

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**VALORES E ÍNDICES BIOECONÔMICOS PARA UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE NO BIOMA CERRADO**

Flávia Martins de Souza
Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco

GOIÂNIA
2016



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ **Dissertação** ☒ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

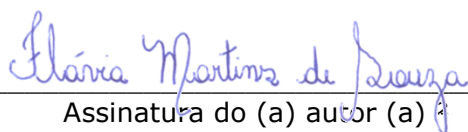
Nome completo do autor: Flavia Martins de Souza

Título do trabalho: VALORES E ÍNDICES BIOECONÔMICOS PARA UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE NO BIOMA CERRADO

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO**¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 09 / 11 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

FLÁVIA MARTINS DE SOUZA

**VALORES E ÍNDICES BIOECONÔMICOS PARA UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE NO BIOMA CERRADO**

Tese apresentada para obtenção do grau de
Doutorado em Zootecnia junto à Escola de
Veterinária e Zootecnia da Universidade
Federal de Goiás.

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de pesquisa:

Interface entre desempenho produtivo,
reprodutivo, aspectos genéticos e ambientais na
produção animal

Orientador:

Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco –UFG/Embrapa Cerrados

Comitê de orientação:

Dr. Fernando Brito Lopes - University of Wisconsin, EUA

Prof. Dr. Guilherme Jordão de Magalhães Rosa - University of
Wisconsin, EUA

GOIÂNIA

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Souza, Flavia Martins de
VALORES E ÍNDICES BIOECONÔMICOS PARA UM SISTEMA DE
PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE NO BIOMA CERRADO
[manuscrito] / Flavia Martins de Souza. - 2016.
89 f.

Orientador: Prof. Cláudio Ulhôa Magnabosco; co-orientador
Fernando Brito Lopes; co-orientador Guilherme Jordão de Magalhães
Rosa.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Goiânia, 2016.

Bibliografia.

1. índices econômicos de seleção. 2. objetivos de seleção. 3.
melhoramento genético. 4. ponderadores econômicos. 5. modelo
bioeconômico. I. Magnabosco, Cláudio Ulhôa, orient. II. Título.

CDU 59

ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



1 ATA NÚMERO 005 DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DOUTORADO
2 DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA DA ESCOLA DE
3 VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS,
4 REALIZADA POR FLAVIA MARTINS DE SOUZA . Aos 05/10/2016 a partir das
5 13h30min, na sala de Reuniões do Departamento de Zootecnia da Escola de
6 Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, nesta Capital, realizou-se
7 a sessão pública de Defesa de Doutorado apresentado (a) pelo (a) Pós-Graduando
8 (a) FLAVIA MARTINS DE SOUZA , intitulada "Desenvolvimento de índices
9 econômicos para diferentes objetivos de seleção em bovinos nelore no bioma
10 cerrado", para obtenção do Título de Doutor em Zootecnia, junto à Área de
11 Concentração: Produção Animal desta Universidade. Os trabalhos foram instalados
12 pelo (a) Presidente da Comissão Julgadora, Orientador (a) Prof. Dr. Claudio de
13 Ulhôa Magnabosco, com a participação dos demais membros da Banca
14 Examinadora Prof. Dr. Fernando Sebastian Baldi - UNESP/Jaboticabal-SP; Dra.
15 Mariana Marcia Santos Mamede - Pos-Doc Embrapa; Prof. Dr. Alexandre
16 Siqueira Guedes Coelho - EA/UFG (memória) e Prof. Dr. Arthur dos Santos
17 Mascioli - EVZ/UFG. Iniciando os trabalhos, o Presidente concedeu a palavra ao (a)
18 candidato (a) FLAVIA MARTINS DE SOUZA para exposição em cinquenta minutos
19 do seu trabalho. A seguir, o senhor Presidente concedeu a palavra, pela ordem, aos
20 demais membros da banca, os quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o
21 prazo máximo de trinta minutos, assegurando-se ao mesmo, igual prazo para
22 responder aos Senhores Membros da Banca Examinadora. Ultimada a arguição, que
23 se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou
24 seu Julgamento, considerando o (a) candidato (a) APROVADO
25 (Aprovado/Reprovado) pelos seus membros. Proclamados os resultados da Banca
26 Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar lavrou-se a presente
27 ata que, após lida e achada conforme vai assinada pelos membros da Banca
28 Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudio de Ulhôa Magnabosco (Orientador(a))

Prof. Dr. Fernando Sebastian Baldi - UNESP/Jaboticabal-SP

Dra. Mariana Marcia Santos Mamede - Pos-Doc Embrapa

Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho - EA/UFG

Prof. Dr. Arthur dos Santos Mascioli - EVZ/UFG

ASSINATURA

[Handwritten signatures of the examiners]

A Banca Examinadora aprovou a seguinte alteração no título da tese:

Índices e medidas econômicas para
um sistema de produção de bovinos
nelore no bioma cerrado

Ao Senhor Deus, à minha Família e Amigos,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor nosso Deus, por ser sempre a minha força quando penso que não consigo mais, por estar do meu lado quando penso que não tenho mais ninguém, por ser o CARA que confia em mim, quando ninguém mais acredita que eu tenho capacidade de vencer.

À todas as instituições, órgãos de fomento e pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial:

À Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás e todos seus docentes e colaboradores, pelo acolhimento e contribuição da minha formação pessoal e profissional.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco, acima de tudo pela confiança, ensinamentos (com puxões de orelha) e amizade. O Sr. Cláudio Magnabosco é um exemplo de trabalho e sucesso. Grande parte do meu crescimento profissional foi construído ao seu lado e por isso foi uma grande honra tê-lo como orientador. Toda a minha gratidão!

Aos meus co-orientadores Dr. Fernando Brito, pela essencial contribuição na construção deste trabalho e Prof. Dr. Guilherme Rosa pela fundamental orientação e por me receber durante o estágio sanduíche na Universidade de Wisconsin-EUA. Em nome do Prof. Guilherme, todos funcionários e alunos do “Department of Animal Science”, especialmente o 4º andar, sintam-se agradecidos.

Ao Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho pela disponibilidade e contribuição intelectual no desenvolvimento deste trabalho.

A toda equipe de pesquisa e trabalho do núcleo Embrapa Cerrados e Embrapa Arroz e Feijão.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsas de estudo no país e no exterior.

Ao Dr. Júlio Bernardes por oferecer sua fazenda para estudo, permitindo o desenvolvimento desta pesquisa. Sou muito grata por isso, sobretudo pela amizade e carinho, cujos sentimentos são frutos destes quase 4 anos de trabalho.

À Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), por disponibilizar todos dados necessários para desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora e qualificação, pela atenção na avaliação dessa tese.

Aos amigos e companheiros que estiveram direta ou indiretamente ao meu lado nesta jornada. Quero que saibam que eu aprecio muito a amizade de cada um e ao lado de vocês a caminhada sempre é mais alegre e fácil. Sintam-se agradecidos na pessoa de Barbara Lemos.

À minha família, especialmente meus pais Luíz Alberto, Vanuzia Eterna, minha irmã Kamilla Martins e minha derradeira avó mãezinha Elza.

A todos aqueles que se orgulham em me ver onde estou.

Muito obrigada!

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça. ”

Cora Coralina

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.1. Introdução	13
1.2. Objetivos de Seleção	14
1.3. Índices Econômicos de Seleção	15
1.3.1. Características e critérios de seleção	16
1.3.2. Desenvolvimento dos índices de seleção	17
1.4. Objetivos e Índices de Seleção na Bovinocultura de Corte Brasileira	22
1.5. Bovinocultura de Corte no Cerrado Brasileiro	23
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2. VALORES ECONÔMICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE ¹	27
1. Introdução	29
2. Materiais e Métodos	30
3. Resultados	43
4. Discussão	49
5. Conclusões	53
5. Referências	54
CAPÍTULO 3 - ÍNDICES ECONÔMICOS DE SELEÇÃO PARA UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE NO BIOMA CERRADO	57
1. Introdução	59
2. Materiais e Métodos	60
3. Resultados	69
4. Discussão	74
5. Conclusões	78
6. Referências	78
CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
APÊNDICE A. MARGINAIS POSTERIORES DOS COMPONENTES DE (CO)VARIÂNCIAS	83

RESUMO

A utilização de índices econômicos de seleção como ferramenta para avaliação genética animal é mais eficiente em representar o valor total de um animal. Por isso, objetivou-se propor índices aplicados a diferentes objetivos de seleção para sistemas de produção de Nelore no bioma Cerrado. O presente estudo consistiu em duas fases, em que na 1ª avaliou-se a relevância econômica de características em bovinos de corte e na 2ª fase desenvolveu-se índices econômicos de seleção com diferentes objetivos. O sistema de produção avaliado foi baseado em uma propriedade de criação de bovinos Nelore PO, localizada no noroeste do estado de Goiás-Brasil, na qual foram obtidas informações sobre manejo, índices zootécnicos, gestão, receitas e despesas. Utilizou-se modelo bioeconômico para o cálculo dos valores econômicos das características idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IDP), stayability (STAY), probabilidade de parto precoce (3P), produtividade acumulada (PAC), ganho médio diário pré (GMDPre) e pós desmama (GMDPos), pesos padronizados aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, eficiência alimentar (EA), rendimento de carcaça (RC) e área de olho de lombo (AOL). Os valores econômicos foram calculados por meio do melhoramento em 1 unidade de cada característica, mantendo as demais constantes, e em seguida foram padronizados pelo respectivo desvio-padrão de cada característica. Para criação dos índices de seleção, estimou-se os componentes de (co)variâncias de características usualmente selecionadas em Nelore (P120, P210, P365, P450, Perímetros Escrotal aos 365 (PE365) e aos 450 dias (PE450) de idade, AOL, Acabamento (ACAB), IPP, IDP, PAC e STAY), por meio da metodologia Bayesiana via Gibbs sampling, em modelo animal bicaracterístico. As covariâncias e as médias das variâncias obtidas das análises bicaracterísticas foram utilizadas para formação de uma nova matriz (12 x 12) que envolveu todas as características analisadas. Para assegurar que esta matriz fosse positiva definida, foi aplicada a metodologia Matrix Bending. O índice econômico de seleção foi desenvolvido por meio da equação: $I = b_1 DEP_1 + \dots + b_n DEP_n$, em que DEP é a diferença esperada na progênie do animal e "b" é o coeficiente regressor que maximiza a correlação entre o índice e o objetivo de seleção. O "b" foi calculado por meio da seguinte equação: $b = G_{11}^{-1} G_{12} a$, em que o G_{11} é a matriz de (co)variâncias genéticas entre as características do índice de seleção, o G_{12} é a matriz de covariâncias genéticas entre as características do índice e do objetivo de seleção e "a" é o vetor de valores genético-econômicos. Três índices foram construídos com diferentes propósitos: o I referiu-se a um índice geral, cujo objetivo foi selecionar animais harmônicos. Os índices II e III tiveram como finalidade a maximização da produção de bezerros desmamados e de animais terminados, respectivamente. Os valores econômicos das características avaliadas variaram de R\$ 0,38 a R\$ 68,29 /animal/ano. As características que mais impactaram economicamente o sistema foram GMDPre (20,55%), IPP (15,70%), AOL (12,13%), GMDPos (11,13%) e P450 (8,98%). O índice econômico que proporcionou maior ganho econômico para o sistema avaliado foi o I (R\$ 129,12). Enquanto os índices II e III representaram menores ganhos para o sistema. Em geral, os índices são sensíveis às condições mercadológicas. No entanto, podem proporcionar maiores ganhos totais (genéticos e econômicos), por envolver um conjunto de características economicamente relevantes para o sistema de produção. Além disso, os índices podem ser aplicados a diferentes propósitos, de forma a atender às necessidades mercadológicas.

Palavras-chave: índices econômicos de seleção, melhoramento genético, ponderadores econômicos.

ABSTRACT

The use of selection indices as tools for animal genetic evaluation may be more efficient than other selection methods to represent the animal merit. The aim of this study was to propose indices applied to different breeding objectives for production systems of Nellore cattle raised in the Cerrado biome. This study consisted in two phases. First, traits of economic relevance in beef cattle were evaluated. Subsequently, the development of indices and different breeding objectives were considered. The production system evaluated was an operation of purebred Nellore cattle, located in the Northwest of Goiás state, Brazil, where the inputs about management, indices of productivity, income and expenses were obtained. A bio-economic model was used to calculate the economic values of the following traits: age at first calving (IPP), calving interval (IDP), stayability (STAY), earlier calving probability (3P), accumulated productivity (PAC), daily weight gain prior (GMDPre) and post weaning (GMDPos), weight at standard ages of 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) and 450 (P450) days, feed efficiency (EA), carcass dressing (RC), and longissimus muscle area (AOL). Economic values were obtained for a change in one unit of each trait, maintaining the remaining unchanged. Then the economic values were standardized by its standard deviation of each trait. To generate selection indices the genetic (co)variances components of the traits were estimated by Bayesian implementation via Gibbs sampling using bi-trait animal models. The covariance and variance means obtained were used to generate a new matrix (12 x 12) containing all traits. The "matrix bending" methodology was applied to obtain a positive-defined matrix. The selection index equation used was $I = b_1\text{DEP}_1 + \dots + b_n\text{DEP}_n$, where DEP is the expected progeny differences and "b" is the index coefficient that maximize the correlation among the index and the breeding objective. The "b" coefficients were calculated as $b = G_{11}^{-1}G_{12}a$, where G_{11} is the genetic (co)variance matrix of the criteria in the index, G_{12} is the genetic covariance matrix between the selection criteria in the index and the traits in the breeding objective, and "a" is the vector of corrected economic values. Three indices were constructed with different proposes: indices I represent an overall index, which objective is to select harmonics animals. The indices II and III were defined with the purpose to maximize the weaned calves and finished beef cattle production, respectively. Economic values of the traits varied between R\$ 0.38 and R\$ 68.29 per animal/year. The traits that more strongly affected the economic system were GMDPre (20.55%), IPP (15.70%), AOL (12.13%), GMDPos (11.13%) and P450 (8.98%). The greater economic gains were obtained with index I (R\$ 129.12). Indices II and III represented the lowest gains for the system. Generally, the indices are very sensitive to market conditions. However, they may provide more total gains (genetic and economic) as they comprise a set of economically relevant traits to the production system. In addition, the indices may be applied to different purposes in order to attend specific market requirements.

Keywords: animal breeding, economic selection indices, economic weights.

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Considerações Iniciais

1.1. Introdução

Programas de melhoramento genético de bovinos nacionais e internacionais têm focado no desenvolvimento de trabalhos direcionados à obtenção de animais que apresentam um equilíbrio entre características de crescimento, precocidade, fertilidade, qualidade de carcaça e adaptabilidade. Diante disso, índices de seleção estão sendo desenvolvidos para atender esse propósito, produzir animais mais harmônicos, já que esta ferramenta pode envolver um conjunto de características de interesse para a bovinocultura de corte.

Embora os atuais programas de melhoramento genético disponibilizem índices de seleção para auxiliar na avaliação animal, a maioria destes são empíricos. Nestes índices, as características são ponderadas arbitrariamente, podendo, muito das vezes, não representar a realidade de um dado sistema de produção. Além disso, esses índices podem envolver características que não atendem o objetivo de seleção do sistema produtivo, selecionando-as indevidamente.

