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n. 89, p. 70-80.
- HARDIN, J. H.; HILBE, J. M. 2003. Generalized estimating equations. 1° ed. Chapman & Hall. 222p.
- HEMBRY, G. Management of beef cattle production. 1991. Disponível no site <http://gmv.ifas.ufl.edu/animal/short91/hembry.htm>. Acessado em novembro de 2001.

- LIANG, K. Y.; ZEGER, S. L. 1986. Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika*, n. 73 , p. 13-22.
- McCULLAGH, P.; NELDER, J.A. 1989. *Generalized Linear Models*. 2° ed. Chapman & Hall. 511 p.
- NEUPANE, R. P.; SHARMA, K.R.; THAPA, G.B. 2002. Adoption of agroforestry in the hills of Nepal: a logistic regression analysis. *Agricultural Systems*, n. 72, p. 177-196.
- POTT, A. 1988. *Pastagens no Pantanal*. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1988. 58p. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 7).
- POTT, E. B.; BRUM, P. A R. de.; ALMEIDA, I.L.; TULLIO, R.R. 1987a. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-Grossense. 1- Efeito da suplementação mineral e da idade de desmama sobre a idade e o peso ao primeiro parto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.9/10, p.1067-1073.
- POTT, E. B.; TULLIO, R.R.; ALMEIDA, I.L.; BRUM, P. A R. de.; SOUZA, J. C. de 1987b. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-Grossense. 2- Efeito da suplementação mineral sobre índices reprodutivas de novilhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.11/12, p.1265-1277.
- POTT, E. B. ; ALMEIDA, I.L.; BRUM, P. A R. de. 1988. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-Grossense. 3- Efeito da suplementação mineral sobre variáveis reprodutivas e ponderais de vacas de cria. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.87-96.
- POTT, E.B.; CATTO, J.B.; BRUM, P.A.R. de. 1989. Períodos críticos de alimentação para bovinos em pastagens nativas, no Pantanal Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.11, p.1427-1432.
- RICHARDSON, J. W.; SCHUMANN, K; FELDMAN, P. 2003. *SIMETAR-Simulation for Excel To Analyze Risk*. Ed. Agricultural and Food Policy Center, Texas A & M University. College Station, Texas, USA, 2003. 60p.
- ROSA, A.N. Manejo e melhoramento genético. In: *TECNOLOGIAS E INFORMACÕES PARA A PECUÁRIA DE CORTE NO PANTANAL/ J.B. Catto, J. R. B. Sereno, J. A Comastri Filho, org...* Corumbá, MS, MS: EMBRAPA-CPAP, 1997. p.85-110.

SANTOS, S. A. 2001. Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Botucatu: UNESP, 2001, 190 p. Dissertação (Doutoramento em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, SP, 2001.

SAS, 1999 Software: version 8.0 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SERENO, J.R.B.; SILVA, E.V.C. Avaliação econômica da redução da proporção touro:vaca no Pantanal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p.132-134.

STOKES, M. E.; DAVIS, C.S.; KOCH, G.G. 2000. Categorical Data Analysis Using SAS System. Segunda edição, Cary, NC: SAS Institute Inc., 626p.

TULLIO, R.R. 1986. Período de monta para o Pantanal Mato-Grossense, sub-região dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1986. 4p. (EMBRAPA-CPAP. Pesquisa em Andamento, 7).

VALLE, E.R. do; ANDREOTTI, R.; San THIAGO, L.R.L. de 1998. Estratégias para aumento da eficiência reprodutiva e produtiva em bovinos de corte. Campo Grande: EMBRAPA- CNPGC, 1998. 80 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 71).

WADSWORTH, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Tomo1: Las bases conceptuales. 1º Ed. ESTUDIO FAO – Producción y Sanidad Animal. Roma., 80p.

## 4. CAPÍTULO II

### 4.1. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. II – Descarte de matrizes.

**Resumo – A determinação da estrutura etária do rebanho e a estratégia de descarte de matrizes são pontos importantes na avaliação da eficiência do sistema de produção como um todo, pois corresponde a cerca de 50% da receita bruta dos produtores que trabalham com a fase de cria na produção de gado de corte. Foram monitoradas 1.075 matrizes que, conforme avaliação do desempenho reprodutivo ao longo dos trabalhos de gado, eram mantidas no rebanho (1) ou descartadas (0), com base no critério técnico. Os resultados foram modelados por meio de equações de estimação generalizada (EEG), que é uma extensão do modelo linear generalizado, que incorpora as covariâncias entre as variáveis respostas no mesmo indivíduo. Foi utilizada a cadeia de Markov, com o objetivo de simular a probabilidade de descarte por idade, ao longo da vida, e de calcular a expectativa de vida da matriz no rebanho. As estatísticas de Wald foram significativas ( $p < 0,01$ ) para efeitos de internada, ordem de trabalho de gado e idade da vaca linear. Após a introdução da estação de monta, a pressão de descarte foi maior, com aumento da probabilidade de descarte e diminuição da probabilidade de permanência da matriz no rebanho nas idades mais avançadas, o que o tornou mais dinâmico. No entanto, há necessidade de desempenho reprodutivo mais eficiente, pois a taxa de descarte anual torna-se maior, dada a necessidade de maior número de novilhas para reposição.**

**Palavra chaves: descarte de matrizes, introdução de tecnologia, análise de sistema de produção, cadeia de Markov.**

## CHAPTER II

## **Evaluation of technology introduction in a beef cattle production system in Pantanal wetlands. 2 – Culled cows.**

**Abstract: The age distribution in equilibrium and culling strategy are important points to evaluate the production system in a cow-calf production system. Around 50% of the gross revenue comes from the sale of culled females. A herd with 1,075 cows was monitored by “cattle works” (CW). The cows were culled (1) or not culled (0) according to a technical criterion. The results were modelled through the generalized estimating equations (GEE) that is an extension of generalized linear models (GLIM). The Markov chains were used to simulate the probability of age of culling during herd life, and the life expectation of cows in the herd. The Wald statistics for the pastures, CW order and linear cow age effect were significantly ( $p < 0,01$ ). After the breeding season was implemented the cull pressure increased. The system became more dynamic. On the other hand, the reproductive performance of the herd must be more efficient, because the culled rate increases, and the necessity of replacing heifers also increases.**

**Key words: culled cows, introduction of technologies, analysis of production system, Markov chains.**

### **4.2. Introdução**

Em bovinos de corte, a longevidade de matrizes pode ser definida como a vida útil produtiva da vaca (período compreendido entre a idade no primeiro parto e a saída do animal do rebanho), ou seja, a idade na qual a matriz morre ou é descartada pela incapacidade de desmamar um bezerro viável, devido a problemas sanitários, físicos ou reprodutivos (ROHRER et al., 1988). A longevidade média das vacas de cria influencia o retorno econômico, por afetar a proporção de bezerras que deverão ser retidas para reposição e, também, pela depreciação anual da matriz. A estrutura etária do rebanho depende da vida média das matrizes, a qual também influencia o peso médio na desmama (TANIDA et al., 1988).

Nos rebanhos de cria de gado de corte, a avaliação da estrutura etária das vacas possibilita identificar a melhor idade para realizar o descarte, pois o aumento da longevidade reduz os custos de reposição de fêmeas, maximizando a eficiência do sistema, e o retorno econômico da atividade. Entretanto, o aumento da longevidade das matrizes determina a menor taxa de reposição, diminuindo o ganho genético anual em rebanho sob seleção.

No Pantanal, a pecuária de corte é desenvolvida em criatórios naturais extensivos, e as características de manejo são pautadas no regime de enchentes (POTT et al., 1989). Nesse sistema, os animais recebem poucos cuidados e são mantidos, quase sempre, em pastagens nativas das extensas planícies arenosas e com poucas subdivisões (invernadas), para permitir o uso de aguadas e o pastejo seletivo (CADAVID GARCIA, 1986; SANTOS, 2001). Os índices de produção tradicionais da região são baixos, e as taxas de natalidade e de desmama ficam em torno de 45-60 % e 53-50 %, respectivamente (ABREU et al., 2001).

Nos últimos anos, os produtores têm se especializado em determinada fase da atividade de pecuária de corte (EUCLIDES FILHO, 2000). No Pantanal, há concentração dos produtores na atividade de cria, e a recria é feita apenas com novilhas de reposição. Nesse sistema, os principais produtos para comercialização são bezerros(as) desmamados(as), novilhas de recria (excedente), garrotes, tourunos (touro de descarte) e vacas boiadeiras (vacas de descarte) (ABREU et al., 2001).

A idade preconizada para descarte de vacas, no Brasil-Central, é de 10 anos, em razão da diminuição progressiva da produção de leite, o que faz com que a matriz

desmame bezerros cada vez mais leves. Os principais critérios para descarte de vacas são idade, repetição de cio e habilidade materna (VALLE et al., 1996).

A pecuária de corte vem sendo pressionada a aumentar os desempenhos produtivos e econômicos da atividade, o que constitui o objetivo mais importante no processo de tomada de decisão do produtor rural (CEZAR, 2001). Em sistemas extensivos de cria, dado o número estabilizado de animais no rebanho, a comercialização de fêmeas excedentes (novilhas) e de fêmeas de descarte (vacas velhas) é essencial, pois corresponde a cerca de 50% da receita bruta dos produtores de bezerros (ABREU et al., 2003). Assim, a determinação da estrutura etária do rebanho e a estratégia de descarte são pontos fundamentais na avaliação da eficiência do sistema de produção como um todo (CARTWRIGHT et al., 1975; FITZHUGH et al., 1975; LONG et al., 1975).

Este trabalho objetivou avaliar os impactos da introdução de diferentes tecnologias no sistema de produção tradicional de cria extensiva do Pantanal, ao longo do tempo, fornecendo informações básicas sobre a estratégia de descarte das matrizes, por meio da simulação da expectativa de vida útil e média de idade de descarte em rebanho comercial de cria, utilizando-se a cadeia de Markov (AZZAM et al., 1990).

### **4.3. Material e métodos**

#### Tecnologias introduzidas

O trabalho foi desenvolvido em uma parte da fazenda Alegria (retiro Chatelodo), em área de 6.364 hectares, na sub-região da Nhecolândia, em Mato Grosso do Sul, executado em seis invernadas (pasto de longa extensão limitado por cercas, destinado à cria de bovinos), Baitaca – 1.529 hectares (24%); Invernada 1 – 893 hectares (14%); Invernada 2 – 944 hectares (15%); Invernada 3 – 944 hectares (15%); Invernada 4 – 1.054 hectares (16.5%); e Cocho Novo – 1.000 hectares (16%).

O manejo de gado no retiro Chatelodo era conduzido por três peões residentes, que realizavam apenas a fase de cria. A recria de machos e fêmeas era feita em outra parte da fazenda. As vacas e os touros não eram identificados, e o descarte era realizado sem maior controle, basicamente por causa da idade dos animais. O manejo na propriedade resumia-se aos “trabalhos de gado” (TG) anuais, em que o primeiro ocorria em maio ou junho e o

segundo, em novembro ou dezembro. Esses trabalhos são destinados a ferra, sinalar bezerros novos, castrar garrotes, vacinar, aparar a vassoura da cauda dos animais e outros, de acordo com a preferência de cada fazendeiro (MORAIS e COMASTRI FILHO, 2003).

O projeto foi desenvolvido em cinco anos (maio de 1994 a maio de 1999), e as tecnologias desenvolvidas foram implantadas, de forma paulatina, ao longo do trabalho de monitoramento, conforme apresentado no Capítulo I.

No primeiro trabalho de gado (TG1), em maio de 1994, o número de vacas foi de 1.075, identificado como o ano de nascimento das matrizes. As vacas eram classificadas como Solteira (vazia - 0) ou Parida (parida com bezerro ao pé - 1). Matrizes que passavam dois TG subsequentes, na situação de solteira, eram submetidas ao diagnóstico de gestação e, se estivessem vazias, eram descartadas. Além desse descarte, algumas foram também eliminadas, por problemas de úbere (ABREU et al., 1997).

A monta controlada foi iniciada no período reprodutivo de 1996/1997, sendo o início em setembro de 1996 e o final, em abril de 1997 (oito meses); no período subsequente, a monta iniciou-se em outubro de 1997 e terminou em março de 1998 (seis meses), ou seja, houve diminuição de dois meses.

### Modelo linear generalizado

Ao longo do tempo em que foram implantadas as tecnologias que modificaram o sistema de produção, as matrizes de descarte foram classificadas em 1; caso contrário, eram consideradas como não-descarte 0, o que caracterizava uma resposta dicotômica. Dados resultantes desse tipo de análise podem ser provenientes de uma distribuição binomial com probabilidade  $\pi$ , que é a de ocorrência do evento. O objetivo da análise é modelar a probabilidade ( $\pi$ ) de as matrizes serem classificadas como Descarte (1), em função de variáveis exploratórias ao longo do tempo.

A introdução de tecnologias foi modelada por meio de equações de estimação generalizadas (EEG), que é uma extensão do modelo linear generalizado (STOKES et al., 2000), que, por sua vez, possibilita a modelagem das estruturas de covariâncias na estimativa dos parâmetros ( $\hat{\beta}$ ). As características dos modelos lineares generalizados são



apresentadas por McCULLAGH e NELDER (1997) e DEMÉTRIO (2001) e descritas no Capítulo I.

#### Equações de estimação generalizadas (EEG)

A metodologia EEG leva em consideração as correlações entre as variáveis respostas, em análises nas quais estas são dados binários, dados de contagens e dados ordinais (LIANG e ZEGGER, 1986; STOKES et al., 2000; COSTA, 2003). As respostas à implantação das tecnologias no sistema de produção do Pantanal, avaliadas pela probabilidade de as matrizes terem desempenhos mais eficientes ao longo do tempo, é de natureza binária, ou seja, matrizes Descarte e Não-descarte, foram classificadas como 1 e 0, respectivamente, em cada trabalho de gado. A coleta das informações aconteceu no mesmo animal, ao longo do tempo; conseqüentemente, as variáveis respostas possuíam correlação intra-animal de natureza binária. Entre os animais não havia correlação, o que caracteriza a análise longitudinal com repostas binárias repetidas ao longo do tempo, razão da necessidade de modelar a estrutura de covariância entre as respostas de cada indivíduo analisado e a correlação entre os resíduos, pois, caso contrário, aumenta-se o risco de realizar inferências incorretas (DIGGLE et al., 2002).

#### Modelo estatístico

Ao utilizar o modelo linear generalizado com função de ligação logística e distribuição binomial, os dados foram modelados como regressão logística, com a inclusão do efeito da covariância entre os dados coletados na mesma vaca, ao longo do tempo. O modelo de análise utilizado foi

$$\ln [P_i / (1-P_i)] = \beta_0 + \beta_1 I_1 + \beta_2 I_2 + \beta_3 I_3 + \beta_4 I_4 + \beta_5 I_5 + \beta_6 TG_1 + \beta_7 TG_2 + \beta_8 TG_3 + \beta_9 TG_4 + \beta_{10} TG_5 + \beta_{11} TG_6 + \beta_{12} TG_7 + \beta_{13} TG_8 + \beta_{14} TG_9 + \beta_{15} TG_{10} + \beta_{16} (ID),$$

em que  $i$  denota a  $i$ -ésima vaca;  $P$ , probabilidade estimada de a vaca ser classificada como Descarte (1);  $\beta_0$ , termo de intercepto; e  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{15}, \beta_{16}$ , coeficientes estimados por meio de EEG, associados a cada variável exploratória. Na Tabela 1, são descritas as

variáveis exploratórias no modelo de avaliação da introdução de tecnologia. Os coeficientes estimados não indicam, diretamente, efeito da mudança da variável explanatória correspondente sobre a probabilidade (P) resultante. Os coeficientes estimados refletem o efeito das variáveis explanatórias individuais sobre o logaritmo da razão de chances ( $\ln [P_i / (1-P_i)]$ ). Coeficiente positivo significa que o logaritmo da razão de chances aumenta com a correspondente variável independente. Entretanto, é possível interpretar os coeficientes pela razão de chances  $[P / (1-P)]$  ou de probabilidade (P) dos resultados, por meio da observação das relações entre P,  $[P / (1-P)]$  e  $\ln [P / (1-P)]$  (NEUPANE et al., 2002).

Tabela 1 – Descrição das variáveis exploratórias

| Nome da variável                                       | Descrição   |
|--|---|
| Invernada 1 (I <sub>1</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 1, senão 0         |
| Invernada 2 (I <sub>2</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 2, senão 0         |
| Invernada 3 (I <sub>3</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 3, senão 0         |
| Invernada 4 (I <sub>4</sub> )                          | Valor 1 - matriz pertencia à invernada 4, senão 0         |
| Invernada Cocho Novo (I <sub>5</sub> )                 | Valor 1 - matriz pertencia à invernada C. Novo, senão 0   |
| Invernada Baitaca (I <sub>6</sub> )                    | Valor 1 - matriz pertencia à invernada Baitaca, senão 0   |
| 1º Trabalho de gado – maio 94 (TG <sub>1</sub> )       | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>1</sub> , senão 0  |
| 2º Trabalho de gado – novembro 94 (TG <sub>2</sub> )   | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>2</sub> , senão 0  |
| 3º Trabalho de gado – maio 95 (TG <sub>3</sub> )       | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>3</sub> , senão 0  |
| 4º Trabalho de gado – novembro 95 (TG <sub>4</sub> )   | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>4</sub> , senão 0  |
| 5º Trabalho de gado – maio 96 (TG <sub>5</sub> )       | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>5</sub> , senão 0  |
| 6º Trabalho de gado – novembro 96 (TG <sub>6</sub> )   | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>6</sub> , senão 0  |
| 7º Trabalho de gado – maio 97 (TG <sub>7</sub> )       | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>7</sub> , senão 0  |
| 8º Trabalho de gado – novembro 97 (TG <sub>8</sub> )   | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>8</sub> , senão 0  |
| 9º Trabalho de gado – maio 98 (TG <sub>9</sub> )       | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>9</sub> , senão 0  |
| 10º Trabalho de gado – novembro 98 (TG <sub>10</sub> ) | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>10</sub> , senão 0 |
| 11º Trabalho de gado – maio 99 (TG <sub>11</sub> )     | Valor 1 - matriz descartada no TG <sub>11</sub> , senão 0 |
| Idade da matriz, em meses (ID)                         | Variável contínua - Idade da vaca, em meses               |

O modelo de regressão logística pode ser matematicamente detalhado:

$$P_i = \text{Prob}(Y_i = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 \text{TG}_1 + \beta_7 \text{TG}_2 + \dots + \beta_{16} (\text{ID}))}} = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 \text{TG}_1 + \beta_7 \text{TG}_2 + \dots + \beta_{16} (\text{ID}))}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 \text{TG}_1 + \beta_7 \text{TG}_2 + \dots + \beta_{16} (\text{ID}))}} .$$

A modelagem foi realizada para a situação em que havia probabilidade ( $P_i$ ) de a matriz ser classificada com Descarte (1). Da mesma forma, caso a modelagem fosse feita na situação em que havia probabilidade de a matriz ser classificada com Não-descarte (0), o modelo ficaria da seguinte forma:

$$P_i = \text{Prob}(Y_i = 0) = 1 - \text{Prob}(Y_i = 1) = \frac{1}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 \text{TG}_1 + \beta_7 \text{TG}_2 + \dots + \beta_{16} (\text{ID}))}} .$$

Ao dividir  $\text{Prob}(Y_i = 1)/\text{Prob}(Y_i = 0)$ , tem-se

$$\frac{\text{Pr ob}(Y_i = 1)}{\text{Pr ob}(Y_i = 0)} = \frac{P_i}{1 - P_i} = e^{(\beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 \text{TG}_1 + \beta_7 \text{TG}_2 + \dots + \beta_{17} (\text{ID}))} ,$$

em que  $P_i$  é a probabilidade de a matriz  $Y_i$  ser classificada como 1; então  $(1 - P_i)$  é a probabilidade de  $Y_i$  ser 0 e de a constante ser exponencial. Ao aplicar logaritmo natural (neperiano) na equação acima, tem-se que

$$\ln [P_i / (1 - P_i)] = \beta_0 + \beta_1 I_1 + \dots + \beta_6 \text{TG}_1 + \beta_7 \text{TG}_2 + \dots + \beta_{17} (\text{ID}) .$$

Estimados os coeficientes das variáveis explanatórias, a razão de chances  $[P / (1 - P)]$  e a probabilidade ( $P$ ) da resposta da variável independente (explanatória) são iguais a  $e^{\beta_k}$  e  $1/(1 + e^{-\beta_k})$ , respectivamente. Então,

$$\beta_k = 0 \Rightarrow \text{razão de chances (odds)} = 1 \text{ e } (P) = 0,5;$$

$$\beta_k > 0 \Rightarrow \text{razão de chances (odds)} > 1 \text{ e } (P) > 0,5; \text{ e}$$

$$\beta_k < 0 \Rightarrow \text{razão de chances (odds)} < 1 \text{ e } (P) < 0,5.$$

Utilizaram-se o procedimento REG na análise de regressão e o procedimento GENMOD, do pacote estatístico SAS (SAS, 1999), com o comando REPEATED, com

vistas em modelar as estruturas de covariâncias entre indivíduos. Após analisar três tipos de matrizes de correlação de trabalho (R), optou-se por trabalhar com a matriz do tipo EXCHANGEABLE, devido à semelhança das matrizes de covariância entre os parâmetros baseados no modelo e da matriz de covariância empírica entre os parâmetros. A característica principal desse tipo de matriz é que as correlações são constantes entre duas mensurações, dentro de indivíduos; dessa forma,  $R_{jj'} = \alpha$ , para  $j \neq j'$ , então,

$$\text{Corr}(y_{ij}, y_{ij'}) = \begin{cases} 1 & j = j' \\ \alpha & j \neq j' \end{cases},$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha & \alpha \\ \alpha & 1 & \alpha & \alpha \\ \alpha & \alpha & 1 & \alpha \\ \alpha & \alpha & \alpha & 1 \end{bmatrix}.$$

#### Utilização de Cadeia de Markov na estimativa da estrutura etária do rebanho

As probabilidades de descarte foram calculadas pela estimativa dos parâmetros em função das variáveis independentes do modelo estatístico acima mostrado. Foi utilizada metodologia de GREER et al. (1980), implementada por meio de cadeia de Markov, conforme apresentado por AZZAM et al. (1990), com o objetivo de simular a probabilidade de descarte por idade, ao longo da vida da matriz, e calcular a expectativa de vida das matrizes no rebanho, em cada cenário ao longo do tempo, encontrado durante o monitoramento da propriedade.