Para a correta escolha das características a serem utilizadas como critérios de seleção, o primeiro passo na implantação de qualquer programa de melhoramento genético animal é a definição do objetivo de seleção. Este consiste na combinação de características economicamente importantes para um dado sistema produtivo, com a finalidade de maximizar o ganho genético e econômico¹. Para isso, é necessária a quantificação da importância econômica das características de interesse na bovinocultura de corte. Por meio do conhecimento da relevância econômica de cada característica e consequente definição do objetivo de seleção, os critérios de seleção são escolhidos.

Assim estes critérios podem ser combinados em um índice, cujas ponderações levam em conta a variabilidade, herdabilidade, importância econômica e a correlação genética e fenotípica entre as características. Este tipo de índice é denominado de índice econômico de seleção e é considerado mais eficiente em representar o mérito genético-econômico de um animal². Os índices econômicos, por serem desenvolvidos em função do objetivo de seleção, consideram nas ponderações das características as condições mercadológicas, gestão, manejo e a genética do rebanho. Por esta razão, esta ferramenta é estrita a cada sistema, região e rebanho.

Atualmente, pesquisas científicas que envolvem a criação de índices econômicos para a seleção da raça Nelore, especialmente no bioma Cerrado, ainda não foram realizadas. O

desenvolvimento de um modelo de índices que visa maximizar o ganho genético e econômico dos animais é muito importante para o avanço da bovinocultura de corte nessa região.

Os sistemas de produção extensivos são os mais utilizados no Cerrado. Estes sistemas são baseados em pastagens de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas deste bioma, com uso limitado de insumos. Com isso a raça Nelore predominou no Cerrado brasileiro, em virtude principalmente da rusticidade, adaptabilidade e produtividade desses animais nessa região. Desta forma, o grande desafio para a pecuária brasileira é o desenvolvimento e seleção de bovinos Nelore, que além de rústicos, sejam mais eficientes e produtivos dentro deste cenário.

Diante disso e das necessidades de trabalhos que envolvam índices de seleção como ferramenta para promover a maximização do progresso genético na bovinocultura de corte brasileira, objetivou-se desenvolver índices econômicos para diferentes objetivos de seleção em bovinos Nelore no bioma Cerrado.

1.2. Objetivos de Seleção

De acordo com Ponzoni e Newman³, o estabelecimento do objetivo de seleção consiste na busca de atributos de importância econômica que podem ser melhorados, devendo ser levados em consideração todos aqueles que influenciam a receita e a despesa do sistema produtivo. Por isso, a seleção de animais geneticamente superiores deve envolver tanto questões genéticas como econômicas⁴.

Em virtude da variedade de fatores ambientais, de manejo e mercadológicos que influenciam a pecuária de corte, definir um objetivo de seleção é bastante complexo⁵. Contudo, o estabelecimento dos objetivos de seleção podem ser descritos em cinco fases⁶:

1. Especificação do sistema de produção, que envolve a descrição dos índices zootécnicos, manejo alimentar, reprodutivo e sanitário, aspectos mercadológicos da carne e insumos;
2. Identificação das fontes de receitas e despesas, que descreve quais produtos gerados dentro deste sistema serão comercializados, com a finalidade de gerar receita e descrever todos os gastos realizados para manter o sistema de produção;
3. Determinação das características relacionadas aos custos e receitas, que consiste na identificação as características biológicas que impactam economicamente o sistema produtivo;

4. Obtenção do valor econômico de cada característica, ou seja, quantificar o quanto cada característica impacta o sistema de produção;
5. Definição do objetivo de seleção, por meio da escolha das características de relevância econômica para o sistema produtivo.

A correta determinação dos valores econômicos de cada característica representa um dos principais obstáculos para a obtenção dos objetivos de seleção. A grande limitação para o desenvolvimento destes está relacionada à escrituração zootécnica das propriedades rurais, as quais, em sua maioria, não apresentam nenhum tipo de controle dos índices produtivos e econômicos do sistema de produção. Isso influencia não só o estabelecimento do objetivo de seleção, como também a análise da viabilidade do empreendimento. Por esta razão, é estritamente necessário que as atividades rurais sejam tratadas como “reais empreendimentos”, onde os custos de produção e receitas são conhecidos, permitindo avaliar se a atividade é promissora ou não. Com isso, é possível também avaliar acuradamente o valor econômico de cada característica para um sistema de produção.

O valor econômico é definido como a mudança esperada no lucro para cada unidade de melhoramento de uma característica, mantendo-se as demais inalteradas², podendo ser expresso em diferentes formas (lucro por animal, por kg de carne, por hectare) e calculado por diferentes métodos. Kruprová et al.⁷ relatam que o método normativo, por simulação dos dados é o mais usado pelos pesquisadores e são aplicados por meio de equações de lucro ou modelos bioeconômicos. A equação de lucro é uma simples função linear criada para representar a relação entre o desempenho do animal e o lucro do sistema produtivo⁸. Apesar de ser considerada simples, pode não ser precisa e flexível o suficiente para descrever os diferentes sistemas de produção e condições mercadológicas. Outra alternativa para calcular os valores econômicos são os modelos bioeconômicos, os quais são considerados mais precisos e acurados por conter várias equações que representam as relações biológicas, de manejo, gestão e econômicas do sistema produtivo. Os modelos bioeconômicos contemplam mais informações biológicas do que as equações de lucro, por conseguinte, apresentam maior controle sobre o impacto econômico que uma dada característica pode ter para um sistema produtivo^{7,9}.

1.3. Índices Econômicos de Seleção

O mérito genético-econômico de um animal está relacionado a um conjunto de características que impactam o sistema produtivo. No entanto, as características diferem em

variabilidade, herdabilidade, importância econômica e na correlação genética e fenotípica entre elas^{1,2}. Hazel e Lush¹ relatam que o meio de seleção mais eficaz em avaliar o valor de um animal é a combinação de informações econômicas das características com seus respectivos valores genéticos. Para isso, os índices econômicos de seleção são ferramentas mais eficientes em avaliar economicamente e geneticamente um animal, do que os métodos de seleção unitários (tandem) e de níveis independentes de eliminação.

O índice econômico de seleção é uma ferramenta antiga, posposta por pesquisadores nos anos 30 e 40^{2,10}. No entanto, por ser influenciado pelo tipo de sistema produtivo, fatores biológicos e mercadológicos, sua aplicação é intrínseca ao tipo de sistema avaliado. Isso justifica, além das dificuldades para ponderação econômica das características, o motivo pelo qual esta ferramenta ainda não foi efetivada em programas de melhoramento genético, embora seja de grande importância para o progresso do sistema produtivo animal.

Os índices são desenvolvidos em função do objetivo de seleção, permitindo classificar os melhores animais de acordo com o objetivo proposto. Isso acontece por meio da combinação de critérios pré-estabelecidos, que podem estar direta ou indiretamente relacionados às despesas e receitas do sistema produtivo.

1.3.1. Características e critérios de seleção

Ponzani e Newman³ recomendam que uma clara distinção deve ser feita entre as características do objetivo de seleção e as características utilizadas como critérios de seleção. Características que aparecem no objetivo de seleção devem ser aquelas economicamente importantes, ou seja, diretamente ligadas às receitas e despesas. Por outro lado, os critérios de seleção são características que devem ser mensuráveis, mas não necessariamente apresentam valores econômicos. Existem muitas características avaliadas que não afetam diretamente o lucro, mas estão correlacionadas com aquelas economicamente relevantes, definidas como objetivos de seleção. Por exemplo, o perímetro escrotal (PE) não tem relação direta com os custos e receitas da fazenda, ou seja, não possui valor econômico, entretanto é um indicador de fertilidade e precocidade em machos e fêmeas, pois possui, em geral, moderada correlação com a idade ao primeiro parto (IPP). Desta forma, o PE pode ser critério para seleção de IPP, cuja característica possui valor econômico. Outras razões para utilizar o PE como indicador da fertilidade são a facilidade, o baixo custo de mensuração e o maior ganho genético que pode ser obtido por meio de sua seleção.

Desta forma, a escolha dos critérios de seleção deve satisfazer as seguintes condições: ser altamente correlacionados com as características economicamente relevantes, apresentar variabilidade genética e ser facilmente mensuráveis².

1.3.2. Desenvolvimento dos índices de seleção

A partir da definição dos objetivos e critérios de seleção e da estimação dos componentes de (co)variâncias genéticas e fenotípicas entre as características, os índices podem ser desenvolvidos. Para isso, Hazel² determinou que o valor agregado, ou o mérito genético de um animal é a soma de seus valores genéticos ponderados de acordo com o valor econômico relativo de cada característica. Este conceito foi então denominado de genótipo agregado, o que na verdade é o valor genético agregado de um animal, podendo ser representado por $H = a_1g_1 + a_2g_2 \dots a_mg_m$, em que H é uma função linear dos valores genéticos aditivos (g_i) para cada uma das características de interesse ponderadas pelos seus respectivos valores econômicos relativos (a_i).

Então, o objetivo de seleção é definido como um conjunto de características economicamente importantes que contribuem para o objetivo do sistema. O valor genético agregado é uma função linear dos valores genéticos para as características e seus respectivos valores econômicos, de forma que se selecionado, o objetivo de seleção será alcançado. Por esse motivo, a literatura trata estes conceitos como sinônimos.

No passado, o conhecimento dos valores genéticos era limitado, por isso, os índices de seleção foram desenvolvidos baseados no desempenho fenotípico de cada animal para cada característica. Sendo assim, a seleção para H , geralmente, era praticada indiretamente por meio da seleção para um índice (I), de forma que a correlação (r_{HI}) entre estes seja a máxima possível. A notação matricial para este índice é $I = b'x$, em que x é um vetor $n \times 1$ do desempenho fenotípico dos critérios de seleção e b é um vetor $n \times 1$ dos coeficientes de regressão obtidos de modo que a correlação (r_{HI}) entre o índice (I) e o valor genético agregado (H) seja maximizada, ou que a variância dos erros ($Var(H - I)$) seja minimizada.

Para minimizar a variância da diferença entre o valor predito (I) e o valor verdadeiro (H) tem-se¹²:

$$\begin{aligned} E(H - I)^2 &= E[(I - H)'(I - H)] \\ E(H - I)^2 &= E[(I - H)(I - H)'] \\ &= E[(b'x - a'g)(x'b - g'a)] \end{aligned}$$

$$= E[(b'xx'b - b'xg'a - a'gx'b + a'gg'a)]$$

em que x é um vetor coluna das observações e g é o vetor coluna dos valores genéticos. Derivando-se cada um dos termos obtém-se:

$$\begin{aligned} E[(b'xx'b) &= b'E(xx')b = b'Pb, \\ E[(b'xg'a) &= b'E(xg')a = b'G_{12}a, \\ E[(a'gx'b) &= a'G_{12}'b = b'G_{12}a, \text{ em que } b'G_{12}a \text{ é uma escalar} \\ E[(a'gg'a) &= a'E(gg')a = a'Ca \end{aligned}$$

Portanto, para minimizar $M = b'Pb - 2b'G_{12}a + a'Ca$ deve-se encontrar valores que correspondem a:

$$\frac{\delta M}{\delta b} = 2Pb - 2G_{12}a + 0 = 0$$

Desta forma, a minimização da variância dos erros ($Var(H - I)$) e a máxima correlação (r_{HI}) entre o índice (I) e o valor genético agregado (H) são alcançadas quando:

$$Pb = G_{12}a$$

Então, os coeficientes de regressão são calculados como:

$$b = P^{-1}G_{12}a$$

em que, G_{12} é a matriz $n \times m$ de covariâncias genéticas para m características relacionadas à lucratividade do sistema e n características indicadoras correlacionadas (critérios) ao H ; P é uma matriz $n \times n$ de (co)variâncias fenotípicas das características indicadoras correlacionadas; e a é um vetor $m \times 1$ de valores econômicos relativos.

É importante notar que as características presentes no índice não necessariamente são, e frequentemente não são, as mesmas características que aparecem no valor genético agregado. Para ilustrar o desenvolvimento dos índices econômicos de seleção, Dekkers et al.¹² descreveram um exemplo em que um sistema de produção de bovinos de corte foi avaliado,

com a finalidade de desenvolver linhagens terminais. Na análise econômica, três características tiveram participação importante no lucro do sistema produtivo, sendo elas o ganho de peso pós desmame (GPD), espessura de gordura (EG) e consumo alimentar (CA), as quais apresentaram valor econômico de 370 \$, -20 \$ e -50 \$, respectivamente. No entanto, apenas o GPD e a EG são normalmente mensuradas em bovinos. Desta forma, as matrizes P e G_{12} podem ser representadas como segue abaixo:

$$P = \begin{bmatrix} \sigma_{GPD}^2 & \sigma_{GPD,EG}^2 \\ \sigma_{GPD,EG}^2 & \sigma_{EG}^2 \end{bmatrix}$$

$$G_{12} = \begin{bmatrix} \sigma_{GPD}^2 & \sigma_{GPD,EG} & \sigma_{GPD,CA} \\ \sigma_{EG,GPD} & \sigma_{EG}^2 & \sigma_{EG,CA} \end{bmatrix}$$

Sendo assim, as características de valor econômico que constituíram o valor genético agregado foram GPD, EG e CA. Enquanto as características utilizadas como critérios de seleção para composição do índice de seleção foram GPD e EG. O cálculo dos coeficientes de regressão (b) está representado a seguir:

$$\begin{bmatrix} b_{GPD} \\ b_{EG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{GPD}^2 & \sigma_{GPD,EG}^2 \\ \sigma_{GPD,EG}^2 & \sigma_{EG}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sigma_{GPD}^2 & \sigma_{GPD,EG} & \sigma_{GPD,CA} \\ \sigma_{EG,GPD} & \sigma_{EG}^2 & \sigma_{EG,CA} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{GPD} \\ v_{EG} \\ v_{CA} \end{bmatrix}$$

Então o índice econômico de seleção para o dado exemplo será:

$$I = b_{GPD}x_{GPD} + b_{EG}x_{EG}$$

em que, x é o desempenho fenotípico dos critérios de seleção GPD e EG.

Atualmente, a predição dos valores genéticos para critérios de seleção utilizando Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) é comumente disponível no melhoramento de bovinos de corte. Por isso, a seleção animal é, usualmente, baseada nas diferenças esperadas na progênie (DEPs) e não em valores fenotípicos. Ao utilizar o método BLUP, a matriz de (co)variâncias fenotípicas não é necessária para construção do índice econômico de seleção. Para isso, Schneeberger et al.¹³ propuseram um índice em que as DEPs são utilizadas e as únicas informações necessárias, além dos valores econômicos, são as (co)variâncias genéticas entre os

critérios de seleção presentes no índice e as covariâncias genéticas entre os critérios de seleção e as características do valor genético agregado. Sendo assim, para o índice cuja notação é $I = b'DEP$, os coeficientes de regressão (b) são calculados conforme equação abaixo:

$$b = G_{11}^{-1} G_{12} a$$

em que, b é o coeficiente de regressão (ponderador) para as DEPs dos critérios de seleção do índice, G_{11} é a matriz $n \times n$ de variâncias e covariâncias genéticas de n critérios de seleção do índice, G_{12} é a matriz $n \times m$ de covariâncias genéticas entre n critérios de seleção do índice e m características do valor genético agregado, e a é o vetor de valores econômicos de ordem $m \times 1$.

Alguns trabalhos usam essa metodologia, demonstrando uma maneira eficiente de aplicar os índices de seleção^{14,15}. Assim, os animais podem ser comparados, mesmo não estando dentro do mesmo grupo contemporâneo, pois as DEPs são ajustadas para os efeitos ambientais que podem influenciar o desempenho do animal.