Com vistas em dar suporte à modelagem de sistemas de produção e à análise do desempenho das matrizes, GREER et al. (1980) propuseram a estimativa de cinco probabilidades básicas por idade da matriz: a) Probabilidade de a vaca ser descartada em determinada idade; b) Probabilidade de a vaca não ser descartada em determinada idade; c) Probabilidade de a vaca, aos dois anos de idade, entrar no rebanho e permanecer até determinada idade; d) Proporção das vacas no rebanho com determinada idade; e e) Expectativa de vida das matrizes no rebanho.

AZZAM et al. (1990) desenvolveram um processo para analisar o descarte de vacas em rebanho de cria como uma cadeia de Markov, que permite estimar a distribuição de

idades no rebanho, quando este se encontra em equilíbrio. Para isto, é necessária a modelagem da uma matriz de transição que descreve a estratégia de descarte (a probabilidade de uma vaca ser mantida em determinado ano ou de ser substituída por uma novilha). A cadeia de Markov modela a característica, pois o processo é determinado pela idade do animal (variável discreta), na qual, devido ao desgaste fisiológico, o desempenho produtivo e, ou, reprodutivo torna-se menos eficiente, o que aumenta a possibilidade de descarte da matriz, de acordo com uma estratégia definida ou com uma idade limite para a fêmea permanecer no rebanho.

Os elementos ( $p_{ij}$ ) da matriz de transição  $P$  representam a probabilidade de o animal de determinada idade ( $i$ ), em reprodução, ser retido por mais um ano ( $j=i+1$ ) ou de ser substituído por uma novilha de dois anos ( $j=1$ ). Visto que a vaca pode ser apenas um ano mais velha, em cada ano subsequente, ou pode ser substituída por uma novilha, todos os outros elementos de  $P$  são zeros. Nesta análise, pressupõe-se que não haja aquisição de novilhas de outro rebanho e que o número de fêmeas no rebanho seja constante (equilíbrio). Cada linha possui apenas elementos diferentes de zero na casela, na qual há probabilidade de a fêmea, em uma idade particular, ser descartada ou ser mantida, ficando mais um ano no rebanho.

A matriz de transição é utilizada para determinar a proporção de animais em cada idade, quando o sistema for estabilizado por meio da solução dos sistemas de equações, sendo  $\pi$  um vetor coluna que possui, em seus elementos, as proporções das idades das matrizes em equilíbrio (quando o sistema se encontra estabilizado). Essas proporções são encontradas pela solução da série de equações simultâneas  $\pi = P\pi$ . Entretanto, não é possível encontrar solução única pela resolução direta do sistema de equações. Assim, uma equação é arbitrariamente eliminada e substituída pela equação  $\sum_i \pi_i = 1$ , que é a restrição que determina a adição de “1” a todas as proporções.

A distribuição da idade de descarte das vacas ( $\pi_{des}$ ) é obtida pela multiplicação de cada elemento do vetor solução ( $\pi$ ) pela primeira coluna de  $P$  (sendo  $P_{11}$ ), dividido pela soma de seus produtos:

$$\pi_{des} = \pi \bullet P_{11} (\pi' P_{11})^{-1},$$

em que  $\bullet$  é o produto de Hadamard entre vetores. A média de idade das vacas descartadas é calculada pela multiplicação do vetor de distribuição das idades, no descarte, pelo vetor das

idades correspondentes. Foi desenvolvido um programa em Interactive Matrix Language (IML), do pacote estatístico SAS (SAS, 1999), com vistas na implementação da cadeia de Markov, baseado no programa apresentado por AZZAM et al. (1990). O programa pode ser visualizado no Apêndice A.

#### 4.4. Resultados e discussão

Na Tabela 2, são apresentadas as freqüências de vacas Descartadas e Não-descartadas, por internada e por ordem de trabalho de gado (TG) realizado, além dos percentuais relativos, por ordem de trabalho e por internada. Observa-se que não há tendência clara de aumento dos percentuais de matrizes descartadas.

Tabela 2 -Freqüências e percentuais de vacas Descartadas e Não-descartadas, por internada e ao longo dos onze trabalhos de gado

| TG    |    | Inv.        | Inv. 1      | Inv. 2     | Inv. 3      | Inv.4       | Inv. C.Novo | Inv. Baitaca |
|-------|----|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| TG 1  | D  | 0 (0%)      | 1 (0,7%)    | 0 (0%)     | 1 (0,7%)    | 0 (0%)      | 0 (0%)      | 0 (0%)       |
|       | ND | 120 (100%)  | 149 (99,3%) | 83 (100%)  | 148 (99,4%) | 0 (0%)      | 188 (100%)  |              |
| TG 2  | D  | 1 (0,9%)    | 0 (0%)      | 0 (0%)     | 0 (0%)      | 0 (0%)      | 1 (0,6%)    |              |
|       | ND | 114 (99,1%) | 135 (100%)  | 75 (100%)  | 125 (100%)  | 0 (0%)      | 176 (99,4%) |              |
| TG 3  | D  | 4 (3,7%)    | 3 (2,1%)    | 2 (2,8%)   | 1 (0,7%)    | 0 (0%)      | 1 (0,7%)    |              |
|       | ND | 104 (96,3%) | 141 (97,9%) | 70 (97,2%) | 139 (99,3%) | 0 (0%)      | 151 (99,3%) |              |
| TG 4  | D  | 7 (6,6%)    | 7 (4,7%)    | 2 (2,5%)   | 0 (0%)      | 0 (0%)      | 3 (1,2%)    |              |
|       | ND | 99 (93,4%)  | 142 (95,3%) | 79 (97,5%) | 138 (100%)  | 0 (0%)      | 242 (98,8%) |              |
| TG 5  | D  | 2 (2,5%)    | 4 (2,8%)    | 1 (1,4%)   | 4 (3,0%)    | 0 (0%)      | 3 (1,3%)    |              |
|       | ND | 79 (97,5%)  | 138 (97,2%) | 71 (98,6%) | 130 (97,0%) | 175 (100%)  | 234 (98,7%) |              |
| TG 6  | D  | 2 (2,1%)    | 2 (1,5%)    | 0 (0%)     | 3 (2,3%)    | 0 (0%)      | 8 (3,6%)    |              |
|       | ND | 95 (97,9%)  | 133 (98,5%) | 71 (100%)  | 126 (97,7%) | 168 (100%)  | 215 (96,4%) |              |
| TG 7  | D  | 3 (3,2%)    | 27 (20,3%)  | 8 (11,1%)  | 8 (6,6%)    | 2 (1,2%)    | 12 (5,7%)   |              |
|       | ND | 92 (96,8%)  | 106 (79,7%) | 64 (88,9%) | 114 (93,4%) | 163 (98,8%) | 199 (94,3%) |              |
| TG 8  | D  | 4 (1,8%)    | 0 (0%)      | 1 (2,0%)   | 0 (0%)      | 3 (1,2%)    | 0 (0%)      |              |
|       | ND | 212 (98,5%) | 93 (100%)   | 50 (98,0%) | 102 (100%)  | 238 (98,8%) | 187 (100%)  |              |
| TG 9  | D  | 1 (0,5%)    | 3 (3,3%)    | 1 (1,9%)   | 0 (0%)      | 43 (21,7%)  | 4 (2,1%)    |              |
|       | ND | 197 (99,5%) | 89 (96,7%)  | 51 (98,1%) | 108 (100%)  | 155 (78,3%) | 184 (97,9%) |              |
| TG 10 | D  | 14 (7,9%)   | 4 (4,8%)    | 3 (5,8%)   | 0 (0%)      | 15 (10,7%)  | 4 (2,1%)    |              |
|       | ND | 164 (92,1%) | 80 (95,2%)  | 49 (94,2%) | 114 (100%)  | 125 (89,3%) | 185 (97,9%) |              |
| TG 11 | D  | 4 (2,1%)    | 5 (6,1%)    | 5 (11,6%)  | 0 (0%)      | 5 (3,3%)    | 4 (2,3%)    |              |
|       | ND | 190 (97,9%) | 78 (93,9%)  | 38 (88,4%) | 88 (100%)   | 146 (96,7%) | 168 (97,7%) |              |

Inv. – internada; TG – trabalho de gado; S – solteira; P - parida.

Com a aquisição da internada Cocho Novo, as novilhas foram colocadas, preferencialmente, nesta, o que possibilitou a realização de descartes das que apresentaram

idade, na primeira cria, muito tardia ou primeiro intervalo de partos muito longo, características consideradas como ponto de estrangulamento no sistema de produção extensivo do Pantanal (ABREU et al., 2001).

As estatísticas de Wald, para os efeitos das variáveis independentes, são mostradas na Tabela 3. Os efeitos de invernadas, ordem de trabalho e efeito linear da idade da vaca foram significativos. O efeito de invernada, provavelmente, significa o efeito da estratégia de descarte (dois trabalhos de gado, sendo a matriz classificada como Solteira) sobre a estrutura etária das diferentes invernadas (especialmente invernada Cocho Novo), além de invernadas onde havia muitas vacas velhas com mais de 14 anos. No Pantanal, em razão da idade tardia na primeira cria e dos longos intervalos de partos, os produtores possuem, em seus rebanhos de cria, vacas com média de idade maior do que a recomendada na literatura (VALLE et al., 1996). Tal fato é reflexo do sistema extensivo, no qual não há controle individual do desempenho das matrizes, além da impossibilidade de realizar reposição maior, dada a baixa taxa de parição. Se grande número de vacas fosse descartado, haveria o risco de não haver novilhas de reposição e de o número de matrizes da propriedade diminuir ao longo do tempo. ABREU et al. (1997) recomendaram o descarte de vacas com idade em torno de 14-15 anos. A ordem do trabalho influenciou a frequência de descarte, em razão da mudança no manejo ao longo do monitoramento, o que possibilitou a identificação do desempenho produtivo das matrizes com maior eficiência de descarte das matrizes menos produtivas. Esperava-se que o efeito linear da idade da matriz fosse significativo, pois, com aumento da idade e conseqüente desgaste fisiológico dos animais, há tendência de o desempenho ser inferior, o que influenciaria no descarte, além da determinação da idade máxima de permanência das matrizes no rebanho, a qual deve ser ajustada à capacidade de reposição por novilhas produzidas no próprio rebanho.

Tabela 3 – Tabela de análise das variáveis exploratórias, com as estatísticas de Wald, que influenciaram a probabilidade de a vaca ser Descartada

| Fontes de variação   | Grau de liberdade | Qui-quadrado | P>Qui-quadrado |
|----------------------|-------------------|--------------|----------------|
| Invernada            | 5                 | 22,55        | 0,0004         |
| Ordem de trabalho    | 10                | 94,33        | > 0,0001       |
| Id. da vaca – linear | 1                 | 108,72       | > 0,0001       |

Id. da vaca - idade da vaca, em meses.

Na Figura 1, são apresentadas as probabilidades de descarte, em razão da idade da matriz ao longo do monitoramento realizado. Foi ajustada equação de regressão das probabilidades, calculada por meio dos parâmetros do modelo de regressão logística, de as matrizes ( $y_i$ ) serem descartadas em virtude da idade em meses (ID), em que a equação estimada foi

$$y_i = 0,01098 - 0,000246(ID - \bar{ID}) + 0,00000405(ID - \bar{ID})^2 ,$$

e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) encontrado, de 0,55. Como esperado, a idade com menor probabilidade de descarte foi a de 30,42 meses, ou seja, a idade na qual a novilha foi coberta (por volta de 2 a 3 anos de idade).

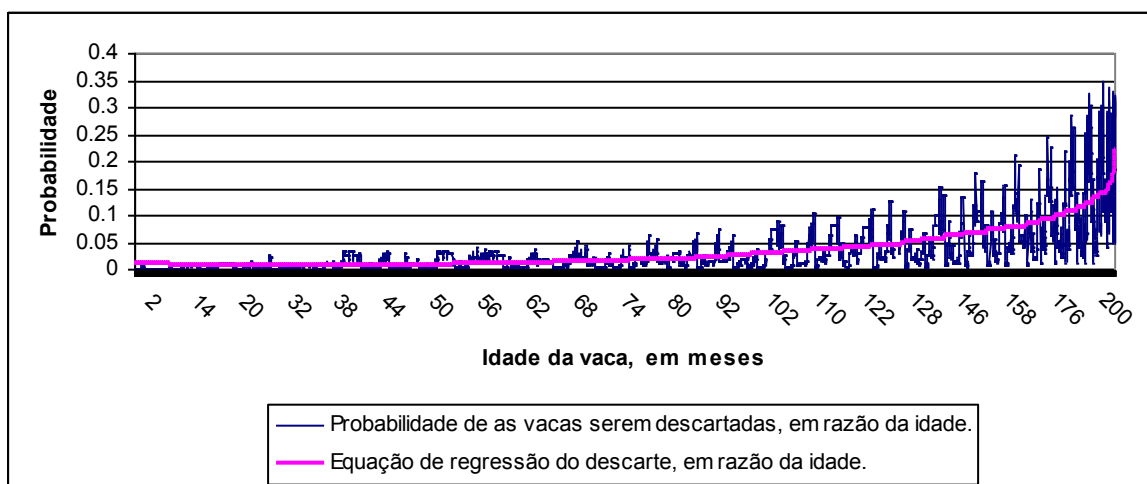


Figura 1 – Probabilidade de Descarte de vacas, em razão da idade.

As probabilidades de descarte, por idade, das matrizes no Pantanal podem ser consideradas pequenas, em relação às encontradas na literatura (ETIENNE e MARTIN, 1979; GREER et al., 1980; SCHONS et al., 1985; ROHER et al., 1988), o que reflete a necessidade de o produtor manter as matrizes por mais tempo, em razão de a idade na primeira cria ser mais tardia e de os intervalos de partos serem mais longos.

Na Tabela 4, observam-se as estimativas dos parâmetros para invernações, ordem do trabalho de gado e efeito linear da idade da vaca, além de erro-padrão, intervalo de confiança da estimativa e probabilidade normalizada Z de cada invernação e da ordem de



trabalho. As estimativas são comparadas com a internada Baitaca e com o último trabalho de gado monitorado (TG 11).

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros, erros-padrão, intervalos de confiança e probabilidade normalizada Z das variáveis explanatórias

| Parâmetro            | Estimativa | Erro-padrão | IC limite inferior | IC limite superior | Z      | Pr> Z   |
|----------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|--------|---------|
| Intercepto           | -5,6654    | 0,3121      | -6,2770            | -5,0537            | -18,15 | > ,0001 |
| Inv. 1               | 0,5198     | 0,2342      | 0,0607             | 0,9788             | 2,22   | 0,0265  |
| Inv. 2               | 0,2373     | 0,2214      | -0,1967            | 0,6712             | 1,07   | 0,2840  |
| Inv. 3               | 0,0149     | 0,2746      | -0,5233            | 0,5532             | 0,05   | 0,9566  |
| Inv. 4               | -0,1922    | 0,3087      | -0,7972            | 0,4128             | -0,62  | 0,5335  |
| Inv. C. Novo         | 0,7139     | 0,1977      | 0,3265             | 1,1014             | 3,61   | 0,0003  |
| Inv. Baitaca         | 0,0000     | 0,0000      | 0,0000             | 0,0000             | .      | .       |
| TG 1                 | -1,9054    | 0,7395      | -3,3547            | -0,4561            | -2,58  | 0,0100  |
| TG 2                 | -1,9168    | 0,7478      | -3,3824            | -0,4513            | -2,56  | 0,0104  |
| TG 3                 | -0,2656    | 0,3796      | -1,0096            | 0,4783             | -0,70  | 0,4841  |
| TG 4                 | 0,1947     | 0,3273      | -0,4467            | 0,8362             | 0,59   | 0,5519  |
| TG 5                 | -0,5451    | 0,3485      | -1,2282            | 0,1380             | -1,56  | 0,1178  |
| TG 6                 | -0,5387    | 0,3435      | -1,2119            | 0,1345             | -1,53  | 0,1168  |
| TG 7                 | 0,8906     | 0,2576      | 0,3856             | 1,3955             | 3,46   | 0,0005  |
| TG 8                 | -1,1653    | 0,4201      | -1,9887            | -0,3419            | -2,77  | 0,0055  |
| TG 9                 | 0,7829     | 0,2577      | 0,2279             | 1,2879             | 3,04   | 0,0024  |
| TG10                 | 0,6301     | 0,2751      | 0,0909             | 1,1693             | 2,29   | 0,0220  |
| TG 11                | 0,0000     | 0,0000      | 0,0000             | 0,0000             | .      | .       |
| Id. da vaca – linear | 0,0167     | 0,0016      | 0,0,0136           | 0,0198             | 10,43  | > .0001 |

Inv – internada; IC- intervalo de confiança; TG – trabalho de gado; Id. da vaca – idade da vaca, em meses.

A diferença significativa nas probabilidades de descarte entre as internadas 1 e Cocho Novo, em relação à internada Baitaca, deve-se, principalmente, à estrutura etária das matrizes. Na internada 1, as matrizes eram mais velhas, o que resultou em descarte maior, dado o pior desempenho reprodutivo. Além disso, nesta internada havia maior número de matrizes com idade de descarte. Na internada Cocho Novo, por outro lado, a estratégia de descarte utilizada levou ao maior descarte de novilhas, que foram consideradas muito tardias, pois, com a média de idade de 36 meses, estavam vazias, pelo diagnóstico de gestação, sendo, conseqüentemente, descartadas. Na Tabela 5, observam-se os contratos das diferentes internadas em relação à internada Cocho Novo. As matrizes das internadas 1, 2, 3, 4 e Baitaca apresentaram 0,8235; 0,6208; 0,4971; 0,4041; e 0,4897 vezes chances de serem descartadas, em comparação com as matrizes da internada Cocho Novo. Tal resultado demonstra um dos pontos de estrangulamento no sistema de cria

extensiva no Pantanal, que é a idade tardia na primeira parição, o que leva à maior pressão de descarte das novilhas que apresentarem pior desempenho reprodutivo, aumentando a probabilidade de descarte destas.

Tabela 5 – Estimativa dos contrastes entre as invernadas

|                           | Estimativa | Exponencial da estimativa<br>(Razão de chances) | Erro-padrão da estimativa |
|---------------------------|------------|---|---------------------------|
| Inv 1 x Inv C. Novo       | -0,1942    | 0,8235  | 0,2061                    |
| Inv 2 x Inv C. Novo       | -0,4767    | 0,6208  | 0,1871                    |
| Inv 3 x Inv C. Novo       | -0,6990    | 0,4971  | 0,2478                    |
| Inv 4 x Inv C. Novo       | -0,9061    | 0,4041  | 0,1182                    |
| Inv Baitaca x Inv C. Novo | -0,7139    | 0,4897  | 0,1977                    |

Inv – invernada; C. Novo – Cocho Novo.

Na Tabela 6, são mostrados os contrastes entre os trabalhos de gado realizados e o primeiro ocorrido no início do monitoramento da propriedade. No sistema tradicional, no qual não há como acompanhar o desempenho produtivo das matrizes, os descartes de vacas acontecem, principalmente, por necessidade financeira do produtor, ou quando o animal possui idade muito avançada. No início do monitoramento, foi comum identificar vacas com idade de 20 anos ou mais; com a implantação das tecnologias, o descarte aumentou significativamente. Entretanto, o maior impacto observado foi após a implantação da monta controlada (no sétimo trabalho), que permitiu maior controle reprodutivo das matrizes, com identificação mais eficiente das menos produtivas, com conseqüente descarte.

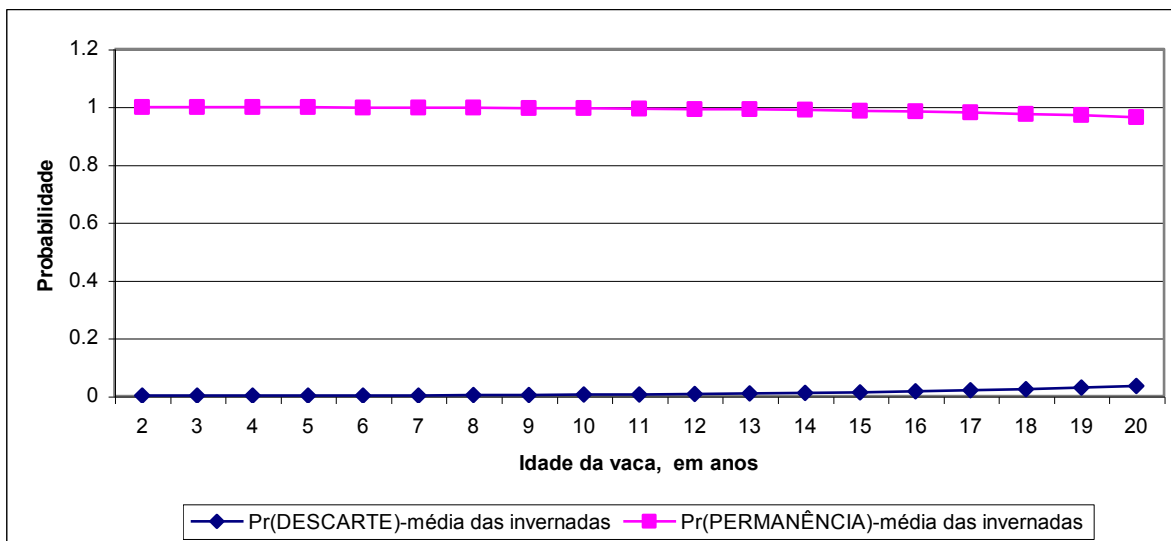
As razões de chances dos trabalhos de gado, em relação ao primeiro trabalho, foram, respectivamente, de 0,9886; 5,1541; 8,1672; 3,8974; 3,9224; 16,3786; 2,0962; 14,7066; 12,6228; e 6,7222 vezes a chance de as matrizes serem descartadas ao longo do monitoramento realizado. Isso mostra que as tecnologias implantadas levaram à identificação e ao descarte de fêmeas com desempenho reprodutivo inferior, o que modificou o sistema de descarte tradicional (TG1), que era norteado apenas pela necessidade financeira do produtor, sem maiores critérios técnicos na tomada de decisão.

Tabela 6 – Estimativa dos contrastes entre o TG 1 e os subseqüentes

|              | Estimativa | Exponencial da estimativa<br>(Razão de chances) | Erro-padrão da estimativa |
|--------------|------------|---|---------------------------|
| TG 1 x TG 2  | -0,0114    | 0,9886  | 1,0038                    |
| TG 1 x TG 3  | 1,6398     | 5,1541  | 0,7741                    |
| TG 1 x TG 4  | 2,1001     | 8,1672  | 0,7479                    |
| TG 1 x TG 5  | 1,3603     | 3,8974  | 0,7654                    |
| TG 1 x TG 6  | 1,3667     | 3,9224  | 0,7615                    |
| TG 1 x TG 7  | 2,7960     | 16,3786   | 0,7256                    |
| TG 1 x TG 8  | 0,7401     | 2,0962  | 0,7951                    |
| TG 1 x TG 9  | 2,6883     | 14,7066   | 0,7180                    |
| TG 1 x TG 10 | 2,5355     | 12,6228   | 0,7268                    |
| TG 1 x TG 11 | 1,9054     | 6,7222  | 0,7395                    |

Após o sexto trabalho de gado realizado no período em que foi implantada a estação de monta, a pressão de descarte aumentou, especialmente, logo após sua implantação, quando a probabilidade de descarte foi 16,3786 vezes maior que a probabilidade de descarte no sistema tradicional (primeiro trabalho de gado feito). Tais resultados demonstram, conforme afirmação de FONSECA (1982), que uma das vantagens da implantação da monta controlada é que esta permite a seleção de fertilidade sobre as vacas falhadas, identificando as vacas com pior desempenho e orientando o descarte. Ao calcular a média das razões de chances dos cinco primeiros contrastes e dos cinco últimos, observa-se que, em relação ao primeiro trabalho realizado, as probabilidades de descarte das matrizes foram de 4,4269 e 10,5053 vezes maior.

Na Figura 2, são mostradas as probabilidades estimadas por meio dos parâmetros da análise em se que utilizaram EEG e cadeia de Markov, para simular a distribuição das idades no rebanho, por idade da matriz, no primeiro trabalho realizado em cada invernação: a) Probabilidade de a vaca ser descartada em determinada idade; b) Probabilidade de a vaca não ser descartada em determinada idade; c) Probabilidade de a vaca, aos dois anos de idade; entrar no rebanho e permanecer até determinada idade; d) Proporção de vacas no rebanho com determinada idade; e e) Expectativa de vida das vacas no rebanho (GREER et al., 1980).



Pr - probabilidade.

Figura 2 – Probabilidades médias de descarte e de permanência nas diferentes invernadas e idades das matrizes.

As probabilidades de permanência dos animais nas diferentes invernadas e idades, estando o rebanho em equilíbrio (o número de animais mantém-se constante), são mostradas na Tabela 7, sendo semelhantes às do sistema tradicional (TG1), em todas as invernadas. O somatório das probabilidades de permanência (C), conforme a idade de cada invernada, é igual a 1. As médias de idades das vacas no rebanho e de idade de descarte são mostradas nas duas últimas linhas.

Tabela 7 – Distribuição das idades no rebanho em equilíbrio, por invernada, no TG1

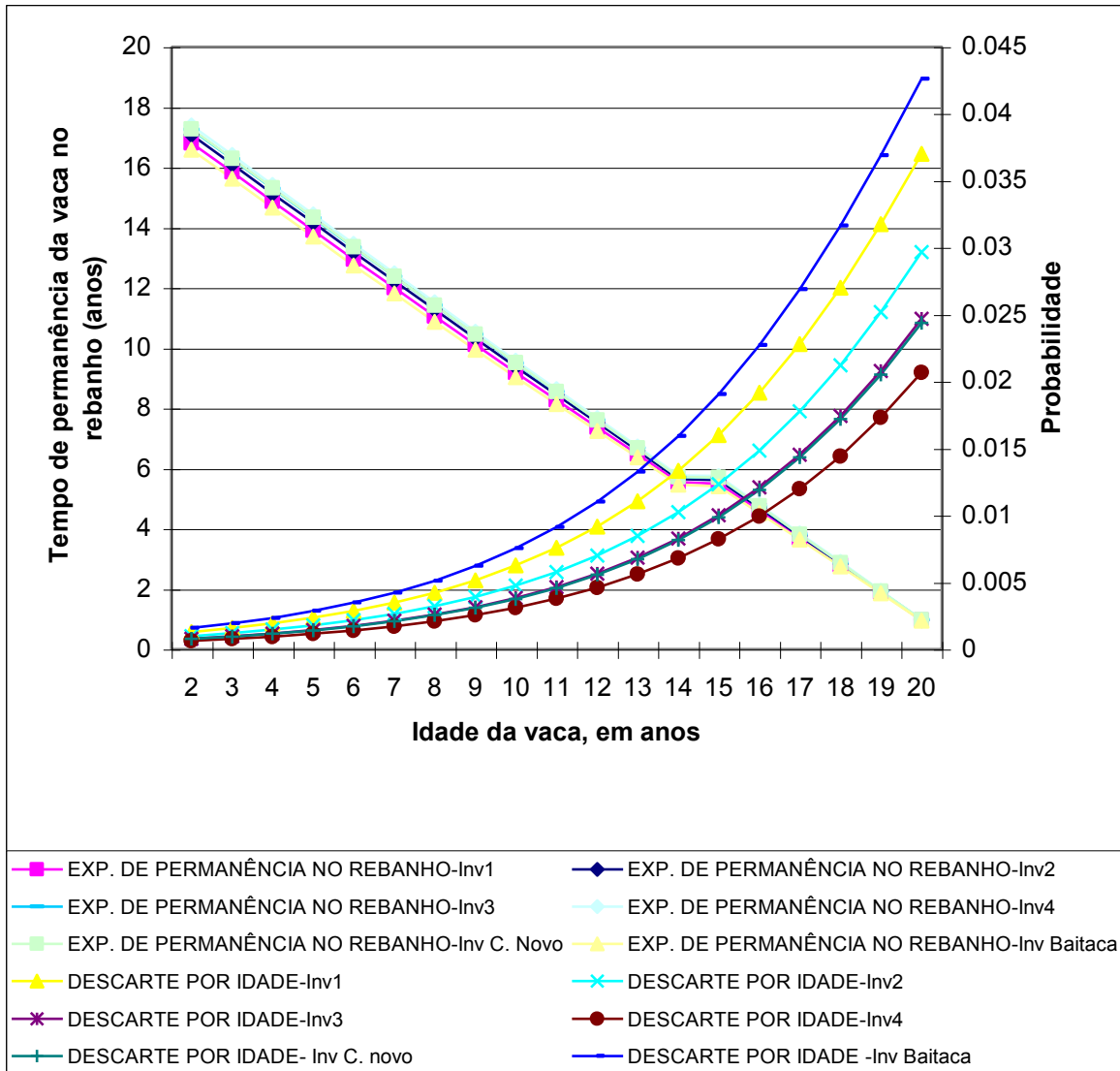
|              | Inv 1          | Inv 2          | Inv 3          | Inv 4          | Inv Baitaca    | Inv C. Novo    |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Idade (anos) | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade |
| 2            | 0,0532         | 0,0504         | 0,0498         | 0,0494         | 0,0497         | 0,0519         |
| 3            | 0,0531         | 0,0503         | 0,0497         | 0,0494         | 0,0497         | 0,0511         |
| 4            | 0,0530         | 0,0503         | 0,0497         | 0,0493         | 0,0497         | 0,0517         |
| 5            | 0,0529         | 0,0501         | 0,0496         | 0,0493         | 0,0490         | 0,0512         |
| 6            | 0,0528         | 0,0501         | 0,0496         | 0,0492         | 0,0495         | 0,0515         |
| 7            | 0,0527         | 0,0499         | 0,0495         | 0,0491         | 0,0495         | 0,0513         |
| 8            | 0,0525         | 0,0498         | 0,0494         | 0,0491         | 0,0494         | 0,0511         |
| 9            | 0,0523         | 0,0496         | 0,0493         | 0,0489         | 0,0492         | 0,0508         |
| 10           | 0,0520         | 0,0495         | 0,0491         | 0,0488         | 0,0491         | 0,0505         |
| 11           | 0,0516         | 0,0492         | 0,0489         | 0,0487         | 0,0489         | 0,0501         |
| 12           | 0,0512         | 0,0489         | 0,0487         | 0,0485         | 0,0487         | 0,0496         |
| 13           | 0,0508         | 0,0486         | 0,0484         | 0,0482         | 0,0484         | 0,0491         |

|                               |        |         |        |        |        |        |
|-------------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 14                            | 0,0502 | 0,0481  | 0,0481 | 0,0480 | 0,0481 | 0,0484 |
| 15                            | 0,0495 | 0,0476  | 0,0476 | 0,0476 | 0,0476 | 0,0475 |
| 16                            | 0,0487 | 0,0470  | 0,0471 | 0,0472 | 0,0472 | 0,0466 |
| 17                            | 0,0476 | 0,0463  | 0,0465 | 0,0467 | 0,0465 | 0,0454 |
| 18                            | 0,0464 | 0,0454  | 0,0458 | 0,0462 | 0,0458 | 0,0440 |
| 19                            | 0,0449 | 0,04432 | 0,0449 | 0,0454 | 0,0450 | 0,0423 |
| 20                            | 0,0433 | 0,0430  | 0,0439 | 0,0446 | 0,0440 | 0,0404 |
| Média de id. rebanho (anos).  | 11,13  | 11,65   | 11,71  | 11,76  | 11,72  | 11,45  |
| Média de id. descarte (anos). | 19,79  | 20,86   | 21,07  | 21,24  | 21,09  | 20,25  |

Inv. – invernada; C. novo – Cocho Novo; Per. –permanência; id. – idade.

As médias de idades, nas diferentes invernadas, são maiores que as preconizadas por VALLE et al. (1996), para descarte de vacas no Brasil, prática que não pode ser aplicada ao Pantanal em sistemas tradicionais, pois inviabilizaria a atividade, devido à taxa de descarte ser maior que a de reposição.

Observam-se, na Figura 3, as expectativas de permanência das matrizes de diferentes idades no rebanho (probabilidade d) e a probabilidade de descarte das matrizes ao longo do período de 2 a 20 anos (probabilidade e), quando não há introdução de tecnologia.



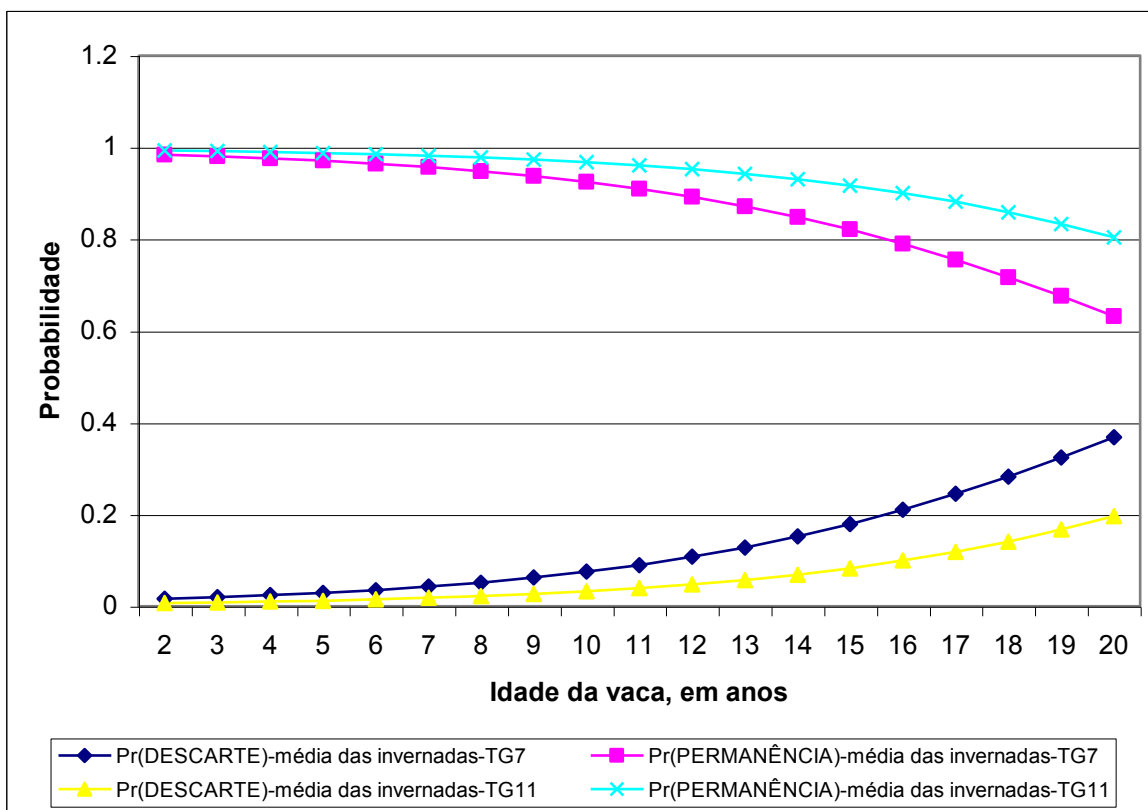
EXP – expectativa.

Figura 3 – Expectativa de permanência no rebanho de cria e probabilidade de descarte das matrizes em sistema de produção tradicional (TG1).

Observa-se que as probabilidades de descartes são pequenas em todas as idades e em todas as invernações, dada a idade dos animais em cada invernação. As pequenas diferenças são devidas às estruturas etárias nas invernações; entretanto, as expectativas de permanência são basicamente as mesmas, em todas as invernações e em todas as idades.

Na Figura 4, são mostradas as probabilidades de descarte e de permanência nos sétimo (TG7) e décimo primeiro (TG11) trabalhos de gado. O sétimo trabalho, após a

implantação da estação de monta, permitiu a identificação e o descarte de número maior de matrizes, e o TG11 foi o último trabalho monitorado.



Pr- probabilidade.

Figura 4 – Probabilidades médias de descarte e de permanência, nas diferentes invernadas, e idades das matrizes nos TGs 7 e 11.

Com a introdução de tecnologias, as probabilidades de descarte aumentaram e as de permanência diminuíram, à medida que mais tecnologias iam sendo implantadas, o que permitiu a realização de descarte técnico com mais eficiência. Logo após a implantação da estação de monta no TG 6, o descarte realizado foi significativo, em razão da identificação de fêmeas com desempenho inferior. No entanto, o produtor deve levar em conta que, para aumentar o número de fêmeas descartadas, há necessidade de ter à disposição novilhas aptas para iniciar o ciclo reprodutivo; caso contrário, a reposição poderá ficar comprometida com perdas no médio e no longo prazo, causadas pela diminuição de fêmeas no rebanho de cria.

Nas Tabelas 8 e 9, são apresentadas as distribuições, por idade, nos rebanhos com as estratégias de descarte, realizadas nos TG7 e TG11, e as médias de idades de matrizes no rebanho e de descarte destas.

Tabela 8 – Distribuição das idades no rebanho em equilíbrio, por invernada, no TG7

|                               | Inv 1          | Inv 2          | Inv 3          | Inv 4          | Inv Baitaca    | Inv C. Novo    |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Idade (anos)                  | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade |
| 2                             | 0,0911         | 0,0825         | 0,0768         | 0,0723         | 0,0765         | 0,0977         |
| 3                             | 0,0892         | 0,0812         | 0,0759         | 0,0715         | 0,0755         | 0,0953         |
| 4                             | 0,0869         | 0,0797         | 0,0747         | 0,0706         | 0,0744         | 0,0924         |
| 5                             | 0,0843         | 0,0778         | 0,0733         | 0,0695         | 0,0730         | 0,0890         |
| 6                             | 0,0812         | 0,0756         | 0,0716         | 0,0682         | 0,0714         | 0,0849         |
| 7                             | 0,0775         | 0,0730         | 0,0696         | 0,0667         | 0,0694         | 0,0804         |
| 8                             | 0,0733         | 0,0699         | 0,0673         | 0,0648         | 0,0671         | 0,0751         |
| 9                             | 0,0685         | 0,0664         | 0,0645         | 0,0627         | 0,0644         | 0,0692         |
| 10                            | 0,0630         | 0,0624         | 0,0614         | 0,0601         | 0,0613         | 0,0626         |
| 11                            | 0,0570         | 0,0578         | 0,0577         | 0,0572         | 0,0577         | 0,0555         |
| 12                            | 0,0505         | 0,0527         | 0,0535         | 0,0538         | 0,0536         | 0,0480         |
| 13                            | 0,0437         | 0,0471         | 0,0489         | 0,0499         | 0,0490         | 0,0403         |
| 14                            | 0,0366         | 0,0411         | 0,0438         | 0,0456         | 0,0439         | 0,0327         |
| 15                            | 0,0296         | 0,0349         | 0,0384         | 0,0409         | 0,0386         | 0,0254         |
| 16                            | 0,0230         | 0,0287         | 0,0327         | 0,0359         | 0,0330         | 0,0189         |
| 17                            | 0,0171         | 0,0227         | 0,0271         | 0,0306         | 0,0273         | 0,0133         |
| 18                            | 0,0119         | 0,0172         | 0,0214         | 0,0253         | 0,0217         | 0,0087         |
| 19                            | 0,0078         | 0,0123         | 0,0163         | 0,0201         | 0,0166         | 0,0053         |
| 20                            | 0,0048         | 0,0083         | 0,0118         | 0,0153         | 0,0120         | 0,0030         |
| Média de id. rebanho (anos).  | 8,02           | 8,06           | 8,99           | 9,36           | 9,02           | 7,66           |
| Média de id. descarte (anos). | 11,97          | 13,12          | 14,01          | 14,84          | 14,07          | 11,23          |

Inv. – invernada; C. novo – Cocho Novo; Per. –permanência; Id. – idade.

Com a introdução das tecnologias e, especialmente, da estação de monta, no cenário simulado a partir das probabilidades estimadas do TG7, observa-se que as médias de idades das matrizes no rebanho e de descarte diminuiram, como esperado. A média de idade de descarte, em todas as invernadas, foi de 13,21 anos, menor que a preconizada por ABREU et al. (1997), para matrizes no Pantanal, apesar de estar próxima da idade preconizada por VALLE et al. (1996).

A distribuição das idades em equilíbrio, no último trabalho monitorado (TG11), e as médias de idades das matrizes no rebanho e de descarte são apresentadas na Tabela 9.