A confiabilidade da aplicação de um dado índice econômico de seleção pode ser avaliada pela acurácia deste índice, a qual é computada como a correlação entre I e H ¹²:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I \sigma_H}$$

De forma que, a variância do índice, σ_I^2 , é dada por:

$$\begin{aligned} \sigma_I^2 &= Var(b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n) \\ &= b_1^2 \sigma_{p1}^2 + b_2^2 \sigma_{p2}^2 + \dots + 2b_1 b_2 \sigma_{p12} + 2b_n b_n \sigma_{pnn} \end{aligned}$$

Em notação matricial σ_I^2 seria:

$$\sigma_I^2 = Var(b'x) = b'Var(x)b = b'Pb$$

No entanto, se b não for um vetor arbitrário, mas um conjunto ótimo de coeficientes de I , originário a partir da equação $b = P^{-1}G_{12}a$, então, σ_I^2 poderá ser representada como:

$$\sigma_I^2 = b'PP^{-1}G_{12}a = b'G_{12}a$$

Seguindo o mesmo argumento de σ_I^2 , a variância de H (σ_H^2) é:

$$\sigma_H^2 = Var(a'g) = a'Var(g)a = a'Ca$$

em que C é a matriz $m \times m$ das (co)variâncias genéticas entre as características do valor genético agregado. De maneira similar, pode-se calcular a covariância entre H e I , por:

$$\sigma_{HI}^2 = Cov(b'X, a'g) = b'Cov(X, g)a = b'G_{12}a$$

e a correlação entre H e I , por:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I\sigma_H} = \frac{b'G_{12}a}{\sqrt{b'Pb} \sqrt{a'Ca}}$$

Note que, para o índice ótimo a σ_I^2 é igual a σ_{HI}^2 , desta forma, a equação da acurácia pode ser simplificada por:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_I}{\sigma_H} = \sqrt{\frac{b'G_{12}a}{a'Ca}}$$

Assim, a resposta à seleção (S_H) praticada em I para melhorar H pode ser calculada por $S_H = i r_{HI} \sigma_H$, em que i é a intensidade de seleção praticada. Matricialmente, esta equação ($S_H = i r_{HI} \sigma_H$) pode ser expressa como segue abaixo:

$$S_H = \frac{b'G_{12}a}{\sqrt{b'Pa}}$$

Esta equação apresentada é válida para qualquer índice arbitrário. Para o índice ótimo, em que, $b'Pa = b'Ga$, ou seja, $\sigma_I^2 = \sigma_{HI}^2$, a equação de S_H pode ser simplificada por:

$$S_H = i \sqrt{b'G_{12}a}$$

1.4. Objetivos e Índices de Seleção na Bovinocultura de Corte Brasileira

Pesquisas com a finalidade de avaliar a importância econômica de características e de propor objetivos de seleção para diferentes sistemas de produção de bovinos Nelore foram realizadas no Brasil^{14,16-19}. Bittencourt et al.¹⁸ observaram que para sistemas de ciclo completo de produção de bovinos de corte as características que mais impactaram genética-economicamente foram o número de bezerros desmamados (R\$ 16,35 vaca/ano), peso de carcaça (R\$ 19,66 vaca/ano) e consumo de matéria seca (R\$ 15,36 vaca/ano). Nos estudos de Jorge Júnior et al.¹⁷, Campos et al.¹⁴ e Carvalho et al.¹⁹, o número de bezerros desmamados também foi considerado a característica de maior importância econômica em sistemas de ciclo completo de produção. Isso mostra a importância de características reprodutivas na participação do lucro dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil. Isso pode ser confirmado pelo estudo de Brumatti et al.²⁰, os quais mostraram que as características reprodutivas foram de 4,28 a 13,46 vezes mais importantes (genética-economicamente) do que as características de crescimento. Relatou-se neste estudo que a stayability (longevidade produtiva) foi a característica de maior relevância genética-econômica para o sistema de ciclo completo avaliado. Enquanto Moreira²¹ mostrou em seu estudo que o peso de abate e peso a desmama dos machos apresentaram valores econômicos (expressos em reais por ganho genético) superiores ao da taxa de desmama (R\$ 3,58), cujos valores estimados foram R\$ 3,69 e R\$ 3,63, respectivamente.

Ressalta-se que as importâncias econômicas das características podem variar de sistema para sistema. Apesar de nos estudos relatados acima os sistemas serem de ciclo completo, os índices produtivos, reprodutivos, manejo e condições mercadológicas eram intrínsecos a cada um, sendo, portanto, diferentes. O método utilizado para o cálculo dos valores econômicos também pode influenciar na importância econômica dos caracteres avaliados.

Embora existam estudos avaliando a relevância econômica de características na bovinocultura de corte no Brasil, estes são incipientes, devido a avaliação de um número limitado de caracteres, o que interfere na definição do objetivo de seleção. Sabe-se que o desempenho de um animal é consequência da expressão de um conjunto de características reprodutivas (idade ao primeiro parto, intervalo de partos, probabilidade de parto precoce, produtividade acumulada e stayability) de crescimento (ganho médio diário pré e pós desmama, pesos padronizados aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade), carcaça (área de olho de lombo e

rendimento de carcaça) e de eficiência alimentar (eficiência alimentar bruta ou consumo alimentar residual), por isso programas de melhoramento genético animal no Brasil disponibilizam a avaliação genética de uma série de caracteres, usualmente utilizados como critérios de seleção. Desta forma, pesquisas que avaliem o impacto econômico desse conjunto de características em sistemas de produção de bovinos Nelore são necessárias para o desenvolvimento de um objetivo de seleção ótimo, em que todos caracteres importantes são levados em consideração no desenvolvimento dos índices econômicos de seleção.

1.5. Bovinocultura de Corte no Cerrado Brasileiro

O Cerrado é considerado o segundo maior bioma brasileiro, ficando atrás apenas da Amazônia, ocupando 21% do território nacional²². Este bioma é compartilhado por 11 estados que têm a maior densidade de bovinos de corte, compreendendo cerca de 35% do rebanho de bovinos de corte do Brasil²³. O Cerrado apresenta clima tropical sub-úmido, com estações divididas em chuvosas e secas. A área deste bioma consiste de florestas tropicais, pastos e savana, cujos solos geralmente ácidos são relativamente inférteis. Isso fez com que a pecuária de corte se consolidasse como uma das principais atividades econômicas da região, pois essas áreas eram consideradas impróprias para culturas. Só na região Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás) o número de animais abatidos no 4º trimestre de 2015 totalizou 2.716.865 cabeças, representando 35% do total, configurando essa região como líder em produção de bovinos no Brasil²⁴. Desta forma, ferramentas e tecnologias devem ser aplicadas e desenvolvidas com a finalidade de explorar esse potencial do Cerrado brasileiro.

Uma das maneiras de melhorar a produtividade pecuária da região é a seleção genética de animais mais eficientes e produtivos. A raça Nelore tem grande destaque na composição do rebanho de bovinos de corte brasileiro, devido, principalmente, à sua adaptabilidade e desempenho às condições ambientais oferecidos no bioma Cerrado. Apesar dessas virtudes, bovinos Nelore ainda apresentam índices zootécnicos inferiores aos desejáveis, quando comparados à taurinos britânicos, como Aberdeen Angus, por exemplo. Diante deste fato, é necessário o desenvolvimento de trabalhos direcionados ao melhoramento da raça Nelore, que além de rústicos sejam mais eficientes e produtivos, fazendo da atividade pecuária mais atrativa e rentável.

REFERÊNCIAS

1. Hazel LN, Lush JL. The Efficiency of Three Methods of Selection. *J. Hered.* [Internet]. 1943;33(11):393–399. Disponível em: <http://jhered.oxfordjournals.org/content/33/11/393> \n <http://jhered.oxfordjournals.org.ezproxy.library.wisc.edu/content/33/11/393.extract>
2. Hazel LN. The Genetic Basis for Constructing Selection Indexes. *Genetics*. 1943;28(6):476–490.
3. Ponzoni RW, Newman S. Developing breeding objectives for australian beef cattle production. *Anim. Prod.* [Internet]. 1989;49(1):35–47. Disponível em: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0003356100004232
4. Bourdon R, Golden B. EPDS & Economics Determining the Relative Importance of Traits _ [primary-term] content from BEEF Magazine [Internet]. 2000;Disponível em: http://beefmagazine.com/mag/beef_epds_economics_determining
5. Wolfová M, Wolf J, Příbyl J, Zahrádková R, Kica J. Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1. Model development. *Livest. Prod. Sci.* 2005;95(3):201–215.
6. Ponzoni BRW. A profit equation for the definition of the breeding objective of Australian merino sheep. *J. Anim. Breed. Genet.* 1986;103:342–357.
7. Krupova Z, Oravcova M, Krupa E, Peskovicova D. Methods for calculating economic weights of important traits in sheep. *Slovak J. Anim. Science*. 2008;41(1):24–29.
8. Bourdon RM. Shortcomings of Current Genetic Evaluation Systems. *J. Anim. Sci.* 1998;76:2308–2323.
9. Jones HE, Amer PR, Lewis RM, Emmans GC. Economic values for changes in carcass lean and fat weights at a fixed age for terminal sire breeds of sheep in the UK. *Livest. Prod. Sci.* 2004;89(1):1–17.
10. Smith HF. A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugen.* 1936;7:240–250.
11. Siqueira JB, Guimarães JD, Pinho RO. Relação entre perímetro escrotal e características

- produtivas e reprodutivas em bovinos de corte : uma revisão. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 2013;37(1):3–13.
12. Dekkers, J.C.M., Gibson, J.P., Bijma, P., van Arendonk J a. M. Design and optimisation of animal breeding programmes: Wageningen University, The Netherlands. 2004;1–16.
 13. Schneeberger M, Barwick S a, Crow GH, Hammond K. Economic indices using breeding values predicted by BLUP. *J. Anim. Breed. Genet.* 1992;109:180–187.
 14. Campos GS, Braccini Neto J, Oaigen RP, Cardoso FF, Cobuci JA, Kern EL, Campos LT, Bertoli CD, Mcmanus CM. Bioeconomic model and selection indices in Aberdeen Angus cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 2014;131(4):305–312.
 15. Kluyts JF, Naser PFWC. the Development of Economic Selection Indices for the Simmentaler Breed in South Africa By. 2007;37(2):122–131.
 16. Júnior JJ, Cardoso VL, Albuquerque LG De, Queiroz D. Objetivos de seleção e valores econômicos em sistemas de produção de gado de corte no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* [Internet]. 2007;36(5):1549–1558. Disponível em: http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf
 17. Júnior JJ, Cardoso VL, Albuquerque LG De. Revista Brasileira de Zootecnia Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas Bio-economic model to calculate costs and. *R. Bras. Zootec* [Internet]. 2006;35(5):2187–2196. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000700040
 18. Bittencourt TCC, Lôbo RB, Bezerra LAF. Objetivos de seleção para sistemas de produção de gado de corte em pasto: Ponderadores econômicos. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 2006;58(2):196–204.
 19. Carvalho CVD, Bittencourt TCC de. Breeding objectives for a Nellore cattle rearing system. *Pesq. agropec. bras.* 2015;50(9):814–820.
 20. Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, Formigoni EIB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Arch. Zootec.*

2011;60(230):205–213.

21. Moreira HL. Objetivos de Seleção e Valores Econômicos para Bovinos Nelore em Sistema de Ciclo Completo. Tese. 2015;100.
22. Klink CA, Machado RB. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade. 2005;1(1):147–155.
23. ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: 2010.
24. IBGE. Indicadores IBGE. Inst. Bras. Geogr. e Estatística - IBGE [Internet]. 2016;14–49. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>

**CAPÍTULO 2 - VALORES ECONÔMICOS PARA CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS NA
BOVINOCULTURA DE CORTE**

VALORES ECONÔMICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE

Resumo: O melhoramento genético animal deve ser baseado na seleção de características economicamente importantes. Desta forma, objetivou-se avaliar o impacto de características selecionadas em bovinos Nelore sobre um sistema de produção no bioma Cerrado. Para isso, utilizou-se um modelo bioeconômico determinístico e estático para o cálculo do valor econômico de características de crescimento, reprodutivas, eficiência alimentar e carcaça. O modelo foi baseado em uma propriedade de bovinos Nelore PO, localizada no noroeste do estado de Goiás-Brasil, na qual foram obtidas informações sobre manejo, índices zootécnicos, gestão, receitas e despesas. Os valores econômicos (ve) foram calculados por meio da mudança em 1 unidade de cada característica, mantendo as demais constantes. Em seguida o "ve" de cada característica foi padronizado por meio de sua multiplicação com o desvio-padrão fenotípico relativo ao caractere avaliado. O ganho médio diário pré-desmame apresentou a maior importância econômica (R\$ 68,29) no sistema avaliado, destacando-se em seguida para as características de crescimento, o ganho médio diário pós (R\$ 36,99) e peso padronizado aos 450 dias de idade (R\$ 29,84). A melhoria da idade ao primeiro parto (IPP), da produtividade acumulada e do intervalo de partos representou 1/3 do lucro variante total. Dentre as características avaliadas, a IPP foi caracterizada como a segunda de maior importância (R\$ 52,18). A eficiência alimentar teve participação importante na redução dos custos com alimentação e apresentou valor econômico relativo de 5,39%. As características área de olho de lombo e rendimento de carcaça apresentaram "a" de R\$ 40,33 e R\$ 9,73, respectivamente. Os grupos de características reprodutivas, de crescimento, eficiência e carcaça foram importantes para a constituição do lucro do sistema avaliado. Desta forma, de modo a maximizar o ganho econômico do sistema produtivo, a seleção genética animal deve ser praticada em função das características relacionados a esses atributos.

Palavras-chave: modelo bioeconômico, objetivo de seleção, ponderadores econômicos.

ECONOMIC WEIGHTS OF PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE TRAITS IN BEEF CATTLE

Abstract: Animal breeding must be based on selection of economically important traits. The aim of this study was to evaluate the impact of traits usually selected in Nelore cattle on a production system in Cerrado biome. Inputs of management, indices of productivity, income, and expenses were obtained from an operation of purebred Nelore cattle, located in the Northwest of Goiás state, Brazil. A deterministic and static bio-economic model was used to calculate the economic values of growth, fertility, precocity and carcass traits. Economic values (ve) were calculated by a change in one unit of each trait, maintaining the remaining unchanged. The "ve" of each trait was standardized (a) by it multiplication with the phenotype standard deviation relative the trait evaluated. The preweaning average daily gain showed the greatest economic importance (R\$ 68.29) in the system evaluated. Furthermore, posweaning average daily gain (R\$ 36.99) and weight at standard age at 450 days (R\$ 29.84) were more important than other growth traits. The improvement of age at first calve (IPP), accumulated productivity, and calving interval represented 1/3 of variant total profit, where the IPP was the second most important trait (R\$ 52.18). Feed efficiency reduced the feeding costs, which represented 5.39% of the relative economic value. Longissimus muscle area and carcass dressing showed "a" of

R\$ 40.33 and R\$ 9.73, respectively. The group of growth, fertility, precocity, and carcass traits were important for the profit composition of the evaluated system. Therefore, animal genetic selection must be practiced according to the traits related to these attributes to maximize the economic gain of the production system.

Keywords: bio-economic model, breeding objectives, economic importance.