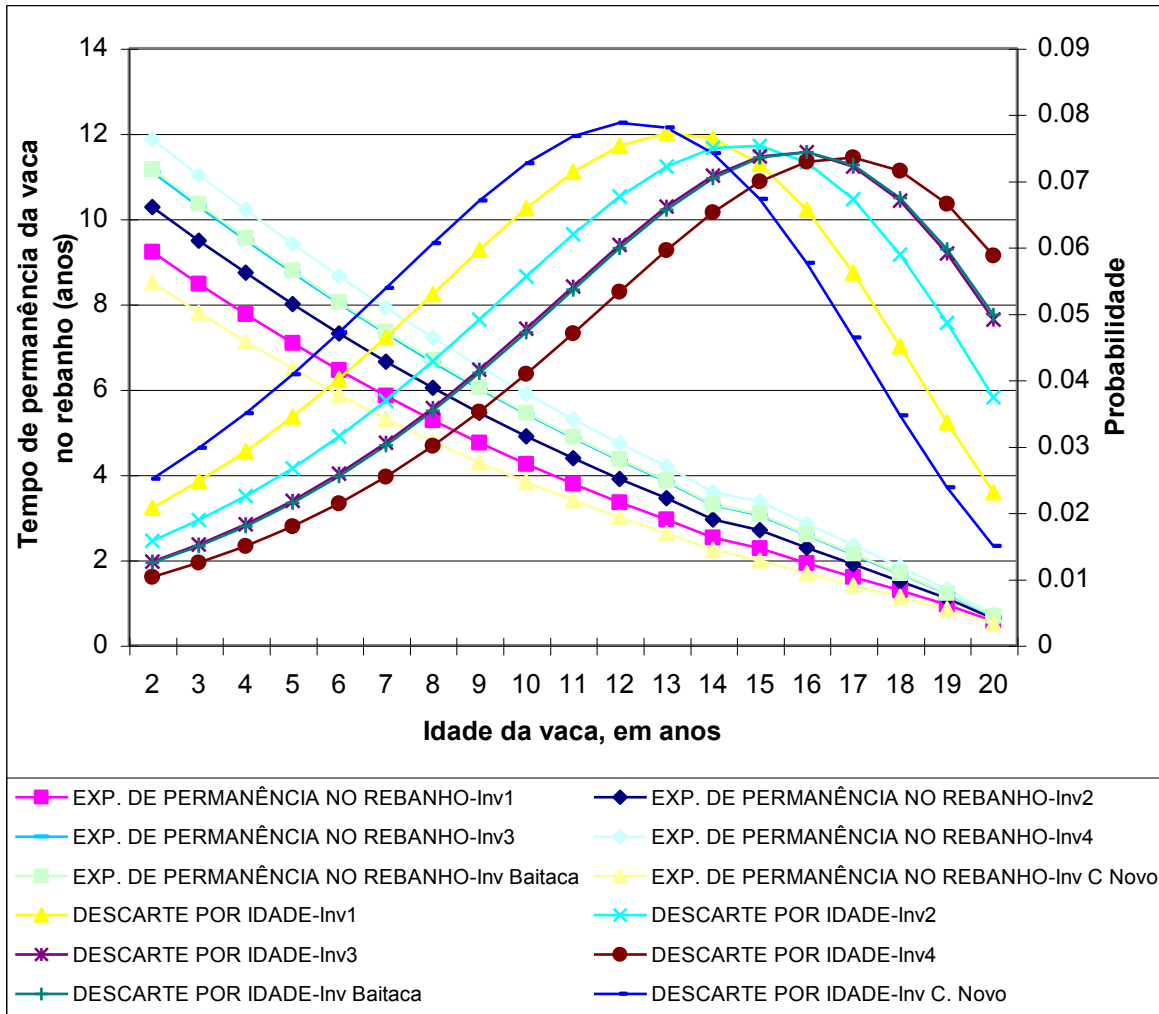
Tabela 9 – Distribuição das idades no rebanho em equilíbrio, por invernada, no TG11

|                            | Inv 1          | Inv 2          | Inv 3          | Inv 4          | Inv Baitaca    | Inv C. Novo    |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Idade (anos)               | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade | Per. por idade |
| 2                          | 0.0695         | 0.0642         | 0.0612         | 0.0723         | 0.0765         | 0.0726         |
| 3                          | 0.0689         | 0.0637         | 0.0608         | 0.0715         | 0.0755         | 0.0718         |
| 4                          | 0.0682         | 0.0632         | 0.0605         | 0.0716         | 0.0744         | 0.0709         |
| 5                          | 0.0673         | 0.0626         | 0.0599         | 0.0695         | 0.0730         | 0.0698         |
| 6                          | 0.0662         | 0.0619         | 0.0594         | 0.0682         | 0.0714         | 0.0685         |
| 7                          | 0.0650         | 0.0610         | 0.0587         | 0.0667         | 0.0694         | 0.0669         |
| 8                          | 0.0635         | 0.0599         | 0.0579         | 0.0649         | 0.0671         | 0.0650         |
| 9                          | 0.0617         | 0.0586         | 0.0569         | 0.0627         | 0.064          | 0.0628         |
| 10                         | 0.0596         | 0.0571         | 0.0557         | 0.0601         | 0.0613         | 0.0602         |
| 11                         | 0.0571         | 0.0553         | 0.0543         | 0.0572         | 0.0577         | 0.0572         |
| 12                         | 0.0542         | 0.0532         | 0.0526         | 0.0538         | 0.0536         | 0.0538         |
| 13                         | 0.0510         | 0.0507         | 0.0507         | 0.0499         | 0.0490         | 0.0499         |
| 14                         | 0.0472         | 0.0479         | 0.0484         | 0.0456         | 0.0439         | 0.0455         |
| 15                         | 0.0431         | 0.0465         | 0.0457         | 0.0409         | 0.0386         | 0.0407         |
| 16                         | 0.0385         | 0.0410         | 0.0427         | 0.0359         | 0.0329         | 0.0356         |
| 17                         | 0.0337         | 0.0370         | 0.0393         | 0.0306         | 0.0273         | 0.0304         |
| 18                         | 0.0287         | 0.0327         | 0.0355         | 0.0253         | 0.0217         | 0.0250         |
| 19                         | 0.0236         | 0.0281         | 0.0314         | 0.0201         | 0.0166         | 0.0198         |
| 20                         | 0.0187         | 0.0235         | 0.0271         | 0.0153         | 0.0120         | 0.0150         |
| Id. média rebanho (anos).  | 9.54           | 10.10          | 10.40          | 10.65          | 10.42          | 9.33           |
| Id. média descarte (anos). | 15.38          | 16.58          | 17.34          | 17.99          | 17.39          | 14.77          |

Inv. – invernada; C. novo – Cocho Novo; Per. –permanência; Id. – idade.

Neste cenário, observa-se que as médias de idades de permanência e de descarte das matrizes, em todas as invernadas, foram de 10,07 e 16,57 anos, respectivamente. A média de idade observada de descarte foi superior à estimada por ABREU et al. (1997) e à preconizada por VALLE et al. (1996).

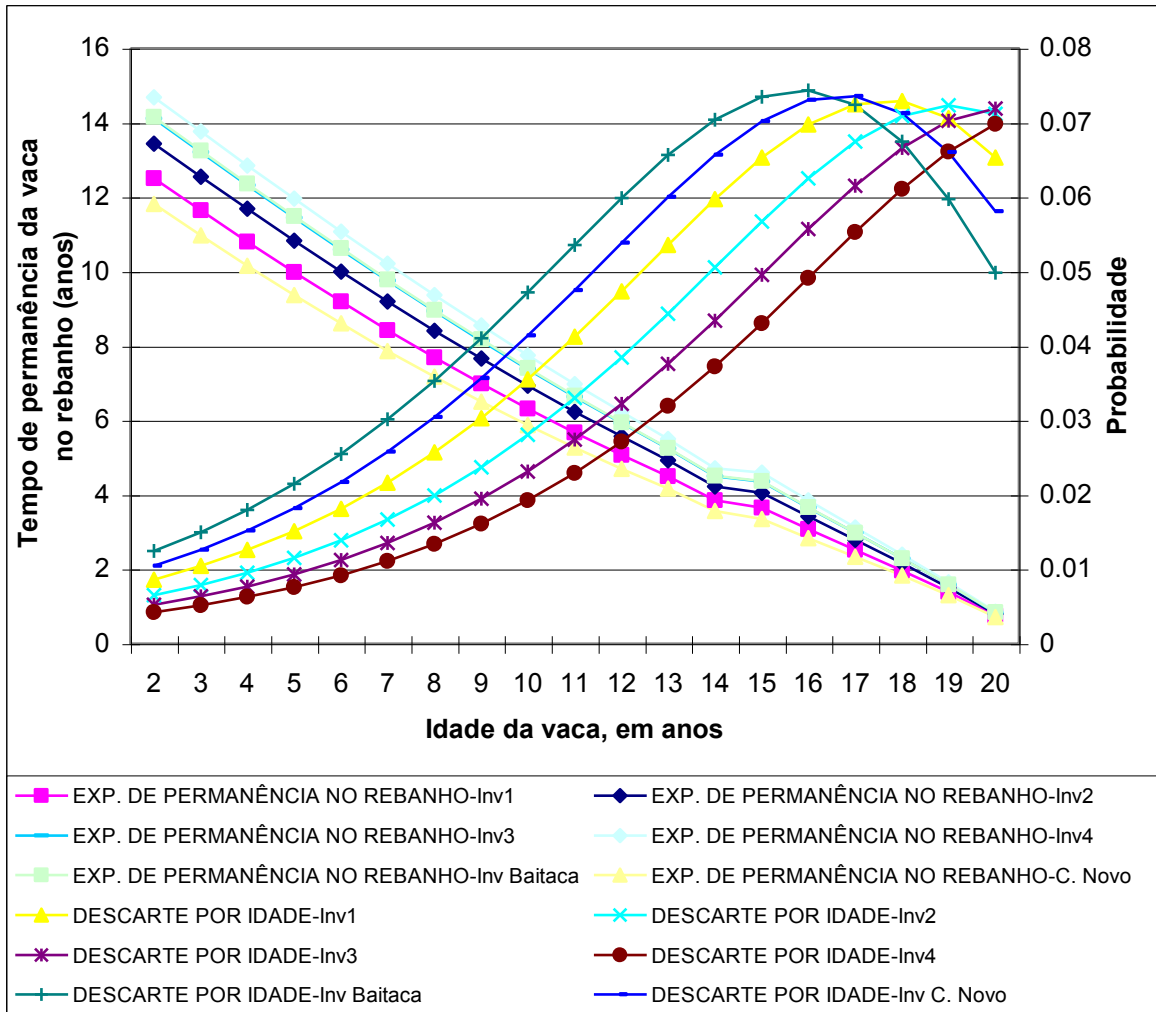
Nas Figuras 5 e 6, são mostradas as probabilidades de descarte no sétimo e no décimo primeiro TG, respectivamente.



EXP – expectativa.

Figura 5 – Expectativa de permanência no rebanho de cria e probabilidade de descarte das matrizes no sistema de produção, logo após a implantação da estação de monta (TG7).

As probabilidades de descarte, em diferentes idades, não dependem apenas da idade das matrizes. Em todas as invernações, as probabilidades de descarte apresentaram tendência curvilínea de descarte, o que demonstra que a maior pressão de descarte ocorre em idades intermediárias, como efeito das tecnologias implantadas, especialmente da estação de monta, o que leva à identificação das matrizes improdutivas em idades intermediárias, com conseqüente descarte (FONSECA, 1982).



EXP – expectativa.

Figura 6 – Expectativa de permanência no rebanho de cria e probabilidade de descarte das matrizes do sistema de produção, no último trabalho monitorado (TG11).

Observa-se, na Figura 6, um cenário intermediário em relação à pressão de descarte. As probabilidades de descartes das matrizes, em algumas invernações, indicam que estes foram realizados especialmente com base na idade; em outras invernações, a pressão foi maior nas idades mais intermediárias. Entretanto, todas as invernações apresentaram tendência curvilínea de probabilidades de descarte, ou seja, as tecnologias implantadas aumentaram a pressão de descarte de fêmeas improdutivas, de acordo com a estrutura etária dos rebanhos de cada invernação.

A análise da vida produtiva das matrizes do rebanho de cria permite o entendimento das consequências a tomada de decisão na introdução de tecnologias em diferentes estágios

de vida destas e, conseqüentemente, do desempenho produtivo do rebanho como um todo (GIBON et al., 1999). O descarte de vacas e novilhas é importante para a eficiência econômica da atividade de cria (ABREU et al., 2003); conseqüentemente, a estrutura etária do rebanho de cria, em conjunto com o desempenho individual de cada matriz, deve ser manejada de forma harmônica, com vistas na sustentabilidade econômica da atividade (FRASIER, et al., 1994).

#### **4.5. Conclusões**

Em razão da introdução de tecnologias, especialmente da estação de monta, a identificação e o descarte de novilhas e de matrizes improdutivas tornaram-se mais dinâmicos, o que diminuiu a média de idade das vacas no rebanho e a média de idade de descarte destas. Conseqüentemente, houve necessidade de aumentar o controle de desempenho individual das vacas e novilhas de reposição, pois a taxa de descarte anual tornou-se maior, haja vista a necessidade de maior número de novilhas para reposição.

A realização de estudos adicionais que utilizem simulações e que considerem diferentes critérios de descarte, em conjunto com avaliações individuais de desempenho durante a vida produtiva de matrizes em sistemas extensivos, permitirá a análise econômica da eficiência de cada estratégia a ser adotada, especialmente em relação à estrutura etária das vacas de cria do rebanho.



## **Agradecimento**

O autor deste trabalho agradece aos professores Drs. Richard Conner e James Richardson, do Department of Agricultural Economics da Texas A&M University, College Station, Texas, USA, por disponibilizarem, para utilização acadêmica, o programa SIMETAR.

## **4.6. Referências bibliográficas**

- ABREU, U. G. P. de; CEZAR, I. M.; TORRES, R. de A . 2003. Análise Bioeconômica da Introdução de Período de Monta no Sistema de Produção de Rebanhos de Cria na Região do Brasil Central. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, p. 1198-1206.
- ABREU, U. G. P.; MORAES, A. S.; SEIDEL, A . F. 2001. Tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentado da bovinocultura de corte no Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 31p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 24).
- ABREU, U.G.P. de; SEIDL, A.; LOUREIRO, J.M.F.; MORAES, A.S.; COMASTRI FILHO, J.A. 1997. Desempenho produtivo de vacas aneloras no Pantanal - sub-região da Nhecolândia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997. Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.292-294.
- AZZAM, S.M.; AZZAM, A. M.; NIELSEN, M.K.; KINDER, J. E. 1990. Markov chains as shortcut method to estimate age distributions in herds of beef cattle under different culling strategies. Journal of Animal Science, v. 68, p. 5-14.

- CADAVID GARCIA, E.A. 1986. Análise técnico-econômica da pecuária bovina do Pantanal. Sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1986. 92p.il. (EMBRAPA-CPAP, Circular Técnica, 15).
- CARTWRIGHT, T. C.; FITZHUGH, H. A.; LONG, C.R. 1975. Systems analysis of sources of genetics and environmental variation in efficiency of beef production: Mating plans. *Journal of Animal Science*, v. 40, p. 433-443.
- CEZAR, I. M. 2001. Racionalização de investimentos em pastagens: uma abordagem sistêmica no processo decisório. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2001. p 351-369.
- COSTA, S. C. da 2003. Modelos lineares generalizados mistos para dados longitudinais. Piracicaba: ESALQ-USP, 2003, 110p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 2003.
- DEMÉTRIO, C. G. B. 2001. Modelos lineares generalizados em experimentação agrônômica. Ed. ESALQ-USP. 46º Reunião Anual da RBRAS, 9º SEAGRO, Piracicaba, SP. 113 p.
- DIGGLE, P. J.; HEAGERTY, P.; LIANG, K. Y.; ZEGER, S. L. 2002. Analysis of longitudinal data. Oxford University Press. 379 p.
- ETIENNE, S. E.; MARTIN, T.G. 1979 Secondary selection differentials for cows productivity traits associated with seven criteria of selecting replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*, v. 49, p. 26-36.
- EUCLIDES FILHO, K. 2000. Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo – ambiente–mercado. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 61 p.il. (Embrapa Gado de Corte, Documentos, 85).
- FITZHUGH, H. A.; LONG, C.R.; CARTWRIGHT, T. C. 1975. Systems analysis of sources of genetics and environmental variation in efficiency of beef production: Heterosis and complementarity. *Journal of Animal Science*, v. 40, p. 421-432.
- FONSECA, V.O. da 1982. Reprodução em bovinos (fatores que influenciam a eficiência reprodutiva). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n. 89, p. 70-80.
- FRASIER, W. M.; PFEIFFER, G. H. 1994. Optimal replacement and management policies for beef cattle. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 76, p. 847-858.

- GIBON, A .; SIBBALD, A . R.; FLAMANT, J.C.; LHOSTE, P.; REVILLA, R.; RUBINO, R.; SORENSEN, J.T. 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Systems*, v. 61, p. 121-137.
- GREER, R. C.; WHITMAN, R.W.; WOODWARD, R. R. 1980. Estimation of probability of beef cows being culled and calculation of expected herd life. *Journal of Animal Science*, v. 51, p. 10-19.
- LIANG, K. Y.; ZEGER, S. L. 1986. Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika*, n. 73 , p. 13-22.
- LONG, C.R.; CARTWRIGHT, T. C.; FITZHUGH, H. A. 1975. Systems analysis of sources of genetics and environmental variation in efficiency of beef production: Cow size and herd management. *Journal of Animal Science*, v. 40, p. 409-420.
- McCULLAGH, P.; NELDER, J.A. 1989. *Generalized Linear Models*. 2° ed. Chapman & Hall. 511 p.
- MORAES A.S.; COMASTRI FILHO, J. A. 2003. Gerência e administração. In: Cardoso, E.L. (Ed. Tec.) Gado de corte no Pantanal. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Corumbá:Embrapa Pantanal. 2003. p.22-38. (Coleção 500 Perguntas - 500 Respostas).
- NEUPANE, R. P.; SHARMA, K.R.; THAPA, G.B. 2002. Adoption of agroforestry in the hills of Nepal: a logistic regression analysis. *Agricultural Systems*, n. 72, p. 177-196.
- POTT, E.B.; CATTO, J.B.; BRUM, P.A.R.de 1989. Períodos críticos de alimentação para bovinos em pastagens nativas, no Pantanal Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.11, p.1427-1432.
- RICHARDSON, J. W.; SCHUMANN, K; FELDMAN, P. 2003. SIMETAR-Simulation for Excel To Analyze Risk. Ed. Agricultural and Food Policy Center, Texas A & M University. College Station, Texas, USA, 2003. 60p.
- ROHRER, G. A.; BAKER, J. F.; LONG, C. R.; CARTWRIGHT, T. C. 1988. Productive longevity of first-cross cows produced in a five-breed diallel: I – Reasons for removal. *Journal of Animal Science*, v. 66, p. 2826-2835.
- SANTOS, S. A. 2001. Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Botucatu: UNESP, 2001,



190 p. Dissertação ( Doutoramento em Zootecnia ) – Universidade Estadual Paulista, SP, 2001.

SAS, 1999 Software: version 8.0 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SCHONS, D.; HOHENBOKEN, W. D.; HALL, J. D. 1985. Population analysis of a commercial beef cattle herd. *Journal of Animal Science*, 61: 44-54.

STOKES, M. E.; DAVIS, C.S.; KOCH, G.G. 2000. *Categorical Data Analysis Using SAS System*. Segunda edição, Cary, NC: SAS Institute Inc., 626p.

TANIDA, H.; HOHENBOKEN, W. D.; De NISE, S. K. 1988. Genetic aspects of longevity in angus and Hereford cows. *Journal of Animal Science*, v. 66, p. 640-647.

VALLE, E. R. do; CORRÊA, A . N. S.; FIGUEIREDO, G. R.; ENCARNAÇÃO, R. de O .; PIRES, P. P.; BIANCHI, I.; SCHENK, J. A . P.; VIEIRA, J. M. 1996. Fase de cria – Manejo reprodutivo do rebanho, criação de bezerros. In: *Gado de Corte 500 perguntas 500 respostas*. Embrapa, CNPGC. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 208p. il.

## 5. CAPÍTULO III

### 5.1. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. III – Análise de eficiência.

**Resumo – Em um sistema de produção podem-se identificar dois tipos de eficiência: técnica e econômica. A técnica é ligada ao aspecto físico da produção, enquanto a econômica, ao aspecto monetário. A ligação reside no fato de que, para que um sistema seja economicamente eficiente, é necessário que possua eficiência técnica. A metodologia de análise envoltória de dados (DEA) foi utilizada na análise da eficiência do sistema de produção, no qual foram implantadas tecnologias ao longo de oito anos (1995-2002). As informações sobre dez categorias de gastos com insumos (inputs) e uma categoria de produto (output) foram consideradas. Foi utilizada a técnica multivariada de componentes principais, com o objetivo de diminuir o número das variáveis de input. Os insumos “sal mineral/vacinas/medicamentos”, “mão-de-obra e encargos sociais” e “investimentos” apresentaram correlação significativa ( $p < 0,01$ ) com os três primeiros componentes principais, que explicaram 91,6% da variância total. As eficiências verificadas nos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 e 2002, respectivamente, foram, para os modelos de retorno constante à escala (CCR), de 0,8290, 0,6571, 1, 0,5390, 0,7990, 0,8010, 1 e 0,9291; e de retorno variável à escala (BCC), 0,8841, 0,7460, 1, 0,6350, 0,8530, 0,9342, 1 e 1. Os anos de 1997 e 2001 foram os de maior eficiência relativa, razão de serem considerados de máxima eficiência técnica. Os anos ineficientes foram decorrentes de receitas crescentes ou decrescentes à escala, ou seja, o produtor investiu de maneira não eficiente, razão da necessidade de equacionar melhor os gastos com determinados insumos, especialmente no item “investimentos”.**

Palavras chaves: **bovino de corte, sistema de produção, análise envoltória de dados, eficiência.**

## CHAPTER III

### **Evaluation of technology introduction in a beef cattle production system in Pantanal wetlands. 3 – Analysis of efficiency.**

**Abstract:** In a production system two types of efficiency can be identified: technical and economical. The technical efficiency is linked with the physical aspects of production, and the economical efficiency with the economical aspects. The link for a system to be economically efficiency it should have maximum technical efficiency. The data envelopment analysis (DEA) was used to analyze the efficiency of the production system. During eight years (1995 to 2002) technologies were adopted in a ranch. Ten input and one output were used to evaluate the production system efficiency. The principal component analysis was utilized to determine the most important input (“mineral salt/ vaccine/medication”; “workforce and social security” and “investment”) with significant correlation ( $p < 0,01$ ), with the three first components that explained 91.6% total variation. The efficiency calculated with DEA for 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 and 2002 were for constant returns to the scale (CCR) 0.8290, 0.6571, 1, 0.5390, 0.7990, 0.8010, 1 and 0.9291; and for variable returns to scale (BCC) 0.8841, 0.7460, 1, 0.6350, 0.8530, 0.9342, 1 and 1, respectively. The years 1997 and 2001 were considered as of maximum technical efficiency. The inefficient years were due to the increasing returns to scale or the decreasing returns to scale. Therefore, the rancher did not invest efficiently. The input “investment” should be more adjusted to the other inputs.

**Key words:** beef cattle, production system, data envelopment analysis (DEA), efficiency.

## **5.2. Introdução**

Apesar da grande deficiência de informação sobre o desempenho da bovinocultura de corte no Brasil, sua grande importância para o agronegócio é inquestionável. Atualmente, a atividade é responsável por cerca de 47% do total da produção brasileira de carnes, sendo desenvolvida em quase todos os municípios brasileiros, por meio de diferentes sistemas de produção e grande variabilidade nos níveis de produtividade (BLISKA e GONÇALVES, 1998).

O processo de tomada de decisão do produtor rural é complexo e, quase sempre, marcado por múltiplos objetivos, podendo ocorrer alguns que não são de natureza econômica (CEZAR et al., 2000). Entretanto, a decisão do pecuarista será sempre guiada pela insatisfação com a situação atual de sua atividade como negócio. Diante do quadro que se apresenta, pode-se afirmar que aumentar os desempenhos produtivo e econômico da atividade constitui, hoje, o objetivo mais importante das decisões (CEZAR, 2001), dada a demanda, cada vez crescente, de produzir de forma econômica, eficaz, eficiente e competitiva. Tal exigência leva à tendência de intensificação, o que não quer dizer que esta seja total e no mesmo nível nas diversas regiões (EUCLIDES FILHO, 2000).

A melhoria da eficiência poderá ser alcançada pelos sistemas de produção de gado de corte, de diversas maneiras, dentre elas, pelo desenvolvimento de sistemas especializados, em diferentes fases da pecuária. Entretanto, qualquer que seja a situação, a utilização de tecnologia será responsável por incrementos importantes nos índices zootécnicos dos rebanhos (EUCLIDES FILHO, 2000). Ao analisar como um sistema opera, torna-se necessário conhecer seus elementos, qualificando-os e quantificando-os. Esta análise permite a gestão destes para melhorar a eficiência como um todo (CASTRO et al., 1998).

Em um sistema de produção, podem-se identificar dois tipos de eficiência: técnica e econômica (GOMES, 1999). Determinado sistema de produção poderá ser considerado tecnicamente eficiente, se não existir outro que consiga alcançar o mesmo nível de produção, ao utilizar quantidade inferior ou igual de insumo. A

eficiência econômica será alcançada, se não existir outro sistema de produção alternativo que produza a mesma quantidade, a menor custo ou com maior lucro.

A eficiência técnica é ligada ao aspecto físico da produção, enquanto a econômica, ao aspecto monetário. A junção reside no fato de que, para que um sistema seja economicamente eficiente, é necessário que haja eficiência técnica (GOMES, 1999).

A pecuária de corte, no Pantanal, é desenvolvida em criatórios naturais extensivos, cujas características de manejo são pautadas no regime de enchentes (POTT et al., 1989). Atualmente, há concentração dos produtores do Pantanal na atividade de cria, visto que a recria é feita em apenas novilhas de reposição. Nesse sistema, os principais produtos para comercialização são bezerros(as) desmamados(as), novilhas de recria (excedente), garrotes, tourunos (touro de descarte) e vacas boiadeiras (vacas de descarte) (ABREU et al., 2001).

Um indicador do desempenho de determinado sistema produtivo é a sua eficiência relativa. Ter conhecimento se determinado sistema de produção é eficiente ou ineficiente, identificando-se os motivos que provocaram a ineficiência, contribui para a definição de estratégias apropriadas que visem à solução do problema. A intenção de corrigir as causas que originaram a ineficiência norteará os planos para melhor aproveitamento dos recursos que são investidos na introdução e adaptação de tecnologias (ARZUBI e BERBEL, 2002).

Este trabalho objetivou, por meio da análise envoltória de dados (DEA), avaliar a eficiência da introdução de diferentes tecnologias no sistema de produção tradicional de cria extensiva do Pantanal, ao longo do tempo. O conhecimento da eficiência e a identificação das ineficiências no processo de introdução de tecnologias permitirão orientar decisões futuras que visem à melhoria da capacidade competitiva das propriedades no Pantanal.

### **5.3. Material e métodos**

## Tecnologias introduzidas

O trabalho foi desenvolvido em uma parte da fazenda Alegria (retiro Chatelodo), em área de 6.364 hectares, na sub-região da Nhecolândia, em Mato Grosso do Sul.

O manejo de gado no retiro Chatelodo, onde se efetuou a fase de cria, foi realizado por três peões residentes. A recria de machos e de fêmeas foi feita em outra parte da fazenda. As vacas e touros não foram identificados, e o descarte foi realizado sem maior controle. O manejo na propriedade resumia-se aos “trabalhos de gado” anuais, o primeiro em maio ou junho e o segundo, em novembro ou dezembro. Esses trabalhos são destinados a ferra, sinalar bezerros novos, castrar garrotes, vacinar, aparar a vassoura da cauda dos animais e outros, de acordo com a preferência de cada fazendeiro (MORAES e COMASTRI FILHO, 2003).

O projeto foi desenvolvido em cinco anos (maio de 1994 a maio de 1999), e as tecnologias foram implantadas, de forma paulatina, ao longo do trabalho de monitoramento, conforme descrito no Capítulo I.

À medida que eram introduzidas no retiro, as tecnologias eram implantadas em toda a Fazenda Alegria, sob administração direta do proprietário. Todos os custos de implantação (insumos - input) foram registrados, assim como as vendas de animais (produtos - output), sendo os dados econômicos registrados em conjunto, sem separação por unidade da propriedade. Dessa forma, as mudanças implantadas no sistema tradicional de produção foram estendidas a toda a propriedade. A modificação no sistema foi definitiva, e os dados econômicos continuaram sendo registrados mesmo após o término do trabalho de monitoramento. Assim, as coletas de dados econômicos foram efetuadas em oito anos (1995 a 2002).

As despesas com a propriedade são classificadas, tradicionalmente, em dez itens:

1. Sal mineral/vacinas/medicamentos;
2. Combustíveis;
3. Utensílios/ferramentas para atividade pecuária;
4. Gastos com impostos e escritório;
5. Manutenção de máquinas e veículos;
6. Mão-de-obra e encargos sociais;

7. Fretes para a propriedade;
8. Investimentos (aquisição de touros, trator, utilitários, etc.);
9. Viagem do proprietário à fazenda; e
10. Comissão de vendas (proprietário sempre comercializava os animais em leilões rurais).

As despesas foram corrigidas pela inflação, de acordo com o índice geral de preços (IGP) fornecido pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA). As receitas são advindas da venda das diferentes categorias de bovinos de corte no Pantanal, descritas por ABREU et al. (2001).

#### Análise envoltória de dados

A análise envoltória de dados (DEA) foi originalmente proposta por CHARNES et al. (1978), como metodologia para avaliação da eficiência relativa de unidades homogêneas que possuem autonomia na tomada de decisão (Decision Making Units – DMU). Os modelos DEA são baseados em amostra de dados observados em diferentes DMUs, os quais são de insumos e de produtos. O objetivo é construir um conjunto de referência convexo e então classificar as DMUs em eficientes ou ineficientes, tendo como referencial a superfície formada. De acordo com as pressuposições específicas de cada modelo, o conjunto referência terá determinada forma. Nessas pressuposições estão contidas as informações a respeito do tipo de retorno à escala. Desde a publicação do trabalho original, DEA tornou-se muito utilizada na análise da eficiência de vários tipos de organizações e situações (GOMES, 1999).

O modelo desenvolvido por CHARNES et al. (1978) é chamado de modelo com retornos constantes à escala (CCR), tendo sido reformulado por BANKER et al. (1984), que desenvolveram outro modelo, com o objetivo de possibilitar a análise, no caso de retornos variáveis à escala (BCC).

Na análise em que se utilizou DEA, formulou-se o modelo a ser usado, cuja resolução determinou a fronteira de produção como um envoltório nos dados, definindo, em cada DMU, se ela está, ou não, na fronteira de eficiência. A utilização da metodologia não requer especificação, de forma funcional, que relacione os dados, por ser uma técnica

não-paramétrica, o que permite a análise de retornos variáveis à escala (BCC) e a quantificação de eficiência da escala (ARZUBI e BERBEL, 2002).

DEA é uma técnica baseada em programação linear, que visa à mensuração do desempenho relativo de unidades organizacionais em que ocorre presença de múltiplos insumos e produtos relativamente homogêneos, causando dificuldade nas comparações. No caso simples, em que o processo de produção possui apenas um insumo e apenas um produto, a eficiência pode ser definida por

$$\text{Eficiência} = \text{Produto/Insumo} .$$

De forma geral, as organizações possuem grande número de entradas e de saídas, complexidade que pode ser incorporada na mensuração da eficiência, pela seguinte definição:

$$\text{Eficiência} = \text{Soma ponderada dos produtos/Soma ponderada dos insumos}.$$

Essa definição requer uma série de pesos que são difíceis de serem estimados, particularmente se uma série de pesos iguais necessitar ser aplicada a grande número de unidades organizacionais com diferentes características. Esse problema pode ser resolvido pela definição de que cada unidade individual pode possuir seu próprio sistema de valores e, conseqüentemente, definir seu próprio sistema de pesos para ponderação (BOUSSOFIANE et al., 1991).

Segundo COELLI (1996) e GOMES (1999), uma pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se dada DMU fosse capaz de produzir  $Y(A)$  unidades de produto, utilizando-se  $X(A)$  unidades de insumos, outras DMUs poderiam fazer o mesmo, caso elas estivessem operando eficientemente. Da mesma forma, se outra DMU fosse capaz de produzir  $Y(B)$  unidades de produto, utilizando-se  $X(B)$  insumos, então outras DMUs poderiam fazer o mesmo esquema de produção. Caso as duas DMUs fossem eficientes, poderiam ser combinadas para formação de uma DMU composta que utilizaria combinação de insumos para produzir combinação de produtos. Se esta DMU composta não existisse, ela poderia ser denominada DMU virtual. A metodologia DEA consiste em encontrar a



melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. No caso de a DMU virtual ser melhor que a DMU original, ou de produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou de produzir a mesma quantidade com menos insumos, a DMU original seria ineficiente.

CHARNES et al. (1978) propuseram que a eficiência da unidade  $j_0$  poderia ser avaliada pela solução do seguinte modelo:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}}, \quad (\text{M1})$$

sujeito a :

$$\frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall \quad r \text{ e } i,$$

em que

$y_{rj}$  = total de produtos  $r$ , oriundo da unidade produtiva  $j$ ;

$x_{ij}$  = total de insumos  $i$ , oriundo da unidade produtiva  $j$ ;

$u_r$  = peso dado aos insumos  $r$ ;

$v_i$  = peso dado aos produtos  $i$ ;

$n$  = número de unidades produtivas;

$t$  = número de produtos;

$m$  = número de insumos; e

$\varepsilon$  = número pequeno e positivo (tolerância).

Na solução desse modelo, a eficiência da unidade  $j_0$  é maximizada, sujeita à restrição de que as medidas de eficiência de todas as outras unidades produtivas sejam menores ou iguais a um. A característica-chave do modelo acima é que os pesos  $u_r$  e  $v_i$  são tratados como incógnitas e foram então escolhidos para que a eficiência de  $j_0$  fosse maximizada. Se a eficiência de  $j_0$  for igual a 1, será considerada eficiente em relação a outras unidades produtivas; caso contrário, será ineficiente. No caso de uma unidade ser ineficiente, a solução identificaria unidades eficientes correspondentes que formam um grupo de referência (benchmark) para unidades ineficientes (BOUSSOFIANE et al., 1991).

O modelo DEA descrito é um modelo linear fracionário, mas pode ser convertido na forma linear, de maneira que os métodos de Programação Linear possam ser aplicados. O modelo, na forma de Programação Linear, é mostrado abaixo:

$$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0} \quad , \quad (\text{M2})$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0,$$

$$j = 1, \dots, n,$$

$$-u_r \leq -\varepsilon, \quad r = 1, \dots, t,$$

$$-v_i \leq -\varepsilon, \quad i = 1, \dots, m.$$

A linearização da função objetivo permite reconhecer que, durante a maximização, a razão (magnitudes relativas do numerador e denominador) é o fator importante na análise, e não seus valores iniciais. Dessa forma, no modelo (M2), o denominador é igual a uma constante (arbitrariamente 1, nesta notação), sendo o numerador maximizado. O modelo é aplicado a cada unidade, com o objetivo de obtenção, uma a uma, das medidas de eficiência. A solução é computacionalmente facilitada, pois a maioria das restrições é a mesma para diferentes unidades produtivas.

Atualmente, para calcular a eficiência relativa de uma DMU, resolve-se o problema dual, modelo que pode ser descrito no caso de retornos constantes à escala (CCR), de acordo com a notação de COELLI (1996) e ARZUBI e BERBEL (2002), da seguinte maneira:

$$\text{Min } \theta, \lambda \theta \quad , \quad (\text{M3})$$

sujeito a:

$$-y + Y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_j - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

em que

$y$  = produto da DMU sob análise;  
 $x$  = insumo da DMU sob análise;  
 $X$  = matriz de insumos  $K \times N$ ;  
 $Y$  = matriz de produtos  $M \times N$ ;  
 $\theta$  = é uma escalar que multiplica os vetores dos insumos;  
 $\lambda$  = é um vetor  $N \times 1$  de constantes que multiplica a matriz de insumos e produtos; e  
 $N$  = número de DMUs.

O modelo dual permite a análise da eficiência relativa, fornecida nos casos em que existam folgas (slacks) ou reduções não-radiais nos insumos. Para que uma DMU seja considerada tecnicamente eficiente,  $\theta$  será igual a um e as folgas, iguais a zero. O problema linear deve ser resolvido  $N$  vezes, obtendo-se, para cada iteração, a eficiência relativa de cada DMU.

BANKER et al. (1984) desenvolveram importante extensão do modelo DEA com retornos constantes à escala (CCR). Esses autores modificaram o modelo linear, de maneira a incorporar restrição de convexidade ( $N1'\lambda=1$ ), o que permitiu a análise de receitas variáveis à escala (BCC). O modelo é descrito da seguinte maneira:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta, \quad (M4)$$

sujeito a:

$$-y + Y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

em que

$N1$  = vetor unitário.

Essa modificação permitiu a decomposição da eficiência técnica em duas: a pura e a de escala. Para tal, deve-se resolver o problema linear por meio dos dois modelos (M3 e M4) descritos; se houver diferença entre as duas soluções em uma DMU em particular, a DMU possuirá ineficiência de escala, e o valor da ineficiência será a razão entre os valores encontrados nos modelos CCR e BCC.

A eficiência técnica pura coincide com a solução do modelo BCC. A ineficiência de escala origina-se da produção em nível deficiente de escala. O nível ótimo de escala é

considerado, o que é obtido nas comparações com as DMUs eficientes ( $CCR = 1$ ). A eficiência técnica global é produto das duas eficiências (técnica pura e escala), e sua medição coincide com o modelo CCR.

O modelo DEA pode ter duas orientações, com vistas em otimizar a combinação de insumos (modelo insumo orientado) para produção de produtos, ou otimizar a produção de produtos (modelo produto orientado); diferenças e detalhes da metodologia podem ser vistos em COELLI (1996) e GOMES (1999).

A interpretação das ineficiências depende do modelo, insumo ou produto orientado. O primeiro permite conhecer qual a proporção de insumos que foi transformada em produtos nas diferentes DMUs, enquanto o segundo permite inferir o quanto foi incrementado de produto em todas as DMUs eficientes (ARZUBI e BERBEL, 2002). Um indicador interessante, que visa diferenciar a ineficiência de escala de uma DMU, poderá ser calculado para verificar se a DMU está operando com retornos decrescentes à escala (drs) ou numa área de retornos crescentes em escala (irs). Para tal, deve-se substituir a restrição  $NI'\lambda = 1$  por  $NI'\lambda \leq 1$ . Dessa forma, incorpora-se, nas restrições, a impossibilidade de receitas crescentes à escala; se o novo valor obtido, ao executar a análise, for igual ao obtido no modelo BCC, a DMU estará operando no setor das curvas de receitas decrescentes à escala; caso contrário, a DMU estará operando no setor de receitas crescentes à escala. Logicamente, as DMUs nas quais os resultados dos modelos BCC e CCR são iguais possuem escala ótima e não são consideradas nesta classificação.

Os dados econômicos de cada ano (1995-2002), levantados in loco com o proprietário, foram considerados em uma DMU, pois, ao longo do tempo, as tecnologias foram paulatinamente introduzidas no sistema extensivo tradicional da região (ABREU et al., 2000), sendo o manejo ajustado às características de comercialização, de mão-de-obra e de ambiente do Pantanal (MORAES e COMASTRI FILHO, 2003). Foi utilizado o programa DEAP, versão 2.1 (COELLI, 1996), na resolução dos problemas lineares da análise DEA.

No Apêndice B são apresentados os dados utilizados, e a forma de utilização do programa DEAP versão 2.1, para os modelos de BCC e CCR.

Tendo em vista que as tecnologias desenvolvidas visaram ao aumento da produção, o modelo de DEA utilizado foi multiestágio de programação, orientação produto com

retornos constantes à escala (CCR) e com retornos variáveis à escala (BCC), de acordo com o descrito por COELLI (1996) e GOMES (1999).

A escolha das quantidades dos insumos e produtos pode afetar a discriminação das DMUs, em relação à análise de eficiência (BOUSSOFIANE et al., 1991). A soma do número de produtos e insumos deve ser menor, comparativamente, do que o número de DMUs, devido à flexibilidade na escolha dos pesos para determinação da eficiência de cada DMU, individualmente. Na procura da solução eficiente, as DMUs podem ser alocadas, quase todas, em um único insumo e produto, no caso de as variáveis escolhidas possuírem correlação alta, não havendo discriminação da eficiência destas. A DMU com alta razão de insumo/produto pode atribuir sua ponderação a todos os pesos de todas as DMUs, o que resulta no surgimento de grande número de DMUs eficientes. Geralmente, é aplicada a seguinte expressão para verificar o total de número de insumos e produtos:  $(m+s) < N / 3$ , em que  $m$  é número de insumos;  $s$ , número de produtos; e  $N$ , número de DMUs (FRIEDMAN e SINUANY-STERN, 1998).

Diferentes autores desenvolveram metodologias que visavam à redução do número de insumos e produtos das DMUs, sobretudo as que abordavam técnicas multivariadas (SENGUPTA, 1990; FRIEDMAN e SINUANY-STERN, 1998; ZHU, 1998; ADLER e GOLANY, 2001; JENKINS e ANDERSON, 2003).

A técnica multivariada de componentes principais (CP), por meio da análise da estrutura de (co)variância de uma série de variáveis, estima combinações lineares destas, com o objetivo de reduzir a quantidade de dados e a dimensionalidade, além de facilitar a interpretação das relações entre as diferentes variáveis (JOHNSON e WICHERN, 1999). Componentes principais é uma das mais utilizadas técnicas de análise exploratória multivariada (KHATTREE e NAIK, 2000), sendo empregada nas mais diferentes situações e áreas do conhecimento.

ZHU (1998) e ADLER e GOLANY (2001), ao utilizarem CP com vistas na diminuição de variáveis de insumos e produtos para análise de DEA, obtiveram resultados satisfatórios.

Com o objetivo de diminuir o número de insumos na análise de DEA, foi utilizada a técnica de componentes principais. Com os componentes principais que explicaram 90% da variação total das informações, foi calculada a correlação univariada entre as variáveis e os

componentes. As variáveis, cujas estimativas tiveram correlações altamente significativas ( $p < 0,01$ ) com os componentes, foram utilizadas como variáveis de insumo, na análise de DEA.

Segundo JOHNSON e WICHERN (1999), embora as correlações entre as variáveis e os componentes, freqüentemente, auxiliem na interpretação, elas apenas mensuram a contribuição univariada da variável X para o componente Y, não indicando a importância de X para Y, na presença de outros Xs. Entretanto, na prática, variáveis com coeficientes grandes (em valores absolutos) tendem a ter correlações altas, sendo os resultados freqüentemente iguais. Esses autores recomendaram verificar ambos (coeficientes e correlações), no momento da interpretação dos resultados.

Utilizaram-se os procedimentos PRINCOMP e CORR na análise de componentes principais e de correlação, do pacote estatístico SAS (SAS, 1999).

#### 5.4. Resultados e discussão

Observam-se, na Tabela 1, os itens e totais de despesas e receitas ao longo do período de 1995-2002, no qual as tecnologias foram implantadas e as atividades, monitoradas.