1. Introdução

A principal finalidade de qualquer programa de seleção genética animal deve ser o melhoramento das características economicamente importantes^{1,2}. Para isso, existem três pontos que são necessários conhecer: o impacto econômico que cada característica tem no sistema produtivo, a variabilidade genética e as correlações genéticas e fenotípicas entre elas. Saber qual o retorno esperado, em lucro, para cada unidade de mudança genética de uma característica é um dos primeiros passos que o pecuarista deve almejar e se esforçar para obtê-lo³.

De acordo com Ponzoni e Newman⁴ a decisão sobre quais características serão selecionadas em um rebanho deve basear-se em suas respectivas importâncias econômicas, e não somente se são de fácil mensuração ou se possuem variabilidade genética. Além disso, as características a serem utilizadas como critérios de seleção variam entre rebanho e sua escolha depende do tipo do sistema adotado, das variações mercadológicas, dos preços de insumos, do valor do produto final⁵ e da magnitude dos componentes genéticos relativos à cada característica.

A importância econômica das características é obtida por meio de seus respectivos valores econômicos, os quais podem ser calculados por equações de lucro ou modelos bioeconômicos⁶. O modelo de equações de lucro é considerado simples para obtenção de seus resultados, porém pode não ser preciso e flexível o suficiente para descrever os diferentes sistemas de produção e condições mercadológicas. Enquanto que, modelos bioeconômicos consistem em um conjunto de equações caracterizadas por relações biológicas, manejo, gestão e situações econômicas que determinam a rentabilidade do sistema produtivo avaliado. Isso faz deste modelo mais acurado^{7,8}, em contrapartida, exige mais informações sobre o sistema de produção⁶. Apesar desta limitação, os modelos bioeconômicos são utilizados com frequência em estudos para calcular os valores econômicos⁹⁻¹¹.

Essas análises permitem conhecer melhor a relação das características biológicas do animal com as receitas e despesas do sistema produtivo, e assim identificar quais podem trazer maior lucro para a fazenda. Com isso, o desenvolvimento de estratégias de seleção e manejo pode ser baseado na importância destas características, com a finalidade de alcançar o progresso genético e econômico do sistema produtivo. Apesar do grande avanço do melhoramento genético da raça Nelore nos últimos tempos, estudos que visam mostrar a importância econômica das características enfatizadas na seleção ainda são incipientes e pouco usados como ferramenta em programas de melhoramento genético animal. Desta forma, objetivou-se avaliar a importância econômica de características reprodutivas, de crescimento, eficiência alimentar e de carcaça em bovinos da raça Nelore criados no bioma Cerrado utilizando modelos bioeconômicos.

2. Materiais e Métodos

Para simulação do sistema produtivo de ciclo completo de bovinos da raça Nelore foi utilizado um modelo bioeconômico determinístico e estático, em que se assumiu nenhuma variação entre os animais para as características utilizadas no cálculo dos valores econômicos e nenhuma mudança correlacionada devido à alteração de uma única característica. O sistema de produção foi baseado em uma propriedade de criação de bovinos Nelore PO, localizada no Noroeste do estado de Goiás-Brasil, na qual foram obtidas informações sobre manejo, índices zootécnicos, gestão, receitas e despesas. A coleta de informações, em geral, correspondeu ao período entre 2012 e 2015. No entanto, informações referentes às mensurações de características reprodutivas, de crescimento e carcaça consistiram de animais nascidos entre 1969 a 2015. A região apresenta clima tropical, latitude de 15°52'32'' ao sul do Equador e longitude de 50°52'04'' à oeste do Meridiano de Greenwich. A temperatura apresenta média máxima anual de 39° C e média mínima anual de 15° C. O período de chuvas regulares é de novembro a abril e estação das secas de maio a setembro podendo ocorrer chuvas no mês de outubro. O índice pluviométrico anual é de 1.590 mm ¹².

Para avaliação da importância econômica das características adotou-se as seguintes fases descritas por Ponzoni¹³: (i) especificação do sistema de produção; (ii) identificação das fontes de receitas e despesas; (iii) determinação das características relacionadas aos custos e receitas e (iv) obtenção do valor econômico de cada característica.

i. Sistema Produtivo

a) Estruturação do rebanho

As variáveis biológicas utilizadas para o desenvolvimento do sistema produtivo e composição do rebanho estão descritos na Tabela 1. O rebanho iniciou com um total de 1436 fêmeas (vacas e novilhas), sendo 800 vacas multíparas, 480 novilhas de 21 a 24 meses e 156 novilhas de 12 a 20 meses. O rebanho também foi constituído por touros de repasse (25) e novilhos machos com idade média de 15 (156) e 20 meses (480). A Figura 1 esquematiza a estrutura do rebanho estudado, desenvolvida a partir do número de matrizes, taxas de prenhez, descarte, natalidade e mortalidade pré e pós-desmame.

TABELA 1- Índices zootécnicos do sistema produtivo para simulação do rebanho

Índices Zootécnicos	Valores
Índices Reprodutivos:	
Taxa de prenhez em vacas - %	85,00
Taxa de prenhez em novilhas- %	90,00
Idade ao primeiro parto - meses	29,74
Intervalo de partos - meses	16,78
Probabilidade de parto precoce - %	51,16
Stayability - %	55,16
Produtividade acumulada -kg	129,77
Índices de Natalidade e Mortalidade:	
Taxa de natalidade - %	82,00
Taxa de mortalidade até a desmama - %	3,00
Taxa de mortalidade pós desmame - %	1,00
Índices Produtivos	
Peso ao nascimento - kg	35,00
Peso aos 120 dias de idade- kg	122,92
Peso aos 210 dias de idade- kg	179,11
Ganho médio diário pré desmame- kg	0,70
Peso aos 365 dias de idade- kg	229,49
Peso aos 450 dias de idade- kg	266,11
Ganho médio pós desmame- kg	0,36
Ganho médio diário no confinamento - kg	1,80
Eficiência alimentar - kg/kg	0,14
Rendimento de carcaça - %	52,00
Área de olho de lombo - cm ²	46,67
Idade média de novilhas para a venda - meses	20,00
Idade média de venda dos tourinhos ou idade de abate - meses	25,00
Peso de abate de vacas de descarte - kg	500,00
Peso de abate de touros de descarte - kg	800,00

TABELA 1 (continuação) - Índices zootécnicos do sistema produtivo para simulação do rebanho

Índices Zootécnicos	Valores
Peso de abate de novilhos de descarte/venda- kg	509,39
Peso de abate de novilhas de descarte/venda- kg	415,00
Índice de Descarte e Reposição	
Taxa de descarte vacas - %	25,00
Taxa de descarte novilhas para abate - %	10,00
Taxa de descarte novilhas para venda - %	40,00
Taxa de novilhas que permanecerão no rebanho - %	50,00
Taxa de descarte touros - %	10,00
Taxa de descarte novilhos para abate - %	10,00
Taxa de descarte tourinhos para venda - %	89,50
Taxa de touros que serão mantidos no rebanho - %	0,50
Outros	
Relação Touro:Vaca	1:58
Lotação animal UA*/ha	1,30
Valor da arroba para animais de corte - R\$	138,00
Valor da arroba para animais reprodutores - R\$	303,60

*Considera-se que uma UA (Unidade Animal) equivale a 450 kg em peso vivo.

No desenvolvimento do rebanho considerou-se uma taxa de concepção de 85% para vacas e 90% para novilhas, em que se deu origem a 1008 bezerros (considerando taxa de natalidade e que 50% eram machos e 50% fêmeas) a partir de uma mesma safra. Em relação às novilhas com idade média de 15 meses, considerou-se que 50% destas apresentaram escore adequado, estando aptas a serem desafiadas reprodutivamente. A proporção de animais prenhes nesta categoria foi baseada no valor de probabilidade de parto precoce (3P), ou seja, na proporção de fêmeas que apresentaram capacidade de engravidar precocemente, manterem a gestação e virem a parir um bezerro vivo (51,16%). Considerou-se também que, parte das matrizes (55,16%) foram avaliadas em outras safras, sendo suas avaliações baseadas na capacidade de produzir pelo menos 3 bezerros até os 76 meses de idade. Essa habilidade foi considerada como indicativo para determinar a importância da longevidade produtiva do rebanho, denominada de stayability (STAY). Para saber a quantidade de animais gerados por cada vaca da categoria STAY, foi considerado a média de idade ao primeiro parto (IPP) e do intervalo de partos (IDP) do rebanho, obtendo-se o seguinte cálculo: bezerros de vacas STAY = $(76 - IPP) / IDP + 1$. Os animais gerados a partir de fêmeas da categoria STAY totalizaram 2.135 bezerros (50% machos, 50% fêmeas). Após o desmame desses animais, as fêmeas (1.552) passaram por uma seleção prévia, na qual 50% foram mantidas para composição do rebanho e

as demais foram destinadas à venda (40%) ou ao abate (10%). Quanto aos machos, apenas 0,5% dos bezerras (8) foram mantidos para fins de reposição, sendo os demais vendidos como reprodutores (89,5%) ou destinados ao abate (10%). Utilizou-se como critério de descarte vacas e novilhas que não engravidaram até o final da estação de monta.

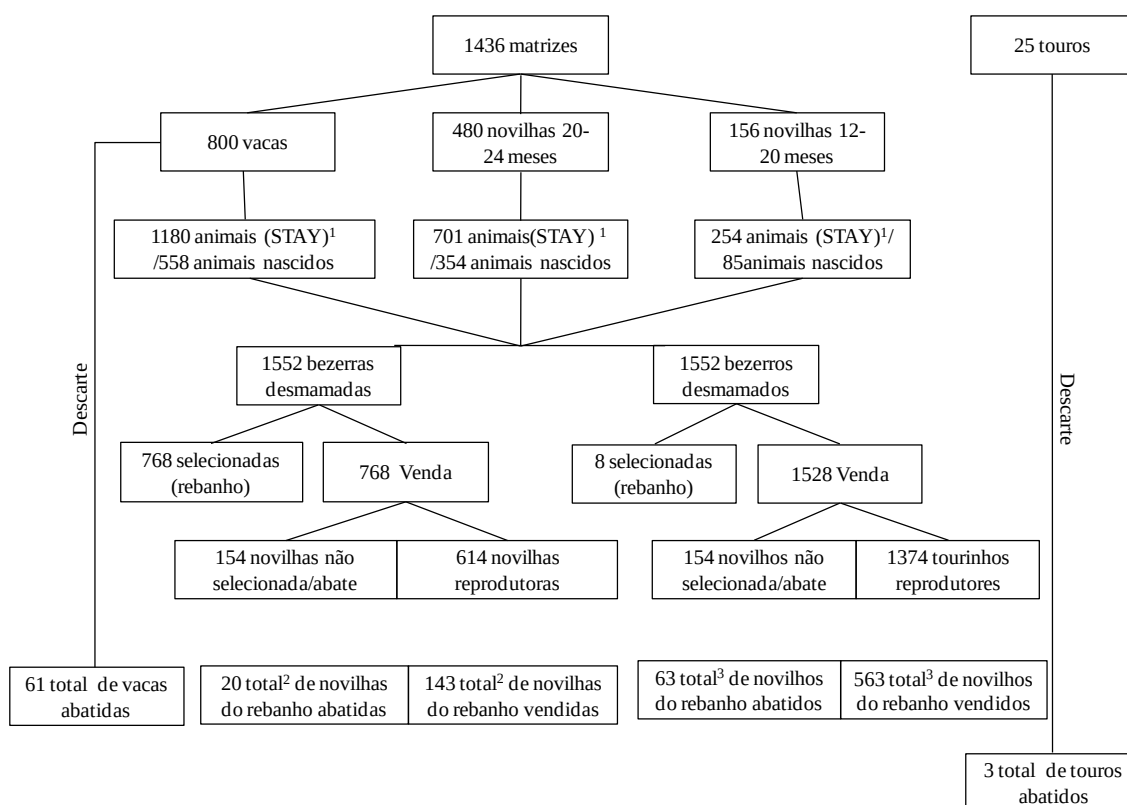


FIGURA 1- Estrutura do rebanho Nelore do sistema de produção avaliado

¹Filhos de matrizes da categoria STAY. ²Parte das novilhas que não engravidaram até o final da estação de monta foram destinados a venda ou abate, estando inclusa na contagem final de animais relacionados à receita do sistema produtivo. ³Novilhos e tourinhos existentes no rebanho inicial foram contabilizados no total de animais destinados a venda ou abate.

b) Manejo Alimentar

Os animais foram submetidos a regime extensivo de criação (pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e BRS Piatã, *Andropogon gayanus* Kunth, *Panicum maximum* cv. Mombaça e cv. Massai), com suplementação de sal mineral durante o ano todo e sal com uréia de junho a outubro (estação seca). Manejos de rotação de pastagens foram adotados. Bezerros até a desmama (8 meses) receberam dieta creep-feeding, com estimativa de consumo de 0,5% de matéria seca (MS) sobre o peso vivo (PV) e, após a desmama, foram

suplementados com alimento concentrado (0,5% MS/PV) até a entrada no confinamento (machos) ou estação de monta (fêmeas).

Os novilhos machos foram confinados por um período de três meses, alimentando-se de uma dieta com relação volumoso e concentrado na proporção 70:30, com consumo estimado de 2,5% MS/PV e um ganho médio diário de 1,45 kg.

c) Manejo Reprodutivo

Todas as fêmeas aptas à reprodução participaram da estação de monta (novembro a fevereiro), sendo inseminadas artificialmente até três vezes por meio da tecnologia inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e, em caso de não prenhez, foram acasaladas com touros de repasse por monta natural. A detecção de prenhez foi realizada por exame de ultrassonografia 18 dias após a realização da inseminação, para identificar as vacas que não engravidaram e submetê-las a outro protocolo de inseminação. Exames andrológicos foram realizados nos touros de repasse antes da estação de monta. Novilhos machos destinados a venda como reprodutores, também foram submetidos à exames andrológicos.

d) Manejo Sanitário

O manejo sanitário foi conduzido conforme calendário profilático estabelecido pelo órgão de defesa de saúde animal do estado de Goiás¹⁴. Rotinas de controle de endoparasitas e ectoparasitas, além do tratamento de alguma eventual enfermidade, foram adotadas quando necessárias, seguindo as recomendações do Médico Veterinário responsável pelo manejo sanitário do rebanho em estudo.

e) Período de Avaliação do Animal

Para avaliação de consumo e gastos do sistema produtivo, considerou-se o ciclo de vida do animal na fazenda, conforme categoria e finalidade, sendo posteriormente corrigido para um ano. O período considerado para animais pertencentes ao rebanho foi a média de IDP do rebanho (16,78 meses), por envolver o tempo total que a matriz tem de gestar, parir e desmamar o bezerro. Para vacas e novilhas descartadas, o período considerado para mantê-las foi de seis meses, os quais seriam 2 meses oferecidos para involução uterina mais 4 meses referente a estação de monta, ou seja, o tempo para este animal engravidar. Quanto às vacas aptas à determinação de sua longevidade produtiva (STAY), o período de avaliação consistiu da idade da primeira prenhez até os 76 meses de idade.