Observa-se que, no sistema de criação extensivo analisado, o item custo da “mão-de-obra e encargos sociais” foi o de maior importância relativa para o custo total, no período analisado.

Tabela 1 – Itens e totais (em reais) de despesas e de receitas, no período de 1995 a 2002, da fazenda Alegria

| Itens | 1995     | 1996     | 1997     | 1998     | 1999     | 2000     | 2001     | 2002     |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| S/V/M | 14585,13 | 21018,61 | 25067,15 | 21407,97 | 17908,96 | 27818,89 | 18157,07 | 14163,94 |

|                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| CO             | 5960,63         | 9312,79         | 10380,76        | 11035,74        | 7270,36         | 10397,15        | 9121,98         | 8719,73         |
| U/F            | 3824,28         | 7443,51         | 3931,77         | 6320,55         | 4229,96         | 4732,74         | 3968,57         | 4253,64         |
| I/E.           | 8119,47         | 24598,41        | 16407,13        | 16844,36        | 10743,99        | 18455,86        | 15988,86        | 8291,50         |
| M              | 24721,54        | 15411,14        | 20105,39        | 23318,67        | 9938,13         | 22641,78        | 13014,72        | 12303,63        |
| MO/ES          | 41011,69        | 53144,54        | 54983,29        | 63001,42        | 42677,23        | 73320,48        | 46763,06        | 39025,15        |
| F              | 3740,35         | 5214,44         | 6366,00         | 6596,00         | 5554,17         | 4950,82         | 3165,70         | 3706,61         |
| I              | 28122,15        | 30860,67        | 8347,92         | 36640,94        | 32004,29        | 16079,64        | 15308,10        | 20458,27        |
| V              | 5477,92         | 4255,31         | 4525,07         | 2553,25         | 2611,68         | 5286,20         | 5797,54         | 4253,14         |
| CV             | 9753,44         | 694,11          | 9367,43         | 10829,84        | 10446,03        | 18769,31        | 18286,62        | 12393,75        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>145316,6</b> | <b>171953,5</b> | <b>159481,9</b> | <b>198548,7</b> | <b>143384,8</b> | <b>202452,9</b> | <b>149572,2</b> | <b>127569,4</b> |
| <b>RECEITA</b> | <b>262280,6</b> | <b>293753,1</b> | <b>293612,7</b> | <b>250008,4</b> | <b>287100,6</b> | <b>367665,4</b> | <b>393617,9</b> | <b>285259,4</b> |

S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos; CO – combustíveis; U/F - utensílios/ferramentas; I/E - impostos e escritório; M –manutenção de máquinas; MO/ES – mão-de-obra e encargos sociais; F – fretes; I – investimentos; V - viagem do proprietário para a fazenda; CV-comissão de vendas.

Os percentuais dos itens de despesas, em relação aos totais dos gastos ao longo dos anos, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Percentuais dos itens de despesas, em relação ao total de despesa, no período de 1995 a 2002, da fazenda Alegria

| Itens        | 1995         | 1996         | 1997         | 1998         | 1999         | 2000         | 2001         | 2002         |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| S/V/M        | 10,04 %      | 12,22 %      | 15,72 %      | 10,78 %      | 12,49 %      | 13,74 %      | 12,14 %      | 11,10 %      |
| CO           | 4,10 %       | 5,42 %       | 6,51 %       | 5,56 %       | 5,07 %       | 5,13 %       | 6,10 %       | 6,83 %       |
| U/F          | 2,63 %       | 4,33 %       | 2,46 %       | 3,18 %       | 2,95 %       | 2,34 %       | 2,65 %       | 3,33 %       |
| I/E.         | 5,59 %       | 14,30 %      | 10,29 %      | 8,48 %       | 7,49 %       | 9,11 %       | 10,69 %      | 6,50 %       |
| M            | 17,01 %      | 8,96 %       | 12,61 %      | 11,74 %      | 6,93 %       | 11,18 %      | 8,70 %       | 9,64 %       |
| MO/ES        | 28,22 %      | 30,91 %      | 34,47 %      | 31,73 %      | 29,76 %      | 36,21 %      | 31,26 %      | 30,59 %      |
| F            | 2,57 %       | 3,03 %       | 3,99 %       | 3,32 %       | 3,87 %       | 2,44 %       | 2,12 %       | 2,90 %       |
| I            | 19,35 %      | 17,95 %      | 5,23 %       | 18,45 %      | 22,32 %      | 7,94 %       | 10,23 %      | 16,04 %      |
| V            | 3,77 %       | 2,47 %       | 2,84 %       | 1,28 %       | 1,82 %       | 2,61 %       | 3,87 %       | 3,33 %       |
| CV           | 6,71 %       | 0,40 %       | 5,87 %       | 5,45 %       | 7,28 %       | 9,27 %       | 12,22 %      | 9,71 %       |
| <b>TOTAL</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b> |

S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos; CO – combustíveis; U/F - utensílios/ferramentas; I/E - impostos e escritório; M –manutenção de máquinas; MO/ES – mão-de-obra e encargos sociais; F – fretes; I – investimentos; V - viagem do proprietário para a fazenda; CV-comissão de vendas.

Na Tabela 3, observam-se os três componentes principais (CPs) e os respectivos autovalores, que explicaram 91,6% da variância total do conjunto total de dados. Os autovalores do primeiro, do segundo e do terceiro componentes explicaram 52,9%, 28,8% e 9,8%, respectivamente, da variância total. Verifica-se que os coeficientes das variáveis “mão-de-obra e encargos sociais” e “investimentos” foram os que tiveram mais peso, no primeiro e no segundo componente principal, respectivamente.

Tal resultado era esperado, pois, com a introdução paulatina de tecnologias na fazenda, a mão-de-obra é considerada um dos pontos de estrangulamento na melhoria da eficiência produtiva na região (CADAVID GARCIA, 1986). Procurou-se diminuir a rotatividade que ocorre na mão-de-obra, visando manter, na propriedade, os peões que melhor se adaptaram ao sistema de coleta de informações e ao manejo dos rebanhos de cria, de forma diferente da tradicionalmente realizada. Tendo em vista que o proprietário não reside na fazenda, toda atividade de manejo dos rebanhos fica a cargo do encarregado, chamado de capataz pelos moradores da região.

Com a introdução de tecnologias, o produtor realizou investimentos, destacando-se reforma de cercas, poços de draga, aquisição de utilitários, obras nos currais e residências da propriedade. Os itens diretamente ligados à introdução de tecnologias foram a reforma de cercas e a construção de poços de draga, pois, com a intensificação de manejo, fizeram-se a separação dos animais com mais eficiência e a melhor distribuição, nas invernadas, de poços de água.

Tabela 3 – Três primeiros componentes principais de insumos e autovalores

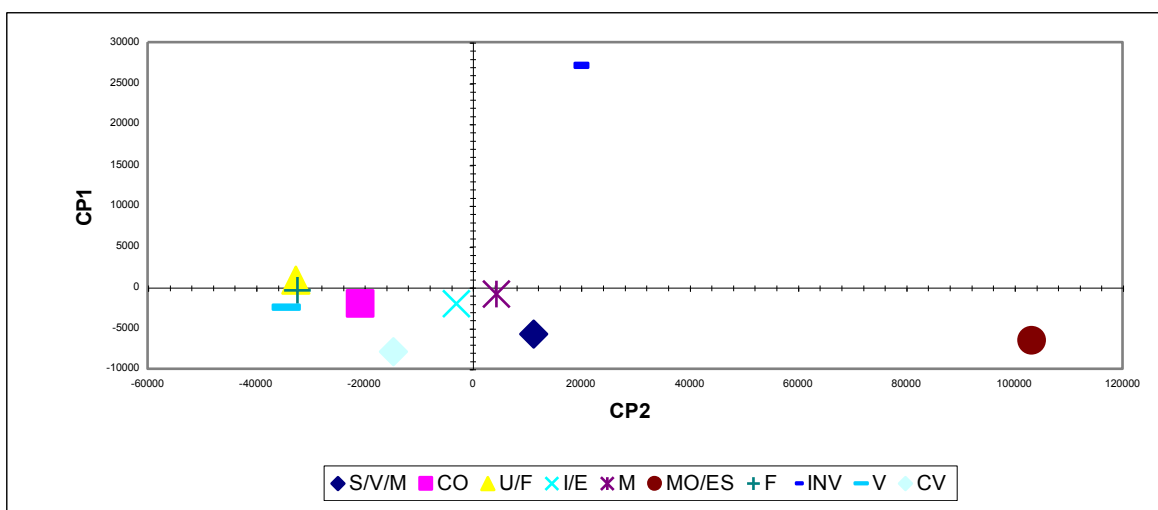
|                   |              |              |             |
|-------------------|--------------|--------------|-------------|
| Autovalor         | 193550825,00 | 105485069,00 | 35918032,00 |
| Diferença         | 88065756,00  | 69567037,00  | —           |
| Proporção         | 0,5293       | 0,2885       | 0,0982      |
| Propor. Acumulada | 0,529        | 0,817        | 0,916       |
| Variáveis         | CP1          | CP2          | CP3         |
| S/V/M             | 0,3263       | -0,0238      | -0,1553     |
| CO                | 0,0963       | -0,0017      | -0,0651     |
| U/F               | 0,0278       | 0,0994       | -0,1025     |
| I/E.              | 0,2689       | 0,1515       | -0,5934     |
| M                 | 0,2239       | 0,1081       | 0,4629      |
| MO /ES            | 0,8373       | 0,1976       | 0,1220      |



|    |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|
| F  | 0,0043  | 0,0548  | -0,0410 |
| I  | -0,2135 | 0,8999  | 0,2261  |
| V  | 0,0107  | -0,0758 | 0,0113  |
| CV | 0,1110  | -0,3119 | 0,5716  |

CP – Componente principal; S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos; CO – combustíveis; U/F - utensílios/ferramentas; I/E - impostos e escritório; M – manutenção de máquinas; MO/ES – mão-de-obra e encargos sociais; F – fretes; I – investimentos; V - viagem do proprietário para a fazenda; CV- comissão de vendas.

Na Figura 1, apresenta-se a dispersão dos dez itens de insumos em relação aos dois componentes principais que explicaram 82% da variância total.



CP – Componente principal; S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos; CO – combustíveis; U/F - utensílios/ferramentas; I/E - impostos e escritório; M – manutenção de máquinas; MO/ES – mão de obra e encargos sociais; F – fretes; INV – investimentos; V - viagem do proprietário para a fazenda; CV- comissão de vendas.

Figura 1 – Itens de insumos em relação aos dois primeiros componentes principais

Verifica-se que os itens “mão-de-obra e encargos sociais” e “investimentos” determinam, cada um, diferentes grupos. Os itens de insumo “sal mineral/vacinas/medicamentos” e “comissão de vendas”, provavelmente, formam dois grupos; enquanto os outros, um grupo único.

As correlações dos itens “mão-de-obra/encargos sociais”, “investimentos” e “sal mineral/vacinas/medicamentos” com os três primeiros componentes principais foram altamente significativas ( $p < 0,01$ ) (Tabela 4), sendo “sal mineral/vacinas/medicamentos” e “mão-de-obra e encargos sociais” correlacionados com o primeiro componente, e “investimentos”, com o segundo.

Tabela 4 – Correlações dos itens de insumos com os três primeiros componentes principais

|       | CP1<br>(estimativa da probabilidade)  | CP2<br>(estimativa da probabilidade) | CP3<br>(estimativa da probabilidade) |
|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| S/V/M | <b>0,9466</b><br><b>(0,0004)</b>      | -0,0511<br>(0,9043)                  | -0,1941<br>(0,6451)                  |
| CO    | 0,7848<br>(0,0211)                    | -0,0101<br>(0,9811)                  | -0,2287<br>(0,5858)                  |
| U/F   | 0,2921<br>(0,4826)                    | 0,7701<br>(0,0254)                   | -0,4631<br>(0,2478)                  |
| I/E.  | 0,6660<br>(0,0714)                    | 0,2770<br>(0,5066)                   | -0,6332<br>(0,0919)                  |
| M     | 0,5463<br>(0,1613)                    | 0,1948<br>(0,6439)                   | 0,4866<br>(0,2214)                   |
| MO/ES | <b>0,9802</b><br><b>(&lt; 0,0001)</b> | 0,1707<br>(0,6860)                   | 0,0615<br>(0,8849)                   |
| F     | 0,4716<br>(0,2381)                    | 0,4427<br>(0,2720)                   | -0,1932<br>(0,6466)                  |
| I     | -0,3010<br>(0,4688)                   | <b>0,9366</b><br><b>(0,0006)</b>     | 0,1373<br>(0,7457)                   |
| V     | 0,1214<br>(0,7746)                    | -0,6349<br>(0,0908)                  | 0,0551<br>(0,8969)                   |
| CV    | 0,2723<br>(0,5154)                    | -0,5646<br>(0,1448)                  | 0,6037<br>(0,1130)                   |

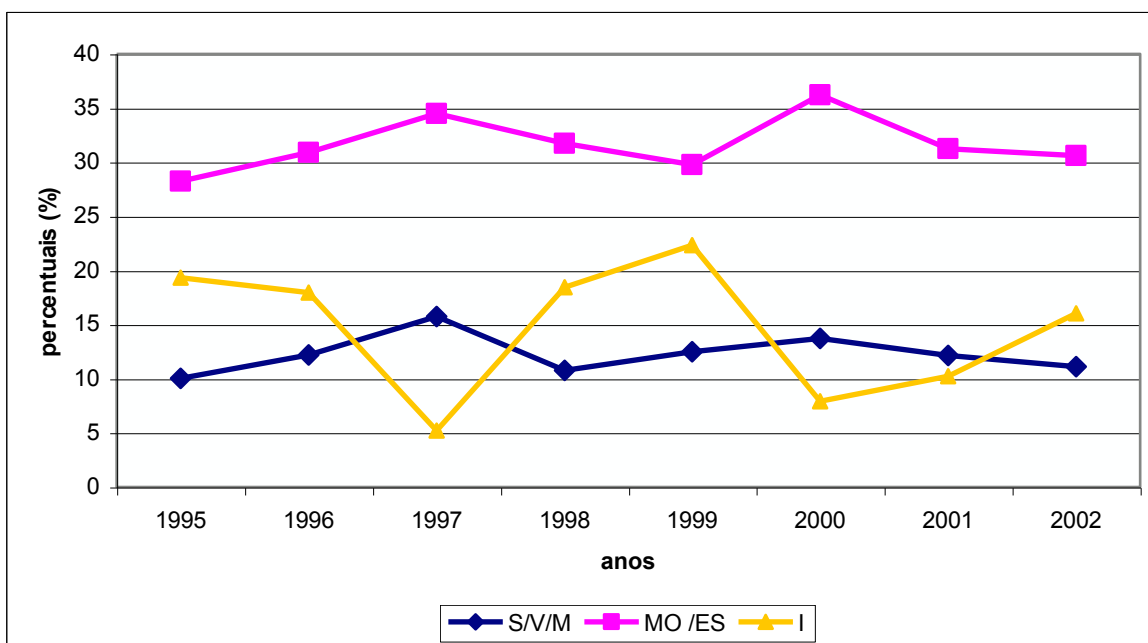
CP – Componente principal; S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos; CO – combustíveis; U/F - utensílios/ferramentas; I/E - impostos e escritório; M – manutenção de máquinas; MO/ES – mão-de-obra e encargos sociais; F – fretes; I – investimentos; V - viagem do proprietário para a fazenda; CV- comissão de vendas.

Em razão de os coeficientes de correlações, de Pearson, serem altos e significativos ( $p < 0,01$ ), os itens de insumos “mão-de-obra/encargos sociais” e “sal mineral/vacinas/medicamentos”, respectivamente estimados em 0,9466 e 0,9802, com o primeiro componente principal, que explicou, aproximadamente, 53% da variância total das informações, e o item “investimentos”, cuja correlação estimada foi de 0,9366, com o segundo componente principal, que explicou, aproximadamente, 30% da variância total, foram considerados os mais significativos na estimativa de eficiência e analisados como as características de insumos na análise envoltória de dados.

Os percentuais, em relação ao total de insumos das variáveis de insumo que fizeram parte da análise DEA, são mostrados na Figura 2. O item “sal mineral/vacinas/medicamentos” variou de 10,04% a 15,72%, ao longo dos anos (5,68 pontos percentuais). A utilização de sal mineral próprio para a região, conforme preconizado por POTT (1997), foi uma das tecnologias implantadas na propriedade, com prováveis impactos econômicos nas variáveis de insumos e de produtos. Os itens “mão-de-obra e encargos sociais” e “investimentos”, como esperado, com a introdução das tecnologias, variaram em amplitude, ao longo dos anos, em 7,99 (28,22% a 36,21%) e

17,09 (5,23% a 22,32%) pontos percentuais, respectivamente, especialmente este último, pois, para implantação de algumas tecnologias, foram necessários investimentos mais significativos, a exemplo da construção de cercas e da formação de pastagens para os touros em repouso sexual, após implantação da estação de monta na propriedade, no ano de 1997. Isso causou, ao longo do período analisado, picos de investimentos, que, por um lado, contribuíram para melhoria de infra-estrutura, nos anos subseqüentes e, por outro, no ano em que foi realizado o investimento, levou à menor eficiência da atividade.

O estudo da eficiência da implantação das tecnologias no sistema de produção, em termos de unidade monetária de insumos e produto, realizado ao longo do tempo (8 anos), na fazenda Alegria, é sumarizado na Tabela 5. Observa-se que a tendência, ao longo dos anos de implantação, foi de aumentos gradativos na eficiência tanto no modelo de retornos constantes à escala como no de retornos varáveis à escala.



S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos; MO/ES - mão-de-obra e encargos sociais; I - investimentos.

Figura 2 – Percentuais em relação ao total de insumos utilizados ao longo do tempo

Na Figura 3 é mostrada a tendência das eficiências, nos modelos CCR e BBC, ao longo do período analisado, de acordo com a visualização dos resultados sugeridos, para análise DEA, por EL-MAHGARY e LAHDELMA (1995).

Tabela 5 – Estimativa das eficiências por meio dos modelos de retornos constantes (CCR) e variáveis (BCC) à escala, no período de 1995 a 2002, na fazenda Alegria

| Ano   | CCR    | BCC    | Escala<br>CCR / BCC | Ineficiência de<br>escala |
|-------|--------|--------|---------------------|---------------------------|
| 1995  | 0,8290 | 0,8841 | 0,9381              | irs                       |
| 1996  | 0,6571 | 0,7460 | 0,8800              | drs                       |
| 1997  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000              | -                         |
| 1998  | 0,5390 | 0,6350 | 0,8480              | drs                       |
| 1999  | 0,7990 | 0,8530 | 0,9361              | irs                       |
| 2000  | 0,8010 | 0,9342 | 0,8581              | drs                       |
| 2001  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000              | -                         |
| 2002  | 0,9291 | 1,0000 | 0,9291              | irs                       |
| Média | 0,82   | 0,88   | 0,90                |                           |

drs – receitas decrescentes a escala; irs – receitas crescentes a escala.

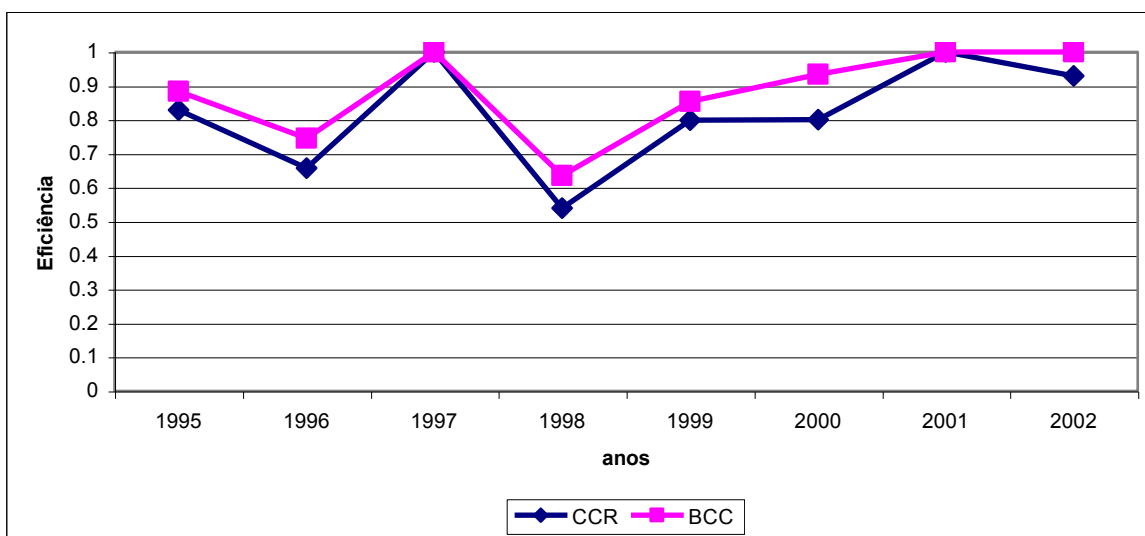


Figura 3 – Eficiência estimada pelos modelos de retornos constantes à escala (CCR) e retornos variáveis à escala (BCC), em relação ao período de acompanhamento

Observa-se, no resultado da metodologia DEA de retornos constantes à escala (CCR), que a eficiência técnica média encontrada foi de 0,82. O nível médio de ineficiência técnica, durante a implantação das tecnologias, foi de 0,18 ou 18% (1 - 0,82), ou seja, nos anos de 1996, 1998 e 2000, houve gastos com insumos que poderiam ser reduzidos sem comprometer o produto (receita com as vendas de bovinos). Nos anos de 1995, 1999 e 2002, os gastos com insumos poderiam ter sido aumentados, pois a receita foi maior.

Na Figura 4, verifica-se a regressão, com tendência positiva, de aumento da eficiência ao longo dos anos, tanto no modelo de retornos constantes (CCR) como no de retornos variáveis (BCC). Entretanto, os modelos de regressão não foram significativos ( $P > 0,05$ ), e os coeficientes de determinação foram iguais a 0,40 e 0,46, respectivamente.

Pressupondo retornos constantes à escala, as ineficiências podem ser decorrentes da escala de produção; caso contrário, consegue-se o modelo com retornos variáveis à escala (BCC). A eficiência média encontrada foi de 0,88; pelo modelo CCR, os mesmos anos considerados ineficientes também o foram pelo modelo BBC.

Os resultados indicam que nos anos de 1997 e 2001 não houve problemas de escala. Uma condição para que o ano apresente máxima eficiência técnica, no modelo CCR, é que sua eficiência técnica, quando na análise no modelo BCC, seja também máxima. Portanto, esses anos citados podem ser considerados de máxima eficiência técnica.

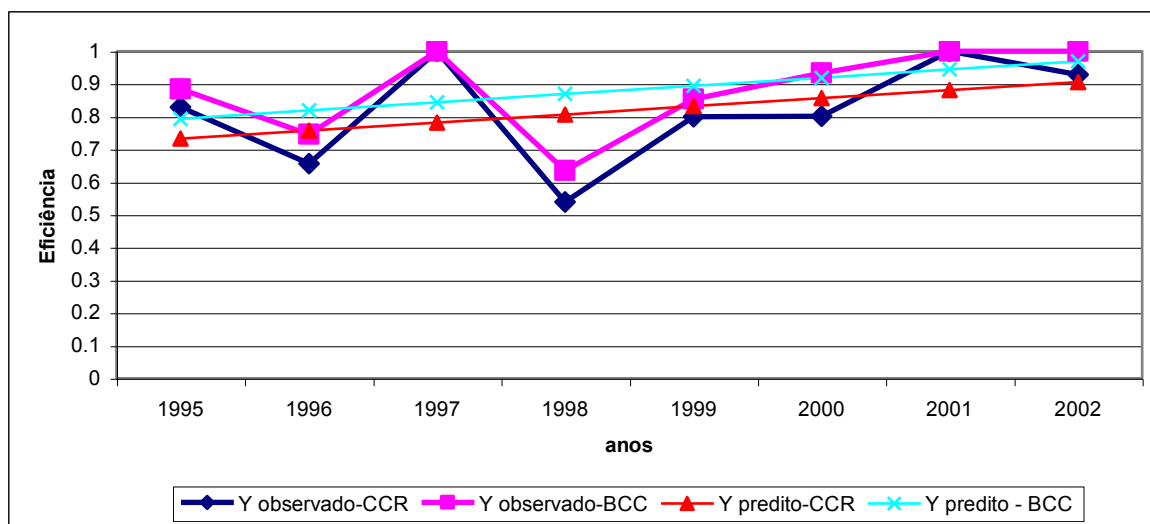


Figura 4 – Tendência de aumento da eficiência ao longo do período, utilizando-se o modelo de retornos constantes (CCR) e variáveis (BCC)

A medida de eficiência de escala é a razão entre as medidas de eficiência técnica, nos modelos com retornos constantes e com retornos variáveis; se a razão for igual a um, os insumos e os produtos de determinado ano serão manejados em escalas ótimas. Ao contrário, durante o ano, decisões de compra de insumos e vendas de produtos foram tecnicamente ineficientes, pois não foram manejados em escalas ótimas. Os anos de 1995, 1996, 1998, 2000 e 2002 apresentaram esse tipo de característica.

As médias das eficiências técnicas, pelos modelos CCR e BCC, foram de 0,82 e 0,88, respectivamente, o que indica que seis pontos percentuais, dos 18% de ineficiência técnica, são devidos à ineficiência de escala.

As ineficiências de escala foram consideradas do tipo de retornos crescentes (irs) e decrescentes (drs) à escala, nos anos de 1995, 1999 e 2002; e 1996, 1998 e 2000, respectivamente. Nos primeiros (irs), o produtor poderia ter inserido mais insumos no sistema de produção, o que aumentaria o volume do produto com conseqüente aumento da eficiência; nos anos com “drs”, haveria maior eficiência técnica, caso se reduzissem gastos com os insumos. Segundo GOMES (1999), a interpretação de variações na escala de produção, como tentativa de aumentar a eficiência técnica, não leva em consideração as mudanças tecnológicas na atividade do produtor, ou seja, variações no volume de produção podem ser acompanhadas por mudanças tecnológicas.

Na Figura 5, observa-se a eficiência estimada pelo modelo CCR, em relação ao fator individual de produto (receita anual). A média e o desvio-padrão, no período da receita anual, foram calculados em  $305.162,26 \pm 50.128,03$  reais, apesar de a eficiência máxima que ocorreu no ano de 2001, não necessariamente a maior receita, ter tido, como conseqüência direta, maior eficiência. Por exemplo, a eficiência no ano de 1997 foi estimada em 1, porém, no ano de 2000, obteve-se receita anual maior.

As receitas alcançadas nos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 e 2002 podem ser consideradas semelhantes, apesar de apenas o ano de 1997 ter sido considerado de eficiência máxima. Possivelmente, a modificação tecnológica por que passava o sistema de produção, com ajustes realizados durante o período, tenha sido o motivo de os gastos em insumos serem proporcionalmente diferentes no período, especialmente na categoria de investimentos.

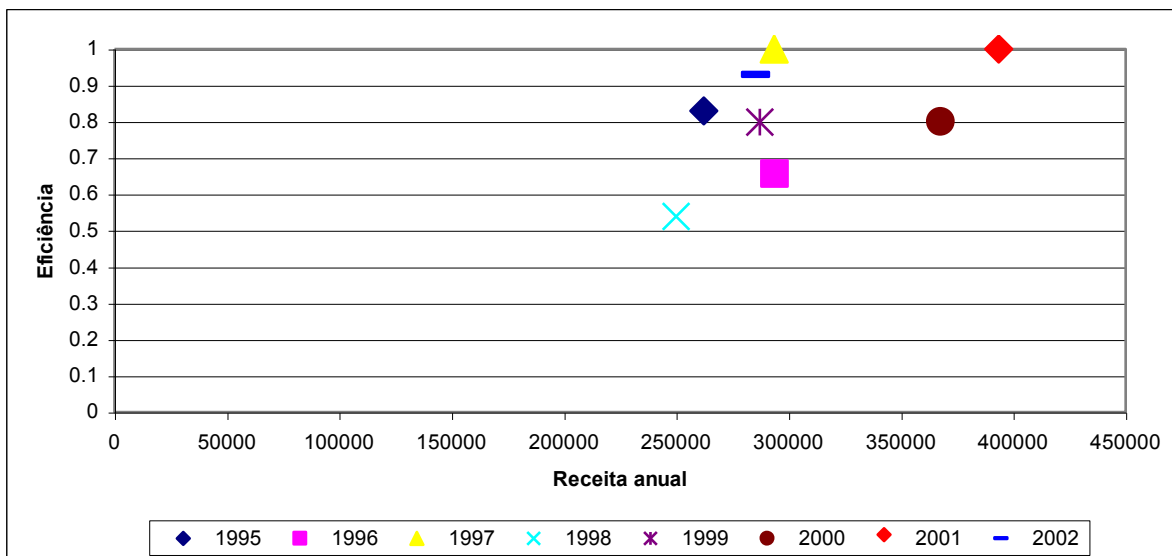
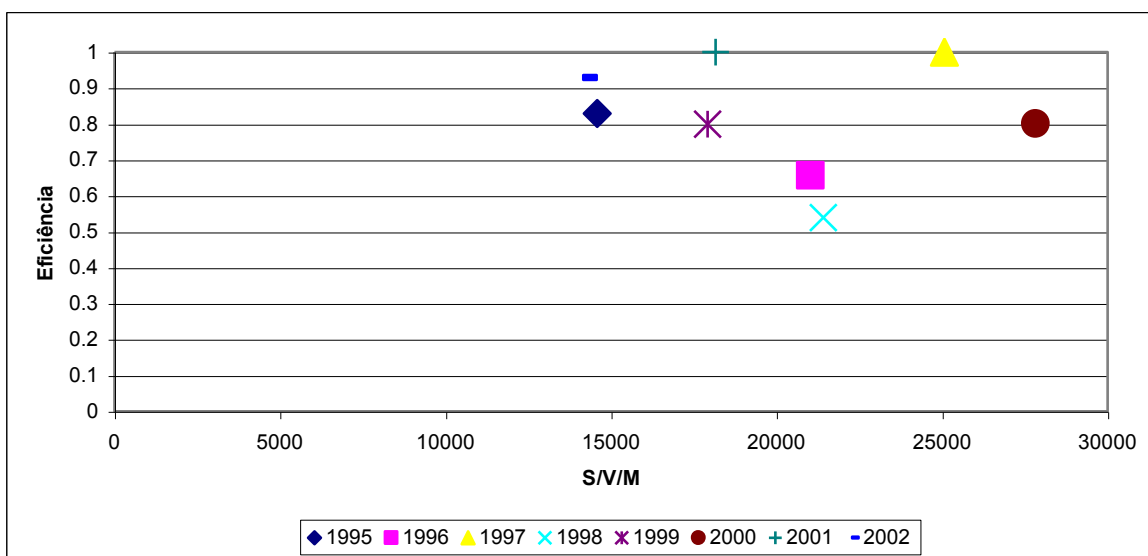


Figura 5 – Eficiência, ao longo dos anos, em relação à receita anual (reais)

Nas Figuras 6, 7 e 8 , pode-se visualizar a eficiência no período em relação às três categorias de insumos: “sal mineral/vacinas/medicamentos” (S/V/M), “mão-de-obra e encargos sociais” (MO/ES) e “investimentos” (INV).



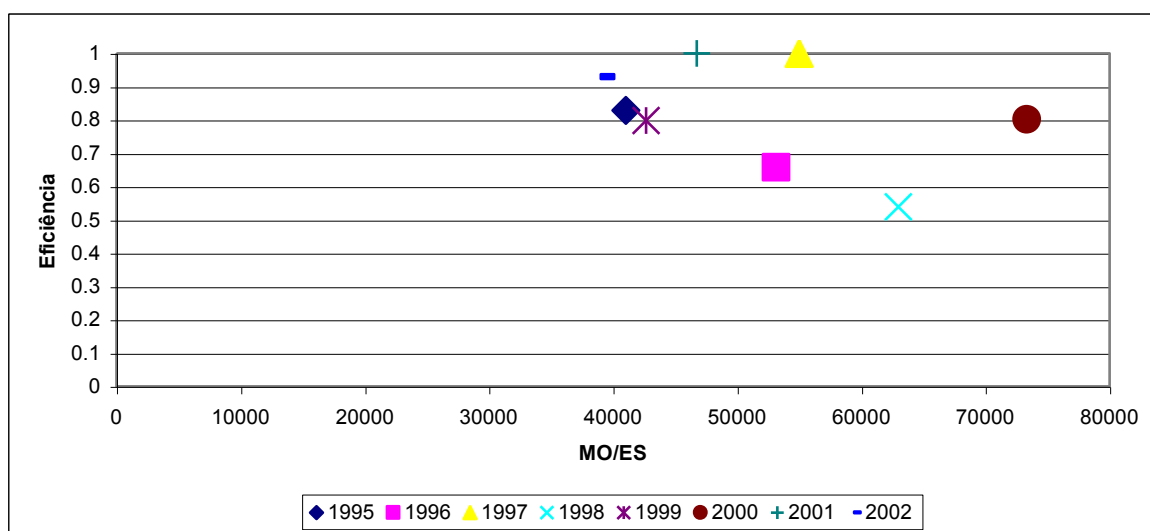
S/V/M - sal mineral/vacinas/medicamentos.

Figura 6 – Eficiência, ao longo dos anos, em relação ao insumo S/V/M (reais)

O gasto médio e o desvio-padrão, no período, com o insumo S/M/V foram de 20.015,96 ± 4.795,51 reais. No ano de 2001, o gasto foi menor do que a média com esse

tipo de insumo, podendo ser esta uma das características que contribuíram para maior eficiência. O ano de 1997 foi um dos anos em que se fez maior investimento nesse insumo; no ano de 2000, houve maior gasto com S/M/V, embora a eficiência não tenha sido máxima.

O custo de utilização de sal mineral é um componente importante nos custos de manutenção do rebanho de cria, em pastos nativos (CADAVID GARCIA, 1986). Entretanto, sua utilização é básica no Pantanal, para aumentar a taxa de natalidade e o ganho de peso de novilhas em crescimento (POTT et al., 1987). Portanto, é um insumo essencial ao manejo e à suplementação alimentar do gado de cria, de forma geral, mas deve ser fornecido com a mistura correta, com vistas em corrigir as deficiências de cada região, para que não aconteça nenhum tipo de desperdício e o fornecimento seja otimizado.



MO/ES – mão-de-obra e encargos sociais.

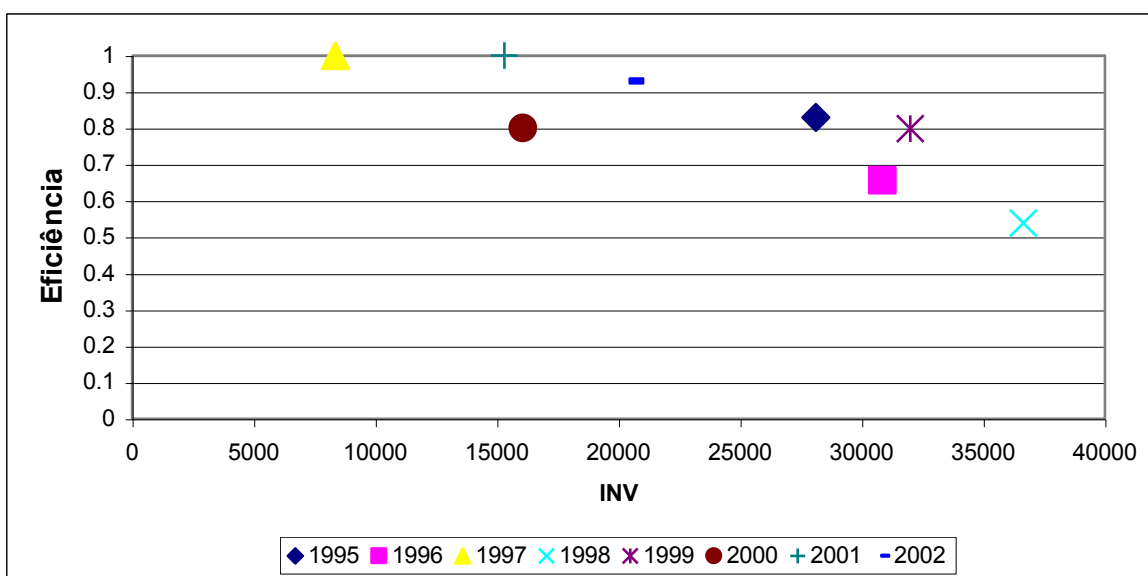
Figura 7 - Eficiência, ao longo dos anos, em relação ao insumo MO/ES (reais)

A mão-de-obra e os encargos sociais foram os insumos de maior percentual, na soma de insumos que o produtor utilizou no período analisado. Nos anos de eficiência máxima, observa-se que os gastos com MO/ES podem ser considerados médios, pois os gastos nos anos de 1997 e 2001 estão dentro do intervalo de média mais um desvio-padrão, calculado para o período ( $51.740,86 \pm 11.884,54$  reais). Pode-se inferir que a questão não é



o número de empregados para realização do manejo, mas a experiência destes na implantação e no desenvolvimento do sistema de produção modificado.

Melhor qualificação do operário rural é essencial à intensificação da pecuária na região, pois os produtores consideram a mão-de-obra rural no Pantanal desqualificada e de baixa eficiência produtiva (CADAVID GARCIA, 1986), o que a torna um ponto de estrangulamento na adoção de novas tecnologias pelos produtores da região (ABREU et al., 2001).



INV –investimentos.

Figura 8 - Eficiência, ao longo dos anos, em relação ao insumo INV (reais)

De maneira geral, os anos em que houve maiores gastos com o insumo “investimento” foram os de menor eficiência. Porém, pode-se observar, de maneira geral, que os anos nos quais ocorreram maiores investimentos foram seguidos por anos com maiores eficiências.

Numa conclusão rápida, poder-se-ia supor que os investimentos realizados estariam prejudicando a eficiência do sistema como um todo. Entretanto, os investimentos, especialmente em cercas e poços, forneceram a base física para que as tecnologias fossem implantadas e aprimoradas no sistema de produção. Outro aspecto é que investimentos feitos em sistemas extensivos de bovinos de corte possuem resposta mais lenta, em relação aos ganhos proporcionados pela modificação tecnológica. O importante é investir de forma ordenada, para que haja equilíbrio dos gastos feitos durante os anos analisados.

## 5.5. Conclusões

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma ferramenta nova que tem sido utilizada na análise de eficiência de sistemas de produção animal. Há necessidade de estudos adicionais que visem adaptar outros modelos de DEA que poderão ser implementadas, no futuro, especialmente em sistemas extensivos de gado de corte em regiões com restrições ambientais a sistemas de produção animal intensivo.

## 5.6. Referências bibliográficas

- ABREU, U. G. P.; MORAES, A. S.; SEIDEL, A. F. 2001. Tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentado da bovinocultura de corte no Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 31p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 24).
- ADLER, N.; GOLANY, B. 2001. Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. *European Journal of Operational Research*, v. 132, p. 260-273.
- ARZUBI, A. ; BERBEL, J. 2002. Determinación de índices de eficiência mediante DEA em explotaciones lecheras de Buenos Aires. *Investigaciones Agrárias: Producción y Sanidad Animales*, v. 17, p. 103-123.

- BANKER, R.; CHARNES, A. ; COOPER, W.W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, p. 1078-1092.
- BLISKA, F. M. de M.; GONÇALVES, J. R. 1998. Estudo da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil. In: CADEIAS PRODUTIVAS E SISTEMAS NATURAIS/ A.M.G. de Castro, S. M. V. Lima, W. J. Goerdet, A de Freitas Filho, J. R. P. Vasconcelos, org...Brasília. DF: Serviço de Produção de Informação, 1998. P. 157-183.
- BOUSSOFIANE, A .; DYSON, R. G.; THANASSOULIS, E. 1991. Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 52, p. 1-15.
- CADAVID GARCIA, E.A. 1986. Análise técnico-econômica da pecuária bovina do Pantanal. Sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1986. 92p.il. (EMBRAPA-CPAP, Circular Técnica, 15).
- CASTRO A . M. G de; D'ÁPICE PAEZ, M. L.; LIMA, S. M. V.; GOERDET, W. J.; FREITAS FILHO, A . de.; CAMPOS, F. A . A .; VASCONCELOS, J. R. P. 1998. Prospecção de demandas tecnológicas no Sistema nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). In: CADEIAS PRODUTIVAS E SISTEMAS NATURAIS/ A.M.G. de Castro, S. M. V. Lima, W. J. Goerdet, A de Freitas Filho, J. R. P. Vasconcelos, org...Brasília. DF: Serviço de Produção de Informação, 1998. P. 157-183.
- CEZAR, I. M. 2001. Racionalização de investimentos em pastagens: uma abordagem sistêmica no processo decisório. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2001. p 351-369.
- CEZAR, I.M.; SKERRATT, S.; DENT; J.B. 2000. Sistema participativo de geração e transferência de tecnologia para pecuaristas: o caso aplicado a Embrapa Gado de Corte. *Caderno de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.17, n. 2, p.135-170.
- CHARNES, A ; COOPER, W. W.; RHODES, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444.
- COELLI, T. J. 1996. A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program. Armidale, Australia: University of New England, 1996. 49p. (CEPA Working Papers 08/96).

- EL-MAHGARY, S.; LAHDELMA, R. 1995. Data envelopment analysis: Visualizing the results. *European Journal of Operational Research*, v. 85, p. 700-710.
- EUCLIDES FILHO, K. 2000. Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo – ambiente–mercado. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 61 p.il. (Embrapa Gado de Corte, Documentos, 85).
- FRIEDMAN, L.; SINUANY-STERN, Z. 1998. Combining ranking scales and selecting variables in the DEA context: The case of industrial branches. *Computers and Operation Research*, v. 25, p. 781-791.
- GOMES, A. P. 1999. Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão de obra e capital. Viçosa, MG: UFV, 1999. 161 p. Dissertação (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa.
- JENKINS, L.; ANDERSON, M. 2003. A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 147, p. 51-61.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. 1999. Applied multivariate statistical analysis. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc., 1999. 816 p.
- KHATTREE, R; NAIK, D.N. 2000. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000. 558 p.
- MORAES A.S.; COMASTRI FILHO, J. A. 2003. Gerência e administração. In: Cardoso, E.L. (Ed. Tec.) Gado de corte no Pantanal. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Corumbá:Embrapa Pantanal. 2003. p.22-38. (Coleção 500 Perguntas - 500 Respostas).
- POTT, E. B.; BRUM, P. A. R.; ALMEIDA, I. L. de; TULLIO, R. R. 1987. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-grossense. I. Efeito da suplementação mineral e da idade de desmama sobre a idade e o peso ao primeiro parto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 22, p. 1067-1073.
- POTT, E. B.; CATTO, J.B.; BRUM, P.A.R. de 1989. Períodos críticos de alimentação para bovinos em pastagens nativas, no Pantanal Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 24, n.11, p.1427-1432.