O período de permanência dos tourinhos e novilhos machos acima de 20 meses de idade foi baseado na idade de abate ou venda. Para isso, considerou-se que os animais desta categoria fossem abatidos ou vendidos aos 25 meses de idade. Assim, o tempo de permanência do animal para sua avaliação no sistema foi de cinco meses. Quanto aos novilhos com idade média de 15 meses, o período de permanência no rebanho equivaleu a 10 meses (idade de venda ou abate -15). Para os animais machos e fêmeas nascidos no rebanho, foi considerado o ciclo de avaliação do nascimento até a idade de venda ou abate, exceto àqueles que permaneceram no rebanho para reposição, para os quais foi considerado o período referente ao intervalo de partos.

ii) Despesas e Receitas

As despesas e receitas do sistema produtivo avaliado foram baseadas na estrutura de Custos Operacionais utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAASP)¹⁵, porém não foi atribuído o custo de remuneração de capital investido da terra (custo de oportunidade), por se tratar de uma constante, que não influenciaria a importância econômica das características. Os indicadores foram descritos da seguinte maneira:

- a) Custo Operacional Efetivo (*COE*) de produção – Obtido pelo somatório das despesas gerais para a obtenção da produção no período considerado;
- b) Custo Operacional Total (*COT*) – Somatório do COE e de outros custos operacionais, como depreciação de bens duráveis;
- c) Custo Total (*CT*) – Compreende o COT mais os juros ou remuneração do capital estável e a remuneração da terra (considerada nula);
- d) Receita Bruta Total (*RBT*) – Compreende a entrada de dinheiro referente à venda dos produtos obtidos como resultado do processo de produção;
- e) Margem Bruta (*MB*) – É o resultado do valor da produção obtida na exploração menos o custo operacional efetivo atribuído à atividade;
- f) Margem Líquida (*ML*) – Diferença entre RBT e COT: $ML = RBT - COT$;
- g) Saldo (*S*) – Obtido pela diferença entre RBT e CT: $S = RBT - CT$;

Para computação do custo operacional efetivo foram considerados gastos com alimentação, vacinas, remédios, biotecnologias de reprodução (inseminação artificial em tempo fixo (IATF), ultrassonografia, exames andrológicos, fertilização *in vitro*) e custos gerais, os

quais envolveram gastos com mão de obra, energia, telefone, alimentação, frete, gasolina, contabilidade, escrituração zootécnica, geneticista, programa de melhoramento genético e impostos. Ao valor total dos custos com despesas gerais foram adicionados 20% relativos à margem de segurança. Valores referentes à depreciação de pastagens, bens e benfeitorias em geral, foram utilizados para obtenção do COT, enquanto o custo referente à remuneração de capital investido dos animais, bens e benfeitorias, foram utilizados para obtenção do CT. Quanto à descrição de receitas, a única fonte foi a comercialização dos animais, considerada em kg de carne produzidos em equivalente carcaça, obtidos por meio do produto entre o peso final do animal e rendimento de carcaça ($PF \times RC\%$). Valores de comercialização da carne foram baseados na cotação do mês de janeiro de 2015. Valores de venda dos tourinhos e novilhas, com a finalidade de reprodução, foram obtidos por meio da valorização de 120% sobre o valor comercial da carne.

iii) Características de importância econômica

Avaliou-se características consideradas de importância econômica na bovinocultura de corte, sendo a maioria delas baseada nos critérios de seleção utilizados em programas de melhoramento genético da raça Nelore no Brasil. Foram obtidos valores econômicos para 14 características, as quais foram divididas em 4 grupos:

- *Crescimento*: Pesos padronizados aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade (P120, P210, P365 e P450, respectivamente), Ganho médio diário pré- e pós-desmame (GMDPre e GMDPos, respectivamente). Foi realizada uma regressão linear das características de pesos padronizados e ganho de peso em função do peso de abate, para calcular o valor econômico das características avaliadas. As observações para estas características consistiram num total de 1532 animais referentes à propriedade rural estudada, cujo peso à idade em que os animais foram abatidos foi mensurado. A idade de abate foi fixada em 750 dias, e então, os pesos de abate foram padronizados em função desta idade (P750). As funções obtidas por meio da análise de regressão foram:

$$\hat{y} (P750) = 137,73 + 0,30P120 + 0,54P210 + 0,40P365 + 0,55P450 \quad r^2 = 0,42$$

e

$$\hat{y} (P750) = 202,31 + 339,74GMDPre + 194,35GMDPos \quad r^2 = 0,40.$$

- *Reprodutivas*: idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IDP), longevidade produtiva ou stayability (STAY), probabilidade de parto precoce (3P) e produtividade acumulada (PAC). As avaliações fenotípicas da STAY e 3P são realizadas por meio de escores, em que 0 indica os animais que não se adequaram aos critérios e 1 refere-se àqueles que atenderam aos critérios estabelecidos para cada característica, caracterizando-as como categóricas binárias. Para permitir suas avaliações econômicas, estas características foram expressas por meio de suas respectivas frequências no rebanho. A PAC é a produção em kg de bezerros desmamados por vaca ao ano, indicando a capacidade que as fêmeas têm em parir precocemente e permanecer produtivamente no rebanho, desmamando bezerros pesados;

- *Eficiência alimentar*: a eficiência alimentar bruta (EA) foi avaliada pela relação entre o ganho de peso diário (GPD) e o consumo de MS diário (CMS), durante o período de confinamento dos animais. O cálculo para obtenção dessa variável foi $\frac{GPD}{CMS}$ expresso em kg. Posteriormente, o valor da eficiência alimentar foi fixado e utilizado para estimar o consumo de matéria seca do animal, e assim, as mudanças na eficiência alimentar promoviam modificações no consumo de matéria seca. Desta forma, nesta avaliação, considerou-se que os animais foram mais eficientes por consumirem menos alimento e produzir a mesma quantidade de carne, descartando a hipótese de que eles poderiam produzir mais carne consumindo a mesma quantidade de alimento.

- *Carcaça*: área de olho de lombo (AOL) e rendimento de carcaça (RC). Uma análise de regressão foi realizada para permitir o conhecimento da importância econômica da AOL. Desta forma, a regressão para AOL foi calculada em função do P450, pois na base de dados avaliada não havia informações de animais com P750 e AOL. A função obtida desta análise (11.312 animais) está apresentada como segue abaixo:

$$\hat{y}(P450) = 128,23 + 2,91AOL$$

e o P750 foi calculado em função do P450, cujas observações referiram-se a 1.532 animais:

$$\hat{y}(P750) = 106,14 + 1,17\widehat{P450} \quad r^2 = 0,67$$

em que $\widehat{P450}$ é o peso aos 450 dias de idade predito em função da AOL.

iv) Ponderação econômica das características

O valor econômico (ve) da característica (i) foi expresso em reais por animal por ano, obtido pela diferença entre o lucro antes (L) e após a mudança (L') em uma unidade de cada característica, mantendo-se a média das demais inalterada. Esta função está representada abaixo:

$$ve_i = \frac{\Delta L_i}{n}$$

em que ΔL é o lucro variante ($L' - L$) da característica i e n é o número de animais do rebanho. A avaliação da importância econômica das características pode ser comprometida por meio desses valores, pois nem todas características são mensuradas na mesma unidade. Portanto, para comparar o valor econômico das características avaliadas, o valor econômico foi padronizado e definido como:

$$a = ve_i \times \sigma f$$

em que a é o valor econômico padronizado da característica i e σf é o desvio-padrão fenotípico da característica i . Desta forma, o valor econômico de cada característica refere-se ao lucro obtido por meio da mudança de um desvio-padrão fenotípico do respectivo caractere avaliado. Exceto para EA e RC, as informações referentes ao σf de cada característica foram obtidas a partir do sistema de produção da propriedade de criação de bovinos Nelore PO em estudo. Valores de média e desvio-padrão da EA e RC foram baseados na literatura^{16,17}.

O valor econômico relativo (vr) foi calculado como segue abaixo:

$$vr_i = \frac{a_i \times 100}{\sum a_n}$$

em que $\sum a_n$ é a soma dos valores econômicos padronizados de todas características avaliadas.

O impacto que cada característica apresentou sobre os custos totais, receitas e componentes dos custos operacionais efetivos foram calculados como:

$$I_{ix} = \frac{\Delta_{ix}}{T_x}$$

em que I é o impacto da característica i sobre a variável x (custos totais, receitas ou componentes dos custos operacionais efetivos), Δ é a diferença da variável x antes e após a mudança da característica i e T é o valor total da variável x antes do melhoramento das características.

v) Modelo Bioeconômico

Para o desenvolvimento do modelo bioeconômico utilizou-se o programa computacional Microsoft Excel®, onde foram criadas planilhas eletrônicas, com múltiplas funções matemáticas interligadas, utilizadas para descrição do sistema produtivo e computação dos valores econômicos das características avaliadas. As planilhas eletrônicas desenvolvidas foram:

1. Planilha de índices zootécnicos: consta informações biológicas do rebanho como apresentadas na Tabela 1;
2. Planilha da estruturação do rebanho: descreve a estrutura do rebanho em categorias e classes de sexo desenvolvida com base nos índices zootécnicos do rebanho, como taxa de prenhez, natalidade, mortalidade e descarte, dentre outros;
3. Planilha dos valores de mercadorias e serviços prestados: apresenta preços de comercialização de mercadorias e serviços utilizados no sistema produtivo, como sal mineral, concentrado, vacinas, vermífugos, ultrassonografia, protocolos de sincronização, energia, mão-de-obra, etc.;
4. Planilha de consumo estimado: consta o consumo estimado por animal de alimentos, vacinas, remédios e biotecnologias reprodutivas por categoria de idade e peso, para auxiliar na computação total de gastos operacionais relacionados aos animais. Esta planilha está exemplificada na Figura 2. A estimativa de consumo de cada produto foi baseada no manejo da propriedade rural em estudo, como por exemplo, a ingestão de suplemento concentrado, considerada 0,5% de MS sobre o peso corporal. Quanto às vacinas e remédios, as doses foram calculadas conforme recomendações da bula;
5. Planilha de gastos com alimentação: apresenta os gastos totais com alimentação para o período de avaliação dos animais (e por ano) no sistema

produtivo. Esta planilha está relacionada às planilhas do item 2, 3 e 4. Na Figura 3 pode-se ver uma exemplificação para os gastos com sal mineral;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Consumo Estimado de Produtos pelos Animais												
2	Idade	0-8 meses	8-12 meses	1 a 2 anos	♂ machos	2-3 anos	♂ machos	3 a 4 anos	♂ machos	4 a 5 anos	♂ machos	5 a 6 anos	♂ machos
3	UA	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.0	1.3	1.2	1.3	1.2	1.4
4	Alimentação												
5	Sal Mineral - kg		3.88	14.07	19.75	23.56	27.14	25.55	31.94	30.66	33.22	30.66	35.77
6	Sup. Concentrado-kg		124.62	452.23	634.73	757.38	872.27	821.25	1026.56	985.50	1067.63	985.50	1149.75
7	Alimento Creep-kg	90.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Sup. Silagem-kg		747.74	2713.39	3808.39	4544.25	5233.64	4927.50	6159.38	5913.00	6405.75	5913.00	6898.50
9	Ureia-kg		4.43	16.08	22.57	26.93	31.01	29.20	36.50	35.04	37.96	35.04	40.88
10	Silagem Engorda- kg		1079.65	3917.83	5498.89	6561.39	7556.79	7114.76	8893.45	8537.71	9249.19	8537.71	9960.66
11	Concentrado Engorda - kg		207.18	751.81	1055.21	1259.10	1450.11	1365.29	1706.61	1638.34	1774.87	1638.34	1911.40
12	Vacinas												
13	Aftosa - doses	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
14	brucelose -doses	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Vacina POLI -doses	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16	Vacina Bioleptogen -doses	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	Raivacel Multi -doses	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
18	Remédios												
19	Dectomax - mL	3.6	4.5	6.0	8.1	7.2	9.0	9.0	11.7	10.8	11.7	10.8	11.7
20	Terramicina - mL	5.0	5.0	15.0	15.0	18.0	18.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
21	Vivacet La-tristezinha (10 mL)	10.0											
22	Formopel (cascos) (2mL)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
23	Oxitrat LA PLUS (10 mL) mL	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
24	Flytion (1mL/10kg, max. 40mL)	18.0	22.5	31.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
25	Curso Zero - g	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	Bovitam (10 mL) - mL	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
27	Mercepton-antitox (20 a 100 mL dia)	20.0	20.0	30.0	30.0	50.0	50.0	60.0	60.0	80.0	80.0	80.0	80.0
28	Brinco TOP TEC - unidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	Outros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

FIGURA 2 – Planilha de consumo estimado de produtos pelos animais

	A	B	C	D	E
6	Categoria	Quantidade - kg/Ciclo	Valor/Ciclo	Qtde - kg/ano	Valor/ano
7	Vacas com Stay	51970.57	R\$ 64,339.57	6827.24	R\$ 8,452.13
8	Animais de novilhas +20 m com STAY*	30870.52	R\$ 38,217.70	6827.24	R\$ 8,452.13
9	Animais de novilhas 3P com Stay	5424.03	R\$ 6,714.94	1084.81	R\$ 1,342.99
10	Animais de novilhas 12-20 m com Stay	4902.08	R\$ 6,068.78	1084.13	R\$ 1,342.16
11	Vacas Descartadas				
12	2/3 anos	7.14	R\$ 8.84	7.14	R\$ 8.84
13	3/4 anos	255.47	R\$ 316.28	255.47	R\$ 316.28
14	4/5 anos	306.57	R\$ 379.53	306.57	R\$ 379.53
15	5/6 anos	306.57	R\$ 379.53	306.57	R\$ 379.53
16	Vacas Rebanho				
17	2/3 anos	98.23	R\$ 121.60	70.25	R\$ 86.96
18	3/4 anos	3514.85	R\$ 4,351.38	2513.60	R\$ 3,111.84
19	4/5 anos	4217.82	R\$ 5,221.66	3016.32	R\$ 3,734.20
20	5/6 anos	4217.82	R\$ 5,221.66	3016.32	R\$ 3,734.20
21	Novilhas 20 meses				
22	Rebanho	2918.50	R\$ 3,613.10	2087.13	R\$ 2,583.86
23	Descarte/venda	1466.81	R\$ 1,815.91	1466.81	R\$ 1,815.91
24	Novilhos 20 meses				
25	Reposição	90.16	R\$ 111.62	64.48	R\$ 79.82
26	Descarte	214.93	R\$ 266.08	214.93	R\$ 266.08
27	Venda	1923.61	R\$ 2,381.43	1923.61	R\$ 2,381.43
28	Touros				
29	Rebanho	1114.55	R\$ 1,379.81	797.05	R\$ 986.75
30	Descarte	44.28	R\$ 54.82	44.28	R\$ 54.82
31	Novilhas 12 a 18 meses				
32	Rebanho	602.82	R\$ 746.29	431.10	R\$ 533.70

FIGURA 3 – Planilha de gastos com alimentação referentes ao consumo de sal mineral

6. Planilha de gastos com vacinas e remédios: apresenta os gastos totais com vacinas e medicamentos para o período de avaliação (e por ano) dos animais no sistema produtivo. Esta planilha está relacionada às planilhas do item 2, 3 e 4. Na Figura 4 pode-se ver uma exemplificação para os gastos com vacinação contra febre aftosa;

	A	B	C	D	E
9	Vacina - Febre Aftosa				
10	Categoria	Qtde - ds/Ciclo	Valor/Ciclo	Qtde - ds/Ano	Valor/Ano
11	Vacas com Stay	14249.36	R\$ 20,661.57	3151.35	R\$ 4,569.46
12	Vacas Descartadas				
13	2/3 anos	0.61	R\$ 0.88	0.61	R\$ 0.88
14	3/4 anos	20.00	R\$ 29.00	20.00	R\$ 29.00
15	4/5 anos	20.00	R\$ 29.00	20.00	R\$ 29.00
16	5/6 anos	20.00	R\$ 29.00	20.00	R\$ 29.00
17	Vacas Rebanho				
18	2/3 anos	2.98	R\$ 4.32	2.13	R\$ 3.09
19	3/4 anos	98.38	R\$ 142.65	70.35	R\$ 102.01
20	4/5 anos	98.38	R\$ 142.65	70.35	R\$ 102.01
21	5/6 anos	98.38	R\$ 142.65	70.35	R\$ 102.01
22	Novilhas > 20 meses				
23	Rebanho	88.58	R\$ 128.44	63.34	R\$ 91.85
24	Descarte/venda	62.25	R\$ 90.26	62.25	R\$ 90.26
25	Novilhos >20 meses				
26	Reposição	2.38	R\$ 3.45	1.70	R\$ 2.46
27	Descarte	23.76	R\$ 34.45	23.76	R\$ 34.45
28	Venda	212.65	R\$ 308.35	212.65	R\$ 308.35
29	Touros				
30	Rebanho	22.28	R\$ 32.31	15.94	R\$ 23.11
31	Descarte	2.48	R\$ 3.59	2.48	R\$ 3.59
32	Novilhas 12 a 18 meses				
33	Rebanho	61.28	R\$ 88.86	43.82	R\$ 63.55
34	Venda	30.89	R\$ 44.79	30.89	R\$ 44.79
35	Descarte	7.72	R\$ 11.20	7.72	R\$ 11.20
	◀ ▶ ...	Valores de Mercadorias e serviç	Consumo	Vacinas e remédios	Reprod

FIGURA 4 - Planilha de gastos com vacinas e remédios referentes aos custos com vacinação contra febre aftosa

7. Planilha de gastos com biotecnologias reprodutivas: apresenta os gastos totais com IATF, ultrassonografia, andrológicos, transferências de embrião, etc., para o período de avaliação (e por ano) dos animais no sistema produtivo. Esta planilha está relacionada às planilhas do item 2, 3 e 4. Na Figura 5 pode-se ver uma ilustração para os gastos com IATF;

	A	B	C	D	E
8	Protocolo e IATF				
9	Categoria	Quantidade - uni./ciclo	Valor/Ciclo	Qtde - uni/Ano	Valor/Ano
10	Vacas com Stay	3697	R\$ 113,129.98	818	R\$ 25,019.53
11	Novilhas 3P Stay	243	R\$ 7,436.18	49	R\$ 1,487.24
12	Vacas Normais	1584	R\$ 48,470.40	1133	R\$ 34,662.98
13	Novilhas > 20 meses	922	R\$ 28,200.96	659	R\$ 20,167.55
14	Novilhas 12 a 18 meses	139	R\$ 4,253.28	99	R\$ 3,041.68
15	Total	6585	R\$ 201,490.80	2757	R\$ 84,378.98

FIGURA 5 – Planilha de gastos com biotecnologias reprodutivas referentes aos custos com IATF

8. Planilha de custos gerais e outros: apresenta os gastos totais com energia, telefone, gasolina, mão-de-obra, oficina, impostos etc., para o período de avaliação (e por ano) dos animais no sistema produtivo. Esta planilha também contém inventariação animal e de bens e benfeitorias;
9. Planilha de receitas: descreve a relação de animais destinados à venda para geração de receita. Esta planilha está relacionada à do item 1 e 2;
10. Planilha de análise econômica: consta a análise econômica do sistema produtivo avaliado baseada na metodologia de Custos Operacionais. Esta planilha está relacionada às planilhas dos itens 5, 6, 7, 8 e 9;
11. Planilha de valores econômicos: calcula os valores econômicos das características quando uma mudança é imposta a elas, de modo que, se uma característica é modificada, as demais permanecem inalteradas (Figura 6).

	Traits	Valores	Mudança	ΔD	VE	a
1	Idade ao Primeiro Parto - meses	25.49	1	4.25	R\$ 12.28	R\$ 52.18
2	Intervalo de Partos - meses	16.78		0	R\$ -	R\$ -
3	Probabilidade de Parto Precoce	51.14%		0	R\$ -	R\$ -
4	Stay	55.16%		0	R\$ -	R\$ -
5	P120 -kg	122.92		0	R\$ -	R\$ -
6	P210 -kg	179.11		0	R\$ -	R\$ -
7	GMDPre -kg	0.70		0	R\$ -	R\$ -
8	P365 -kg	229.49		0	R\$ -	R\$ -
9	P450 -kg	266.11		0	R\$ -	R\$ -
10	GMDPos -kg	0.36		0	R\$ -	R\$ -
11	Eficiência Alimentar - kg	0.13		0	R\$ -	R\$ -
12	Idade Abate - meses	25.00		0	R\$ -	R\$ -
13	Rendimento de Carcaça - %	52.0%		0	R\$ -	R\$ -
14	AOL- cm ²	46.67		0	R\$ -	R\$ -
15	PAC	129.77		0	R\$ -	R\$ -
16				0	R\$ -	R\$ -

FIGURA 6 – Planilha de valores econômicos das características avaliadas

3. Resultados

Na composição do custo operacional efetivo, os gastos com alimentação representaram 72,43%, sendo os mais impactantes na produção de bovinos de corte. Em seguida, estão os custos com despesas gerais (21,50%), reprodução (3,40%) e vacinas e medicamentos (2,66%). Uma vez que nesse sistema a receita é proveniente da venda e descarte dos animais, esta foi suficiente para cobrir as despesas do sistema produtivo avaliado (desconsiderando o custo de oportunidade da terra), promovendo um saldo de R\$ 1.639.792,92 por ano (Tabela 2).

TABELA 2 - Análise econômica de um sistema de ciclo completo de produção de bovinos de corte

Especificação	Valores (R\$)
1. Custos de produção	
1.1. Custo operacional efetivo	
1.1.1 Alimentação	3.507.320,27
1.1.2 Vacinas e Remédios	126.852,45
1.1.3 Reprodução	164.696,37
1.1.4 Custos Gerais	1.040.975,26
Custo operacional efetivo - subtotal 1	4.841.844,34
1.2. Custo operacional total	
1.2.1. Custo operacional efetivo	4.841.844,34
1.2.2. Depreciação anual	
1.2.2.1 Bens e Benfeitorias - 15%	908.268,69
Custo operacional total - subtotal 2	5.750.113,03
1.3. Custo total	
1.3.1. Custo operacional total	5.750.113,03
1.3.2. Remuneração de capital investido (6,5%)	
1.3.2.1 Bens e Benfeitorias	393.583,10
1.3.2.2 Animais	1.293.631,63
Custo total- total	7.437.327,77
2. Renda bruta	
2.1. Animais	9.077.120,69
Total de renda bruta	9.077.120,69

TABELA 2 (continuação) - Análise econômica de um sistema de ciclo completo de produção de bovinos de corte

Especificação	Valores (R\$)
3. Margem bruta (2 - 1.1)	4.235.276,34
4. Margem líquida (2 - 1.2)	3.327.007,65
5. Saldo (2 - 1.3)	1.639.792,92

As variáveis econômicas que descrevem a importância de cada característica no lucro do sistema estão apresentadas na Tabela 3. As características de velocidade de crescimento se destacaram por representar 49,32% do lucro variante total (ΔL total), o que significou um ganho de R\$ 688.238,97. O grupo das características relacionadas à fertilidade e precocidade sexual apresentou variação no lucro de R\$ 1.657,46 a R\$ 229.587,45, constituindo 34,49% do ΔL total. Características de carcaça e de eficiência alimentar também demonstraram grande importância no sistema produtivo, pois foram responsáveis por promover um ganho de R\$ 153.372,54 e R\$ 78.881,14, respectivamente.

O GMDPre apresentou a maior importância econômica no sistema avaliado, pois seu a foi de R\$ 68,29/animal/ano. Dentre as características de crescimento, o P450 e GMDPos também se destacaram, com a de R\$ 29,84 e R\$ 36,99, respectivamente. As demais características de crescimento (P120, P210 e P365) apresentaram grau de importância econômica similares, com a médio de R\$ 7,10/animal/ano.

TABELA 3 - Média e desvio-padrão fenotípico (σf), lucro variante (ΔL), valor econômico (ve), valor econômico padronizado (a) e valor econômico padronizado relativo de cada característica (vR)

Características ¹	Média	σf	ΔL (R\$)	ve (R\$)	a (R\$)	vR (%)
<i>Reprodução</i>						
IPP - meses	29,74	4,25	229.587,45	12,28	52,18	15,70
3P - %	51,14	3,20	1.657,46	0,12	0,38	0,11
PAC - kg	129,77	23,47	110.936,53	1,07	25,21	7,58
STAY - %	55,16	3,61	29.521,75	1,86	6,71	2,02
IDP - meses	16,78	4,46	103.391,70	5,27	23,50	7,07
<i>Crescimento</i>						
P120 - kg	122,92	16,99	32.201,97	0,43	7,32	2,20
P210 - kg	179,11	25,75	30.138,44	0,27	6,85	2,06

TABELA 3 (continuação) - Média e desvio-padrão fenotípico (σf), lucro variante (ΔL), valor econômico (ve), valor econômico padronizado (a) e valor econômico padronizado relativo de cada característica (vR)

Características	Média	σf	ΔL (R\$)	ve (R\$)	a (R\$)	vR (%)
GMDPre - kg	0,70	0,12	300.491,96	569,08	68,29	20,55
P365 - kg	229,49	33,73	31.386,97	0,21	7,13	2,15
P450 - kg	266,11	36,92	131.285,74	0,81	29,84	8,98
GMDPos - kg	0,36	0,11	162.733,89	336,27	36,99	11,13
<i>Eficiência e Carcaça</i>						
EA - kg / kg	0,13	0,03	78.881,14	448,25	17,93	5,39
RC - %	52,00	0,40	42.832,95	24,33	9,73	2,93
AOL - cm ²	46,67	7,96	110.539,59	5,07	40,33	12,13

¹IPP – idade ao primeiro parto; 3P – probabilidade de parto precoce; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; GMDPre e GMDPos – ganho médio diário pré e pós desmama; EA – eficiência alimentar; RC – rendimento de carcaça; AOL – área de olho de lombo.

Os valores econômicos das características podem ser explicados por meio de suas relações com as receitas e despesas do sistema produtivo. Na Figura 7 é possível notar que todas as características apresentaram relações em maior ou menor grau com cada um dos componentes econômicos (custos e receitas), exceto para EA, a qual não está relacionada às receitas, devido seu caráter biológico, sendo capaz de influenciar apenas os custos de produção, por meio da redução destes (R\$ 66.736,52). O IDP foi a característica que mais gerou custos, apresentando relação custos:receitas (C:R) de 0,89:1, não obstante, as receitas advindas do melhoramento desta característica (R\$ 1.315.413,00), foram suficientes para cobrir seus gastos (R\$ 1.176.036,83), impactando positivamente o lucro do sistema.

A característica STAY influenciou os custos (R\$ 214.771,07) e receitas (R\$ 244.292,82) praticamente na mesma ordem (0,88:1) que o IDP, no entanto, apresentou vR inferior (2,02% vs 7,58%), pois seu impacto sobre os componentes econômicos foi menor. Por outro lado, a característica que menos influenciou os custos de produção (C:R de 0,23:1) foi a IPP, que por estar mais envolvida às receitas foi responsável em aumentar esta variável em 3,30%, o que representou R\$ 296.705,43. Isso é um dos motivos pela qual a IPP apresentou grande relevância no vR (15,7%). Contudo, o GMDPre foi a característica que gerou mais lucro no sistema produtivo, devido ao aumento de 6,08% nas receitas (R\$ 551.506,71) e de apenas 3,39% nos custos de produção (R\$ 252.101,31). As características pré-desmame impactaram em média 2,97% e 2,00% as receitas e os custos de produção, respectivamente. Enquanto que,

para as características pós-desmame estes valores foram em média 2,75% (receita) e 1,89% (custos). Quanto a característica 3P, embora tenha apresentado relação C:R relativamente baixa (0,41:1), sua participação nas receitas foi de pequeno impacto (R\$ 2.788,25), ao comparar com as demais características, fazendo com que seja menos importante para a constituição do lucro do sistema produtivo.

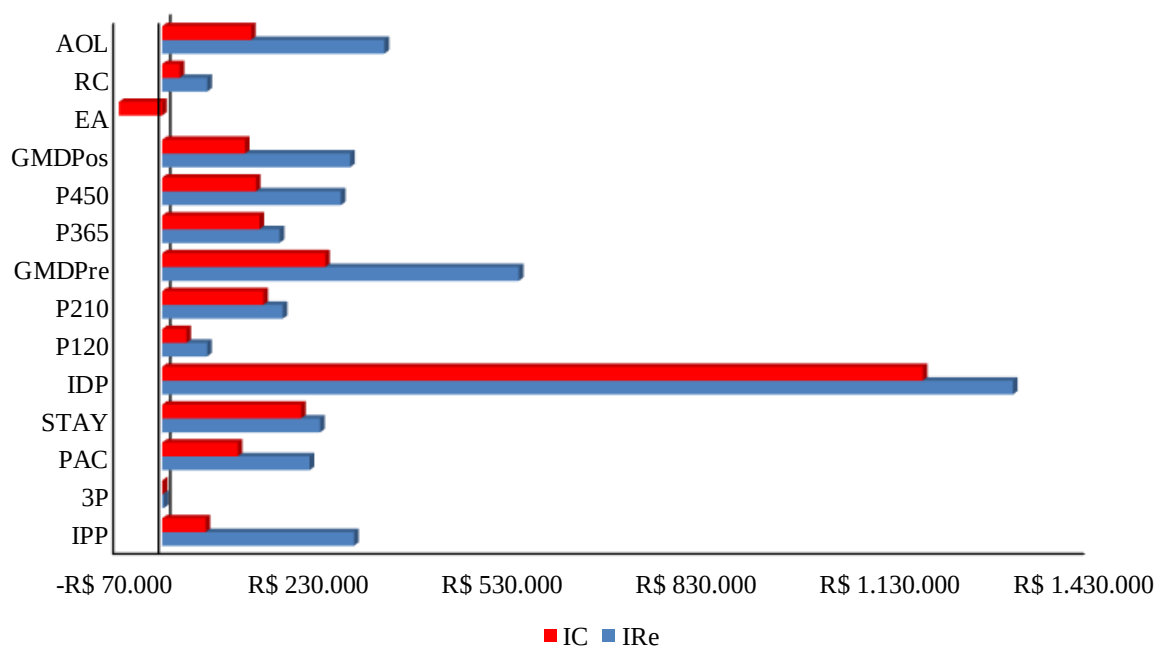


FIGURA 7 - Impacto do melhoramento das características sobre os custos (IC) e receitas (IRe) no sistema produtivo avaliado

*IPP – idade ao primeiro parto; 3P – probabilidade de parto precoce; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; GMDPre e GMDPos – ganho médio diário pré e pós desmama; EA – eficiência alimentar; RC – rendimento de carcaça; AOL – área de olho de lombo

As relações de cada característica com os componentes do COE estão apresentadas na Figura 8. Observou-se que os custos das características reprodutivas, com exceção da PAC, são compostos de gastos com vacinas, remédios, reprodução (protocolos de inseminação, exames, FIV) e custos gerais, além da alimentação. Este fato se dá provavelmente por estas características estarem envolvidas com a produção de bezerros no sistema produtivo. Enquanto nas demais características, o COE está relacionado estritamente à alimentação dos animais, promovendo aumento desta variável, como pode ser observado na maioria das características, ou redução, conforme visto na EA (-1,90%) e IPP (-0,44%). Os custos com alimentação para

as características ponderais representaram aumentos de 1,07%, 4,46%, 4,28% e 4,13% por meio do melhoramento do P120, P210, P365 e P450, respectivamente.