POTT, E. B. Nutrição mineral de bovinos. 1997. In: TECNOLOGIAS E INFORMAÇÕES PARA A PECUÁRIA DE CORTE NO PANTANAL/ J.B. Catto, J. R. B. Sereno, J. A Comastri Filho, org... Corumbá, MS, MS: EMBRAPA-CPAP, 1997. p.49-75.

SAS, 1999 Software: version 8.0 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SENGUPTA, J. K. 1990. Test of Efficiency in data envelopment analysis. Computers and Operation Research, v. 17, p. 121-132.

ZHU, J. 1998. Data envelopment analysis vs. principal components analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities. European Journal of Operational Research, v. 111, p. 50-61.

## 6. APÊNDICE A

Nessa seção encontram-se os programas utilizados para implementação da cadeia de Markov na definição das probabilidades, de a vaca ser descartada em determinada idade; de a vaca não ser descartada em determinada idade; de a vaca aos dois anos de idade entrar no rebanho; e permanecer até determinada idade, além da proporção das vacas no rebanho com determinada idade e da expectativa de vida das matrizes no rebanho.

O programa foi desenvolvido em linguagem de programação desenvolvido um programa em Interactive Matrix Language (IML), do pacote estatístico SAS (SAS, 1999). As probabilidades foram estimadas utilizando a metodologia de equações de estimação generalizadas (EEG) para cada idade, cada internada e cada ordem de trabalho de gado (TG).

/\* Cálculo da probabilidades para internada C. NOVO no TG7\*/

```
proc IML;  
F1={1};
```

```
F={0.025084517  
0.030480898  
0.036994139  
0.044834787  
0.054243601  
0.065491522  
0.078877283  
0.094721639  
0.113357029  
0.135111527  
0.16028622  
0.18912588  
0.221784032  
0.258285277  
0.298489733  
0.342066207  
0.388481419  
0.437011424  
0.486778083  
0.53680829  
1};
```

```

F1=t(F);

firststage=2;
N=nrow(F1);
Q=N-1;
D=J(N,1,1)-F1;
w=(J(1,Q,0));
z=diag(D[1:Q,1]);
z1=t(z);

P=z1//w;

P1=F1||P;

PP=t(P1);
U=J(N,N,0);

U[1:Q,2:N]=I(Q);

M1=(PP[2:N,1:N]);

M2=J(1,N,1);

M3=M1//M2;

M=M3-U;

E=J(N,1,0);

E[N,1]=1;
AGEDIST=(inv(M))*E;
print AGEDIST;

CULLDIST1=F1#AGEDIST;
print CULLDIST1;

CULLDIST2=t(F1)*AGEDIST;
print culldist2;

CULLDIST3=inv(CULLDIST2);
print CULLDIST3;

CULLDIST=CULLDIST1#CULLDIST3;

```

```

print CULLDIST;

AGE=FIRSTAGE:(N+FIRSTAGE-1);
print AGE;

MEANAGES=(AGE*AGEDIST)||(AGE*CULLDIST);
RESULT1=(F1||D||CULLDIST||AGEDIST);
RESULT=t(F1||D||CULLDIST||AGEDIST);
print RESULT;
ROWS='Prob(DISCARTE)///Prob(PERMANENCIA)///FREQUENCIA_DESCAR
TE///FREQUENCIA_REBANHO';
COLS='IDADE_REBANHO' || 'IDADE_DESCARTE';

print RESULT rows;
print MEANAGES cols;

```



## 7. APÊNDICE B

Nessa seção são apresentados os dados e as saídas dos itens de insumos e produtos, além dos comandos que foram utilizados no programa DEAP para realização da análise envoltória de eficiência (DEA), para os modelos BCC e CCR.

As linhas são os anos (1995-2002)

Os dados são ordenados na forma de colunas.

Primeira coluna - receita anual com os produtos;

Segunda coluna - gastos com o insumo “sal mineral/vacinas/medicamentos”;

Terceira coluna - gastos com o insumo “mão-de-obra e encargos sociais”; e

Quarta coluna - gastos com o insumo “investimentos”.

|           |          |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|
| 262280.64 | 14585.13 | 41011.69 | 28122.15 |
| 293753.15 | 21018.61 | 53144.54 | 30860.67 |
| 293612.75 | 25067.15 | 54983.29 | 8347.92  |
| 250008.37 | 21407.97 | 63001.42 | 36640.94 |
| 287100.57 | 17908.96 | 42677.24 | 32004.29 |
| 367665.43 | 27818.89 | 73320.49 | 16079.64 |
| 393671.88 | 18157.08 | 46763.06 | 15308.10 |
| 285259.42 | 14163.94 | 39025.15 | 20458.27 |

Abaixo são mostrados os cartões de comandos para as análises produtos orientados dos modelos BCC e CCR, respectivamente.

```
11testeC.dta   DATA FILE NAME
teste23C.out  OUTPUT FILE NAME
8            NUMBER OF FIRMS
1            NUMBER OF TIME PERIODS
1            NUMBER OF OUTPUTS
3            NUMBER OF INPUTS
0            0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
1            0=CRS AND 1=VRS
0            0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-
            STAGE), 4=DEA(2-STAGE)
```

11testeC.dta DATA FILE NAME  
 teste23C.out OUTPUT FILE NAME  
 8 NUMBER OF FIRMS  
 1 NUMBER OF TIME PERIODS  
 1 NUMBER OF OUTPUTS  
 3 NUMBER OF INPUTS  
 1 0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED  
 1 0=CRS AND 1=VRS  
 0 0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

A saída do programa DEAP para os modelos BCC e CCR são mostrados abaixo.

### Modelo BCC

Results from DEAP Version 2.1  
 Instruction file = TESTE15C.INS  
 Data file = 11testeC.dta

Output orientated DEA  
 Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

#### EFFICIENCY SUMMARY:

| firm | te    |
|------|-------|
| 1    | 0.829 |
| 2    | 0.657 |
| 3    | 1.000 |
| 4    | 0.539 |
| 5    | 0.799 |
| 6    | 0.801 |
| 7    | 1.000 |
| 8    | 0.929 |

mean 0.819

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

|              |       |
|--------------|-------|
| firm output: | 1     |
| 1            | 0.000 |
| 2            | 0.000 |
| 3            | 0.000 |
| 4            | 0.000 |
| 5            | 0.000 |
| 6            | 0.000 |
| 7            | 0.000 |
| 8            | 0.000 |
| mean         | 0.000 |

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

|             |          |          |           |
|-------------|----------|----------|-----------|
| firm input: | 1        | 2        | 3         |
| 1           | 0.000    | 3448.089 | 15825.535 |
| 2           | 383.740  | 0.000    | 13463.564 |
| 3           | 0.000    | 0.000    | 0.000     |
| 4           | 0.000    | 7865.782 | 18592.039 |
| 5           | 1338.315 | 0.000    | 18033.702 |
| 6           | 0.000    | 7196.878 | 0.000     |
| 7           | 0.000    | 0.000    | 0.000     |
| 8           | 0.000    | 2546.312 | 8516.757  |
| mean        | 215.257  | 2632.133 | 9303.949  |

SUMMARY OF PEERS:

|             |     |
|-------------|-----|
| firm peers: |     |
| 1           | 7   |
| 2           | 7   |
| 3           | 3   |
| 4           | 7   |
| 5           | 7   |
| 6           | 3 7 |
| 7           | 7   |
| 8           | 7   |

**SUMMARY OF PEER WEIGHTS:**

(in same order as above)

firm peer weights:

|   |             |
|---|-------------|
| 1 | 0.803       |
| 2 | 1.136       |
| 3 | 1.000       |
| 4 | 1.179       |
| 5 | 0.913       |
| 6 | 0.577 0.736 |
| 7 | 1.000       |
| 8 | 0.780       |

**PEER COUNT SUMMARY:**

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm peer count:

|   |   |
|---|---|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 1 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 6 |
| 8 | 0 |

**SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:**

| firm | output: | 1          |
|------|---------|------------|
| 1    |         | 316226.813 |
| 2    |         | 447393.968 |
| 3    |         | 293612.750 |
| 4    |         | 464155.899 |
| 5    |         | 359275.661 |
| 6    |         | 459037.335 |
| 7    |         | 393671.880 |
| 8    |         | 307094.802 |

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

| firm input: | 1         | 2         | 3         |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 1           | 14585.130 | 37563.601 | 12296.615 |
| 2           | 20634.870 | 53144.540 | 17397.106 |
| 3           | 25067.150 | 54983.290 | 8347.920  |
| 4           | 21407.970 | 55135.638 | 18048.901 |
| 5           | 16570.645 | 42677.240 | 13970.588 |
| 6           | 27818.890 | 66123.612 | 16079.640 |
| 7           | 18157.080 | 46763.060 | 15308.100 |
| 8           | 14163.940 | 36478.838 | 11941.513 |

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1

Technical efficiency = 0.829

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 262280.640     | 53946.173       | 0.000          | 316226.813      |
| input 1  | 14585.130      | 0.000           | 0.000          | 14585.130       |
| input 2  | 41011.690      | 0.000           | -3448.089      | 37563.601       |
| input 3  | 28122.150      | 0.000           | -15825.535     | 12296.615       |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 0.803  |        |

Results for firm: 2

Technical efficiency = 0.657

PROJECTION SUMMARY:

| variable | original value | radial movement | slack movement | projected value |
|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| output 1 | 293753.150     | 153640.818      | 0.000          | 447393.968      |
| input 1  | 21018.610      | 0.000           | -383.740       | 20634.870       |
| input 2  | 53144.540      | 0.000           | 0.000          | 53144.540       |
| input 3  | 30860.670      | 0.000           | -13463.564     | 17397.106       |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 1.136  |        |

Results for firm: 3

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial   | slack    | projected  |
|----------|---|------------|----------|----------|------------|
|          |   | value      | movement | movement | value      |
| output   | 1 | 293612.750 | 0.000    | 0.000    | 293612.750 |
| input    | 1 | 25067.150  | 0.000    | 0.000    | 25067.150  |
| input    | 2 | 54983.290  | 0.000    | 0.000    | 54983.290  |
| input    | 3 | 8347.920   | 0.000    | 0.000    | 8347.920   |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 3    | 1.000  |        |

Results for firm: 4

Technical efficiency = 0.539

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial     | slack      | projected  |
|----------|---|------------|------------|------------|------------|
|          |   | value      | movement   | movement   | value      |
| output   | 1 | 250008.370 | 214147.529 | 0.000      | 464155.899 |
| input    | 1 | 21407.970  | 0.000      | 0.000      | 21407.970  |
| input    | 2 | 63001.420  | 0.000      | -7865.782  | 55135.638  |
| input    | 3 | 36640.940  | 0.000      | -18592.039 | 18048.901  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 1.179  |        |

Results for firm: 5

Technical efficiency = 0.799

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial    | slack      | projected  |
|----------|---|------------|-----------|------------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement   | value      |
| output   | 1 | 287100.570 | 72175.091 | 0.000      | 359275.661 |
| input    | 1 | 17908.960  | 0.000     | -1338.315  | 16570.645  |
| input    | 2 | 42677.240  | 0.000     | 0.000      | 42677.240  |
| input    | 3 | 32004.290  | 0.000     | -18033.702 | 13970.588  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 0.913  |        |

Results for firm: 6

Technical efficiency = 0.801

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial    | slack     | projected  |
|----------|---|------------|-----------|-----------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement  | value      |
| output   | 1 | 367665.430 | 91371.905 | 0.000     | 459037.335 |
| input    | 1 | 27818.890  | 0.000     | 0.000     | 27818.890  |
| input    | 2 | 73320.490  | 0.000     | -7196.878 | 66123.612  |
| input    | 3 | 16079.640  | 0.000     | 0.000     | 16079.640  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 3    | 0.577  |        |
| 7    | 0.736  |        |

Results for firm: 7

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial   | slack    | projected  |
|----------|---|------------|----------|----------|------------|
|          |   | value      | movement | movement | value      |
| output   | 1 | 393671.880 | 0.000    | 0.000    | 393671.880 |
| input    | 1 | 18157.080  | 0.000    | 0.000    | 18157.080  |
| input    | 2 | 46763.060  | 0.000    | 0.000    | 46763.060  |
| input    | 3 | 15308.100  | 0.000    | 0.000    | 15308.100  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 1.000  |        |

Results for firm: 8

Technical efficiency = 0.929

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial    | slack     | projected  |
|----------|---|------------|-----------|-----------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement  | value      |
| output   | 1 | 285259.420 | 21835.382 | 0.000     | 307094.802 |
| input    | 1 | 14163.940  | 0.000     | 0.000     | 14163.940  |
| input    | 2 | 39025.150  | 0.000     | -2546.312 | 36478.838  |
| input    | 3 | 20458.270  | 0.000     | -8516.757 | 11941.513  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 0.780  |        |

## Modelo CCR

Results from DEAP Version 2.1  
Instruction file = TESTE23C.INS  
Data file = 11testeC.dta

Output orientated DEA  
Scale assumption: VRS

Slacks calculated using multi-stage method

### EFFICIENCY SUMMARY:

firm crste vrste scale

|   |       |       |       |     |
|---|-------|-------|-------|-----|
| 1 | 0.829 | 0.884 | 0.938 | irs |
| 2 | 0.657 | 0.746 | 0.880 | drs |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 4 | 0.539 | 0.635 | 0.848 | drs |
| 5 | 0.799 | 0.853 | 0.936 | irs |
| 6 | 0.801 | 0.934 | 0.858 | drs |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 8 | 0.929 | 1.000 | 0.929 | irs |

mean 0.819 0.882 0.924

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA  
vrste = technical efficiency from VRS DEA  
scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

### SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

| firm | output: | 1     |
|------|---------|-------|
| 1    |         | 0.000 |
| 2    |         | 0.000 |
| 3    |         | 0.000 |
| 4    |         | 0.000 |
| 5    |         | 0.000 |
| 6    |         | 0.000 |
| 7    |         | 0.000 |
| 8    |         | 0.000 |

mean 0.000

### SUMMARY OF INPUT SLACKS:



| firm input: | 1        | 2         | 3         |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| 1           | 0.000    | 1170.358  | 8207.112  |
| 2           | 2861.530 | 6381.480  | 15552.570 |
| 3           | 0.000    | 0.000     | 0.000     |
| 4           | 3250.890 | 16238.360 | 21332.840 |
| 5           | 1860.363 | 0.000     | 13976.765 |
| 6           | 9661.810 | 26557.430 | 771.540   |
| 7           | 0.000    | 0.000     | 0.000     |
| 8           | 0.000    | 0.000     | 0.000     |
| mean        | 2204.324 | 6293.453  | 7480.103  |

#### SUMMARY OF PEERS:

firm peers:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 8 | 7 |
| 2 | 7 |   |
| 3 | 3 |   |
| 4 | 7 |   |
| 5 | 8 | 7 |
| 6 | 7 |   |
| 7 | 7 |   |
| 8 | 8 |   |

#### SUMMARY OF PEER WEIGHTS:

(in same order as above)

firm peer weights:

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.895 | 0.105 |
| 2 | 1.000 |       |
| 3 | 1.000 |       |
| 4 | 1.000 |       |
| 5 | 0.528 | 0.472 |
| 6 | 1.000 |       |
| 7 | 1.000 |       |
| 8 | 1.000 |       |

#### PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm peer count:

|   |   |
|---|---|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 5 |
| 8 | 2 |

#### SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

| firm output: | 1          |
|--------------|------------|
| 1            | 296694.592 |
| 2            | 393671.880 |
| 3            | 293612.750 |
| 4            | 393671.880 |
| 5            | 336427.250 |
| 6            | 393671.880 |
| 7            | 393671.880 |
| 8            | 285259.420 |

#### SUMMARY OF INPUT TARGETS:

| firm input: | 1         | 2         | 3         |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 1           | 14585.130 | 39841.332 | 19915.038 |
| 2           | 18157.080 | 46763.060 | 15308.100 |
| 3           | 25067.150 | 54983.290 | 8347.920  |
| 4           | 18157.080 | 46763.060 | 15308.100 |
| 5           | 16048.597 | 42677.240 | 18027.525 |
| 6           | 18157.080 | 46763.060 | 15308.100 |
| 7           | 18157.080 | 46763.060 | 15308.100 |
| 8           | 14163.940 | 39025.150 | 20458.270 |

#### FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1

Technical efficiency = 0.884

Scale efficiency = 0.938 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial    | slack     | projected  |
|----------|---|------------|-----------|-----------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement  | value      |
| output   | 1 | 262280.640 | 34413.952 | 0.000     | 296694.592 |
| input    | 1 | 14585.130  | 0.000     | 0.000     | 14585.130  |
| input    | 2 | 41011.690  | 0.000     | -1170.358 | 39841.332  |
| input    | 3 | 28122.150  | 0.000     | -8207.112 | 19915.038  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 8    | 0.895  |        |
| 7    | 0.105  |        |

Results for firm: 2

Technical efficiency = 0.746

Scale efficiency = 0.880 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial    | slack      | projected  |
|----------|---|------------|-----------|------------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement   | value      |
| output   | 1 | 293753.150 | 99918.730 | 0.000      | 393671.880 |
| input    | 1 | 21018.610  | 0.000     | -2861.530  | 18157.080  |
| input    | 2 | 53144.540  | 0.000     | -6381.480  | 46763.060  |
| input    | 3 | 30860.670  | 0.000     | -15552.570 | 15308.100  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 1.000  |        |

Results for firm: 3

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial   | slack    | projected  |
|----------|---|------------|----------|----------|------------|
|          |   | value      | movement | movement | value      |
| output   | 1 | 293612.750 | 0.000    | 0.000    | 293612.750 |
| input    | 1 | 25067.150  | 0.000    | 0.000    | 25067.150  |
| input    | 2 | 54983.290  | 0.000    | 0.000    | 54983.290  |
| input    | 3 | 8347.920   | 0.000    | 0.000    | 8347.920   |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 3    | 1.000  |        |

Results for firm: 4

Technical efficiency = 0.635

Scale efficiency = 0.848 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial     | slack      | projected  |
|----------|---|------------|------------|------------|------------|
|          |   | value      | movement   | movement   | value      |
| output   | 1 | 250008.370 | 143663.510 | 0.000      | 393671.880 |
| input    | 1 | 21407.970  | 0.000      | -3250.890  | 18157.080  |
| input    | 2 | 63001.420  | 0.000      | -16238.360 | 46763.060  |
| input    | 3 | 36640.940  | 0.000      | -21332.840 | 15308.100  |

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight  
7 1.000

Results for firm: 5

Technical efficiency = 0.853

Scale efficiency = 0.936 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| Variable |   | original   | radial    | slack      | projected  |
|----------|---|------------|-----------|------------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement   | value      |
| output   | 1 | 287100.570 | 49326.680 | 0.000      | 336427.250 |
| input    | 1 | 17908.960  | 0.000     | -1860.363  | 16048.597  |
| input    | 2 | 42677.240  | 0.000     | 0.000      | 42677.240  |
| input    | 3 | 32004.290  | 0.000     | -13976.765 | 18027.525  |

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight  
8 0.528  
7 0.472

Results for firm: 6

Technical efficiency = 0.934

Scale efficiency = 0.858 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial    | slack      | projected  |
|----------|---|------------|-----------|------------|------------|
|          |   | value      | movement  | movement   | value      |
| output   | 1 | 367665.430 | 26006.450 | 0.000      | 393671.880 |
| input    | 1 | 27818.890  | 0.000     | -9661.810  | 18157.080  |
| input    | 2 | 73320.490  | 0.000     | -26557.430 | 46763.060  |
| input    | 3 | 16079.640  | 0.000     | -771.540   | 15308.100  |

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight  
7 1.000

Results for firm: 7

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |  | original | radial | slack | projected |
|----------|--|----------|--------|-------|-----------|
|----------|--|----------|--------|-------|-----------|

|        |   | value      | movement | movement | value      |
|--------|---|------------|----------|----------|------------|
| output | 1 | 393671.880 | 0.000    | 0.000    | 393671.880 |
| input  | 1 | 18157.080  | 0.000    | 0.000    | 18157.080  |
| input  | 2 | 46763.060  | 0.000    | 0.000    | 46763.060  |
| input  | 3 | 15308.100  | 0.000    | 0.000    | 15308.100  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 7    | 1.000  |        |

Results for firm: 8

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 0.929 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

| variable |   | original   | radial   | slack    | projected  |
|----------|---|------------|----------|----------|------------|
|          |   | value      | movement | movement | value      |
| output   | 1 | 285259.420 | 0.000    | 0.000    | 285259.420 |
| input    | 1 | 14163.940  | 0.000    | 0.000    | 14163.940  |
| input    | 2 | 39025.150  | 0.000    | 0.000    | 39025.150  |
| input    | 3 | 20458.270  | 0.000    | 0.000    | 20458.270  |

LISTING OF PEERS:

| peer | lambda | weight |
|------|--------|--------|
| 8    | 1.000  |        |