Para o GMDPre e GMDPos os custos com a alimentação foram impactados em 7,18% e 3,64%, respectivamente. O impacto da AOL sobre os gastos com alimentação foi de 2,78%, o qual foi superior ao rendimento de carcaça (0,36%). Em relação às características reprodutivas, os custos com alimentação foram maiores para STAY e PAC quando comparados com os demais componentes do COE. Enquanto que, para o IDP os gastos com reprodução foram mais representativos, os quais implicaram em um aumento de 36,20% neste componente. Além disso, esta característica também esteve grandemente envolvida em gastos com remédios e vacinas (18,35%), assim como a STAY (3,44%) e a IPP (2,20%).

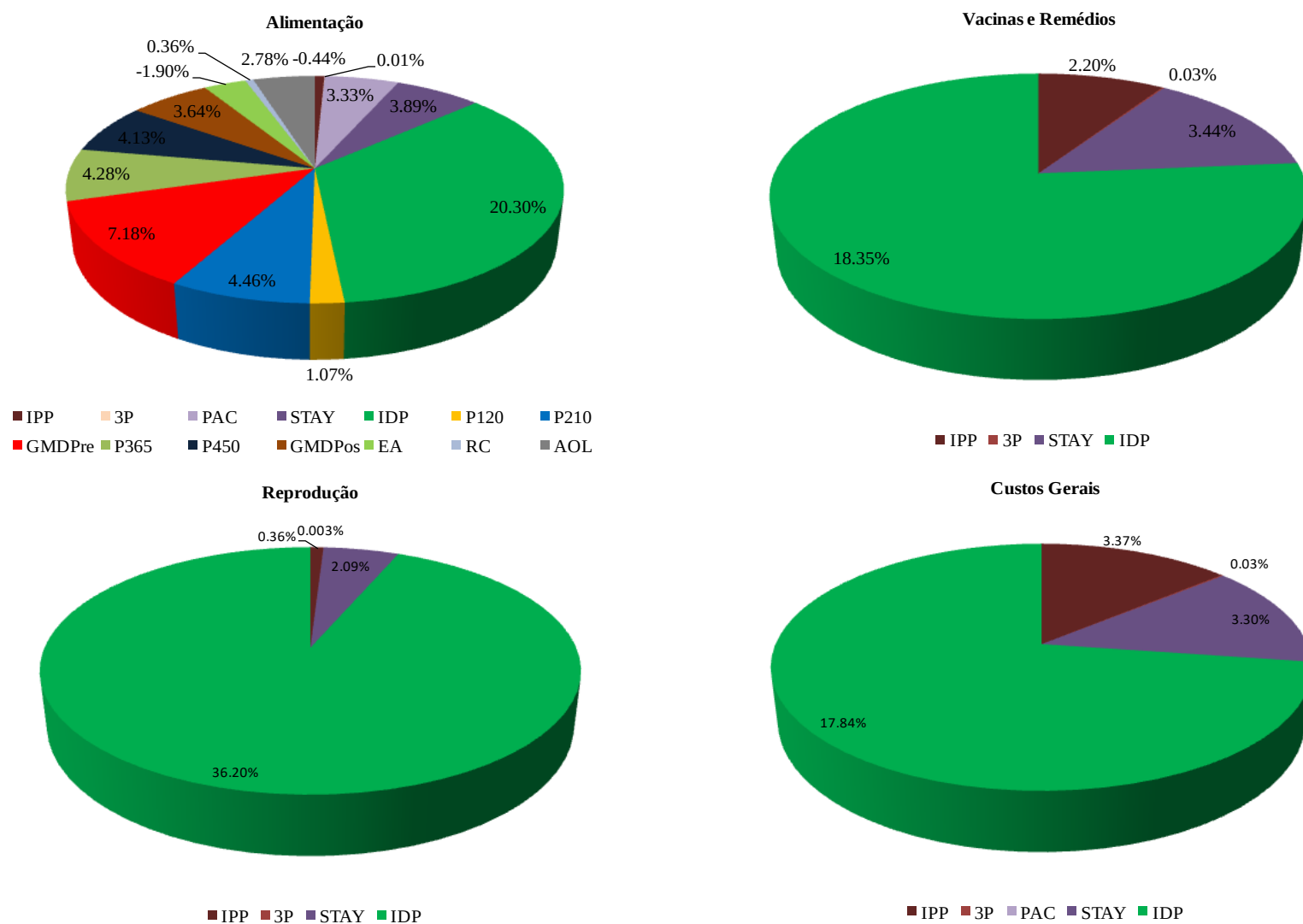


FIGURA 8 - Impacto de cada característica sobre os componentes dos custos operacionais efetivos (Alimentação, Vacinas e Remédios, Reprodução e Custos Gerais)

4. Discussão

Diante dos resultados deste trabalho, pode-se inferir que a bovinocultura de corte é uma atividade atrativa, corroborando com o estudo de Araújo et al.²¹, mas que pode variar conforme condições mercadológicas²². Por esta razão, análises técnicas e financeiras devem ser continuamente refeitas para planejamentos e tomada de decisões²³. Entretanto, isso pode ser uma limitação para a maioria dos pecuaristas brasileiros, devido à falta de controle zootécnico, operacional e financeiro nas fazendas. A inexistência dessas informações pode induzir o investidor a falsas conclusões sobre seu negócio e, conseqüentemente, à prejuízos, que levam a atividade à falência. Com o intuito de evitar esses inconvenientes, os pecuaristas devem ter visão empresarial de suas fazendas. Para isso, a primeira medida a ser adotada é a definição do objetivo do sistema produtivo, o qual pode ser obtido por meio de uma análise crítica do empreendimento, que permita conhecer os recursos disponíveis, assim como as situações econômica, mercadológica e produtiva da cadeia de bovinos de corte ¹⁸.

De maneira geral, a bovinocultura de corte de ciclo completo tem como objetivo principal a produção e terminação de animais, os quais, normalmente, são a principal fonte de receita da fazenda. Muitos indicadores zootécnicos relacionados ao manejo (taxa de prenhez, mortalidade, natalidade, desmama, etc.) e ao potencial genético (ganho em peso, idade ao primeiro parto, intervalo de partos, etc.) do animal podem proporcionar maiores ganhos produtivos e econômicos no sistema de produção ^{11,18,24}. Uma das maneiras de alcançar esse objetivo é a seleção genética das características relacionadas à eficiência produtiva dos animais e econômica do sistema avaliado. Para isso, é necessário conhecer quais características devem ser enfatizadas na seleção com a finalidade de atender o objetivo proposto ao sistema.

Normalmente, programas de melhoramento genético animal oferecem avaliação genética de inúmeras características produtivas e reprodutivas, entretanto não orientam individualmente o pecuarista a usá-las como ferramentas a atingir o objetivo do sistema de produção. A constituição dos objetivos de seleção só é possível por meio da obtenção do valor econômico esperado por meio do melhoramento de uma dada característica. As características podem impactar os custos, as receitas ou os dois ao mesmo tempo⁴. Sendo assim, pode-se inferir que a importância econômica dependerá da relação das propriedades biológicas que cada característica possui com os componentes econômicos, e o conhecimento dessas relações é importante na elucidação dos valores econômicos de cada característica.

Umas das razões pela qual o GMDPre apresentou o maior α é o fato dessa característica representar a fase que tem a maior taxa de crescimento animal. O aumento do peso de um animal ocorre em uma sequência temporal (pré-desmame, pós-desmame, etc.), porém em diferentes velocidades de crescimento, sendo a fase de pré-desmama responsável pela maior taxa de desenvolvimento corporal ²⁵. Dessa forma, o aumento no ganho em peso na pré-desmama impactará mais o peso do animal adulto do que o GMDPos, como observado neste estudo.

Como as receitas são advindas da venda dos animais, baseada em seus respectivos pesos, as características ponderais apresentaram considerável participação nos lucros do sistema avaliado. Além do GMDPre, o P450 e o GMDPos tiveram papel importante na composição dos lucros, pois foram responsáveis por promover em média um aumento de 14.817,59 kg de equivalente carcaça (EqC) para a geração de receita. Isso prova a grande ligação destas características com o peso de abate dos animais.

Dentro deste contexto, as características de carcaça avaliadas, por estarem relacionadas ao peso da carcaça do animal, também contribuíram expressivamente para o aumento do kg de carne vendido. Lopes et al.²⁶ relataram que a AOL é um indicador de musculosidade do animal, e essa medida pode ser utilizada para a avaliação dos rendimentos de cortes comerciais. No presente estudo, esta característica foi a terceira economicamente mais importante, provavelmente por ter sido uma das que mais proporcionou aumento no kg de carcaça, representando a produção de 19.164,32 kg, o que significou 29,33% a mais que a média produzida pelo P450 e GMDPos.

Quanto ao RC, esperava-se que esta impactasse o sistema produtivo na mesma magnitude da AOL, entretanto, com α 314,5% inferior, essa foi capaz de produzir apenas 3.764,44 kg a mais de EqC. A justificativa para esse resultado é a baixa variação fenotípica desta característica, pois ao corrigir o ve para o efeito de unidade, multiplicando este pelo desvio-padrão fenotípico (0,40), sua importância econômica foi reduzida em relação às outras. Considerando-se que se o melhoramento desta característica fosse aplicado por meio do aumento de uma unidade, a produção de kg de carne seria 150% (9.411,11 kg) a mais em relação ao melhoramento do RC por meio de um desvio-padrão. No entanto, é importante considerar a padronização do ve utilizando o respectivo desvio-padrão fenotípico de cada característica, pois assim, a avaliação está sendo aplicada dentro do limite biológico de cada caractere.

Por outro lado, ao analisar a eficiência alimentar (EA), notou-se que apesar de não influenciar a receita do sistema avaliado, esta característica contribuiu consideravelmente para

o lucro, por meio da redução dos custos de produção. Esta redução está relacionada estritamente aos gastos com alimentação, pois ao melhorar a eficiência alimentar do animal, este estará consumindo menos para produzir a mesma quantidade de carne. Bittencourt et al.²⁷ relataram que o consumo de MS é uma das características que mais afetam o sistema produtivo. Como observado no presente estudo, a alimentação foi a principal fonte dos custos de produção (72,43%), e sua redução pode refletir significativamente no aumento do lucro do empreendimento. O melhoramento da EA resultou na diminuição de R\$ 66.736,52 por ano nos custos com alimentação, demonstrando que a busca por animais cada vez mais eficientes deve ser utilizada como estratégia para o melhoramento genético animal. No entanto, os animais podem também ser mais eficientes consumindo a mesma quantidade de alimento e produzir uma maior quantidade de carne, o que foi desconsiderado no presente estudo. Teoricamente, são condições diferentes para designar a eficiência alimentar, podendo esta, então, apresentar dois valores econômicos. A avaliação da eficiência alimentar por meio da variação do consumo de matéria seca é mais prática, por isso, foi aplicada no presente estudo. Entretanto, é importante que estudos futuros considerem ao ponderar o valor econômico desta característica, a eficiência alimentar como resultado do aumento da produção de carne para a mesma quantidade de consumo de matéria seca pelo animal.

As características reprodutivas também têm mostrado grande importância nos sistemas de produção de bovinos, sendo consideradas as que mais impactam economicamente a bovinocultura de corte, provavelmente, por estarem relacionadas ao nascimento de bezerros^{10,27}. Um exemplo disso é a produtividade acumulada (PAC), cuja característica deve ser dada grande atenção em sistemas, principalmente de cria, pois por meio de seu melhoramento aumentou-se 2% a rentabilidade do sistema produtivo. Esta característica foi desenvolvida para avaliar a produtividade das fêmeas em kg de bezerros desmamados por ano, avaliando o desempenho reprodutivo e ao mesmo tempo a habilidade maternal da vaca. Por esse motivo, esta característica compõe várias propriedades desejáveis em uma fêmea, pois ao selecionar animais com altos valores de PAC estará promovendo, por resposta correlacionada, o aumento da habilidade materna, assim como a redução da IDP e IPP²⁸.

Dentro do contexto da pecuária de ciclo curto, quanto mais precoce a novilha, mais rápido o retorno do investimento feito pelo pecuarista na criação e manutenção desse animal até a idade reprodutiva. Por isso, a IPP deve ser utilizada estrategicamente no melhoramento animal. Sabe-se que fêmeas com menor idade ao primeiro parto ficam menos tempo ociosas no rebanho, o que implica no aumento do número de bezerros nascidos e, por consequência, maior

retorno econômico ao produtor. Isso explicaria o porquê da IPP ter sido a segunda característica que mais impactou economicamente o sistema de produção neste estudo. Com a redução da IPP, além dos custos com alimentação terem diminuído (-0,44%) devido à redução no período de suplementação na puberdade das fêmeas, o melhoramento desta característica foi responsável por aumentar o número de bezerros nascidos em 3% (181 animais). Entretanto, na prática, a seleção para idade ao primeiro parto não é simples, pois além de apresentar herdabilidade de baixa magnitude, esta característica não é facilmente mensurável devido à possibilidade do atraso da entrada das fêmeas na reprodução, o que pode prejudicar a avaliação destas. Sabendo da grande importância da IPP para a bovinocultura de corte, é importante que os pecuaristas tenham maior cautela no manejo reprodutivo das novilhas, evitando que isso aconteça.

Como observado, em geral, as características reprodutivas promoveram expressivo aumento nas receitas por estarem envolvidas com o acréscimo de animais no rebanho, mas também estão relacionadas à aumentos nos custos de produção. Isso se deve ao fato de que os gastos para manter as matrizes no rebanho são bastante dispendiosos. Segundo Ferrel e Jenkins²⁹ as exigências nutricionais anuais de fêmeas em recria e adultas constituem dois terços do total dos alimentos de um sistema de produção de bovinos de corte nos Estados Unidos. O mesmo foi observado quando as características intervalo de parto e stayability foram avaliadas no presente estudo. Embora essas tenham sido responsáveis por aumentar o número de bezerros nascidos (761 e 140 bezerros, respectivamente), também influenciaram em grande parte os custos com alimentação. Contudo, a redução no IDP implicou em maior retorno econômico sobre os custos operacionais envolvidos no rebanho de cria.

O IDP é uma variável muito importante em avaliar a eficiência reprodutiva das fêmeas, por isso, foi representativo na composição do lucro do sistema avaliado (7,07%), no entanto, está sujeito às influências de manejo em geral, o que pode prejudicar o melhoramento desta característica. Nota-se que o IDP médio do sistema avaliado foi 16,78 meses, o que para uma pecuária moderna é um valor inadmissível, já que o ideal é a vaca produzir um bezerro ao ano. Este alto valor é devido a média geral do IDP durante o período avaliado (1969 a 2015), contudo na atualidade, com o progresso genético e ambiental ao longo dos anos neste sistema, a média do IDP foi reduzido a aproximadamente 14 meses. Se o IDP do rebanho fosse 12 meses, o lucro do sistema seria 9% maior. Portanto, quando o pecuarista negligencia os manejos necessários para a obtenção de índices zootécnicos satisfatórios, estará também deixando de ganhar dinheiro.

Outro aspecto importante para eficiência reprodutiva das fêmeas é a longevidade produtiva (STAY), pois quanto mais longeva a produtividade da vaca de corte, menor a taxa de reposição do rebanho e por conseguinte maior o desfrute. No presente estudo, a STAY foi a terceira maior característica responsável em aumentar o número de bezerros nascidos, no entanto, ficou atrás de outras características no quesito importância econômica. Resultados contrários foram obtidos por Brumatti et al.¹⁰, os quais indicaram a STAY como uma das principais em constituir o lucro do sistema. Contudo, sabe-se que a importância econômica de cada característica pode variar de sistema para sistema, assim como de método de simulação, o que às vezes, pode inviabilizar a extrapolação destes resultados em outro sistema produtivo.

Quanto à probabilidade de parto precoce (3P), o pequeno valor econômico observado para esta característica é devido aos gastos com as biotecnologias reprodutivas necessárias para desafiar reprodutivamente novilhas mais jovens, já que o índice de prenhez é bem menor nesta fase (idade média de 15 meses), embora os gastos com protocolos, sêmen e ultrassonografia por vaca sejam os mesmos. Considerando o custo com IATF por novilha prenha, observou-se que o gasto para animais com idade média de 15 meses foi de R\$ 104,37, enquanto para animais com mais de 20 meses de idade o custo foi de R\$79,61, ou seja, 23,72% menor. De acordo com Weller³⁰, valores econômicos insignificantes devem ser excluídos dos objetivos de seleção. Entretanto, esta característica não deixa de ser importante para o desenvolvimento do rebanho, pois a redução da idade ao primeiro parto proporciona significativo impacto econômico, conforme observado neste estudo. Dessa forma, os pecuaristas devem ter cautela ao escolher fêmeas que estejam com escore adequado e órgãos reprodutivos aptos a engravidar para aumentar a proporção de animais prenhes e evitar tais prejuízos³¹.

5. Conclusões

As características economicamente mais importantes do ponto de vista reprodutivo foram idade ao primeiro parto, produtividade acumulada e intervalo de partos. Quanto aos caracteres de crescimento, as características de maior relevância econômica foram ganho médio diário pré, peso aos 450 dias de idade e ganho médio diário pós. Nos demais grupos, a área de olho de lombo e a eficiência alimentar também tiveram grande participação no lucro do sistema produtivo avaliado.

Portanto, o sistema de produção de bovinos criados no bioma Cerrado avaliado é impactado economicamente, de maneira proporcional, por um conjunto de características de crescimento, fertilidade e precocidade, eficiência alimentar e carcaça. Sendo assim, é importante que estratégias de seleção e manejo em geral sejam adotadas em função destes caracteres, pois juntos constituem o lucro do sistema de produção.

É preciso considerar que os valores econômicos das características não devem ser extrapolados para qualquer sistema de produção, pois estes estão sujeitos à influência de vários fatores, como mercadológicos, regionais, manejo e de gestão.

5. Referências

1. Kluyts JF, Naser FWC, Bradfield MJ. Development of breeding objectives for beef cattle breeding: Derivation of economic values. *South African J. Anim. Sci.* 2003;33(3):142–158.
2. Adams, D. R., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., Mark, D. R., Luebke, M. K., Griffin WA. The Economic Effects of Sorting Cattle by Weight and Time of Year into Different Production. *Fac. Pap. Publ. Anim. Sci.* 2010;26:595–602.
3. Hazel LN, Lush JL. The Efficiency of Three Methods of Selection. *J. Hered.* [Internet]. 1943;33(11):393–399. Disponível em: <http://jhered.oxfordjournals.org/content/33/11/393> \n <http://jhered.oxfordjournals.org.ezproxy.library.wisc.edu/content/33/11/393.extract>
4. Ponzoni RW, Newman S. Developing breeding objectives for australian beef cattle production. *Anim. Prod.* [Internet]. 1989;49(1):35–47. Disponível em: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0003356100004232
5. Armstrong SL, Wilton JW, Schaeffer LR, Pfeiffeg WC. Feed Intake , Weaning Weight and Net Returns Comparisons for Four Breeding Systems '. *J. Anim. Sci.* 1990;68:1848–1856.
6. Bourdon RM. Shortcomings of Current Genetic Evaluation Systems. *J. Anim. Sci.* 1998;76:2308–2323.
7. Jones HE, Amer PR, Lewis RM, Emmans GC. Economic values for changes in carcass lean and fat weights at a fixed age for terminal sire breeds of sheep in the UK. *Livest. Prod. Sci.* 2004;89(1):1–17.
8. Krupova Z, Oravcova M, Krupa E, Peskovicova D. Methods for calculating economic weights of important traits in sheep. *Slovak J. fo Anim. Sience.* 2008;41(1):24–29.
9. Júnior JJ, Cardoso VL, Albuquerque LG De. Revista Brasileira de Zootecnia Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas Bio-economic model to calculate costs and. *R. Bras. Zootec* [Internet]. 2006;35(5):2187–2196. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000700040

10. Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, Formigonni EIB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Arch. Zootec.* 2011;60(230):205–213.
11. Campos GS, Braccini Neto J, Oaigen RP, Cardoso FF, Cobuci JA, Kern EL, Campos LT, Bertoli CD, Mcmanus CM. Bioeconomic model and selection indices in Aberdeen Angus cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 2014;131(4):305–312.
12. CLIMATE. Santa fé de Goiás [Internet]. 2016 [acesso 30 jul 2016];4–7. Disponível em: <http://pt.climate-data.org/location/312663/>
13. Ponzoni BRW. A profit equation for the definition of the breeding objective of Australian merino sheep. *J. Anim. Breed. Genet.* 1986;103:342–357.
14. AGRODEFESA. Programas de Sanidade Animal [Internet]. 2016 [acesso 6 fev 2016];1–2. Disponível em: <http://www.agrodefesa.gov.br/pagina/ver/12379/programas>
15. Matsunaga M, Bemelmans PF, Toledo PEN, Dulley RD, Okawa H, Pedroso IA. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Bol. Técnico do Inst. Econ. Agrícola.* 1976;23(1):123–139.
16. Ribeiro ELDA, Hernandez JA, Zanella EL, Shimokomaki M, Prudêncio-Ferreira SH, Youssef E, Ribeiro HJSS, Bogden R, Reeves JJ. Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact Bos indicus bulls. *Meat Sci.* 2004;68(2):285–290.
17. Santana MHA, Oliveira GA, Gomes RC, Silva SL, Leme PR, Stella TR, Mattos EC, Rossi P, Baldi FS, Eler JP, Ferraz JBS. Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. *Livest. Sci.* [Internet]. 2014;167(1):80–85. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.002>
18. Barbosa FA, Souza RC, Abreu VJA, Leão JM. Gerência e competitividade na bovinocultura de corte. In: VIII Simpósio de Produção de Gado de Corte. 2012. p. 159–182.
19. Barbosa FA, Pereira JHB, Graça DS, Andrade VJ, Souza RC. Análise de risco e probabilidade de retorno do capital investido em um sistema intensivo de engorda de bovinos de corte. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia,. Palmas: ABZ; 2010.
20. BRASIL, LEI Nº 8.177 D 1 DMD 1991. Estabelece regras para a desindexação da economia e dá outras providências [Internet]. *Diário da República*, 1ª série - nº 116. 1991;3901–3902. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8177.htm
21. Araújo HS, Sabbag OJ, Marotta Lima BT, Andrighetto C, Ruiz U dos S. Aspectos Econômicos da Produção de Bovinos de Corte. *Pesqui. Agropecu. Trop.* 2012;42(1):82–89.
22. Costa FP. Avaliação econômica [Internet]. In: MADUREIRA, L. D. Dia de campo: sistema de produção de carne com Nelore. Campo Grande: Embrapa-CNPGC; 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000122&pid=S1415-6555200600040000700014&lng=en
23. Carvalho FM, Ramos ÉO, Lopes MA. Análise comparativa dos custos de produção de duas

- propriedades leiteiras, no município de Unaí-MG, no período de 2003 e 2004. *Cienc. e Agrotecnologia*. 2009;33(SUPPL.):1705–1711.
24. Gay KD, Widmar NJO, Nennich TD, Schinckel AP, Cole JB, Schutz MM. Development of a Lifetime Merit-based selection index for US dairy grazing systems. *J. Dairy Sci.* [Internet]. 2014;97(7):4568–4578. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214003142> \n <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214003142/pdfft?md5=342ffb0a7c58f8c9ded56ee7cee96253&pid=1-s2.0-S0022030214003142-main.pdf>
 25. Silva NAM, Aquino LH De, Silva FF, Oliveira AIG De. Curvas de crescimento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça Nelore. *Ciênc. agrotec.* 2004;28(3):647–654.
 26. Lopes LS, Ladeira MM, Neto ORM, Paulino PVR, Chizzotti ML, Ramos EM, Oliveira DM de. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.* 2012;41(4):970–977.
 27. Bittencourt TCC, Lôbo RB, Bezerra LAF. Objetivos de seleção para sistemas de produção de gado de corte em pasto: Ponderadores econômicos. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 2006;58(2):196–204.
 28. Schwengber EB, Bezerra LAF, Lôbo RB. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça nelore. *Ciência Rural*. 2001;31(3):483–486.
 29. Ferrell CL, Jenkins TG. Influence of biological types on energy requirements. *Agric. Res. Serv. United States Dep. Agric.* 1988;86–90.
 30. Weller JI. *Economic aspects of animal breeding*. 1994.
 31. Faria CU, Magnabosco CU, Alburquerque LG, Reyes ADL, Bezerra LAF, Lôbo RB. Análise bayesiana na estimação de correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas de bovinos Nelore utilizando modelos linear-limiar []. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2009;61(4):949–958.

**CAPÍTULO 3. ÍNDICES ECONÔMICOS DE SELEÇÃO PARA UM
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE
NO BIOMA CERRADO**

ÍNDICES ECONÔMICOS DE SELEÇÃO PARA UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS NELORE NO BIOMA CERRADO

Resumo: Objetivou-se avaliar o impacto econômico e genético que os índices econômicos de seleção desenvolvidos para diferentes objetivos de seleção podem prover em sistemas de produção de bovinos Nelore criados no bioma Cerrado. Para isso, os valores econômicos e os componentes de (co)variâncias de características selecionadas em bovinos foram estimados. As características avaliadas foram: pesos padronizados aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 dias (P450) de idade, Perímetros Escrotal aos 365 dias (PE365) e aos 450 dias (PE450), Área-de-Olho-de-Lombo (AOL), Acabamento (ACAB), Idade ao Primeiro Parto (IPP), Intervalo de Partos (IDP), Produtividade Acumulada (PAC) e Longevidade Produtiva (STAY). Análises genéticas foram conduzidas por meio da metodologia Bayesiana via Gibbs sampling, em modelo animal bi-característico. As covariâncias e as médias das variâncias obtidas das análises bicaracterísticas foram utilizadas para formação de uma nova matriz (12 x 12) que envolveu todas as características analisadas. O índice econômico de seleção foi baseado na equação: $I = b_1DEP_1 + \dots + b_nDEP_n$, em que DEP é a diferença esperada na progênie do animal e "b" é o coeficiente regressor. O "b" foi calculado por meio da seguinte equação: $b = G_{11}^{-1}G_{12}a$, em que o G_{11} é a matriz de (co)variâncias genéticas entre as características do índice, o G_{12} é a matriz de covariâncias genéticas entre as características do índice e do objetivo de seleção e "a" é o vetor de valores genético-econômicos. Três índices foram construídos com diferentes propósitos: o I referiu-se a um índice geral, enquanto que os índices II e III foram definidos com o objetivo de maximizar a desmama de bezerros e animais terminados, respectivamente. As características reprodutivas foram as que apresentaram maior importância genética-econômica (78%), seguidas das características de crescimento (21%). O índice econômico que proporcionou maior ganho econômico foi o I (R\$ 129,12). Os índices econômicos foram muito sensíveis às condições mercadológicas, mas podem proporcionar maiores ganhos genéticos e econômicos ao sistema de produção.

Palavras-chave: melhoramento genético animal, objetivo de seleção, ponderadores econômicos

ECONOMIC SELECTION INDICES FOR A PRODUCTION SYSTEM OF NELLORE CATTLE IN CERRADO BIOME

The aim of this study was to evaluate the economic and genetic impact of selection indices developed to different breeding objectives on production system of Nellore cattle raised in the Cerrado biome. Economic values and the (co)variances components of traits usually selected in beef cattle were estimated. The traits evaluated were: weight at standard ages of 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) and 450 (P450) days; scrotal circumference at standard ages of 365 (PE365) and 450 (PE450); longissimus muscle area (AOL), fat thickening (ACAB), age at first calving (IPP), calving interval (IDP), stayability (STAY) and accumulated productivity (PAC). Genetic analysis were conducted by Bayesian implementation via Gibbs sampling using bi-trait animal models. The variance means obtained were used to generate a new matrix (12 x 12) containing all traits. The "matrix bending" methodology was applied to obtain a positive-defined matrix. The selection

index equation used was $I = b_1\text{DEP}_1 + \dots + b_n\text{DEP}_n$, where DEP is the expected progeny differences and "b" is the index coefficient that maximize the correlation among the index and the breeding objective. The "b" coefficients were calculated as $b = G_{11}^{-1}G_{12}a$, where G_{11} is the genetic (co)variance matrix of the criteria in the index, G_{12} is the genetic covariance matrix between the selection criteria in the index and the traits in the breeding objective, and "a" is the vector of standardized economic values. Three indices were constructed with different proposes: index I represent an overall index, while the indices II and III were defined with the propose of to maximize the weaning calves and finish cattle, respectively. The reproductive traits had the most genetic-economic importance (78%), following the growth traits (21%). The index I promoted the biggest economic gain (R\$ 129.12). The economic indices were sensitive to market conditions, but can provide greater genetic and economic gains on production system.

Keywords: animal breeding, breeding objetives, economic weights

1. Introdução

Os sistemas de produção de bovinos de corte são impactados por um conjunto de características biológicas expressadas por cada animal. Por esse motivo, a decisão sobre qual indivíduo será selecionado deve considerar uma série de características como critérios de seleção. Existem várias maneiras de selecionar animais para um conjunto de características, mas que podem não ser igualmente eficientes. Segundo Hazel e Lush¹, o método mais eficiente de seleção é aquele que leva em consideração o valor econômico relativo das características, suas respectivas herdabilidades e correlações genéticas. Por isso, os índices econômicos de seleção são mais eficientes, uma vez que permitem o progresso máximo possível para um intervalo de tempo.

Este fato acontece porque nos índices econômicos, o valor de cada animal é dado de acordo com o grau de importância econômica que cada característica apresenta no objetivo de seleção, fazendo do uso desta ferramenta estrito a cada fazenda e rebanho. Desta forma, os índices econômicos de seleção se diferenciam dos índices que a maioria dos programas de melhoramento genético no Brasil disponibiliza para os criadores de bovinos, já que nestes os ponderadores utilizados para cada característica são empíricos, além de serem desenvolvidos sem atender o objetivo de seleção específico de cada sistema produtivo.

O índice econômico de seleção é uma ferramenta antiga, proposta por pesquisadores nos anos 30 e 40^{2,3}, mas devido às dificuldades e limitações para seu desenvolvimento é uma tecnologia pouco adotada para selecionar animais superiores.

Esses entraves estão relacionados ao estabelecimento do objetivo de seleção e às ponderações econômicas das características que impactam o lucro do sistema produtivo. Para o desenvolvimento destes, é necessária uma análise crítica do empreendimento que permita conhecer os recursos disponíveis assim como as situações econômicas, mercadológicas e produtivas da cadeia de bovinos de corte. Quando essa análise é negligenciada, as características são selecionadas arbitrariamente, podendo levar a grandes prejuízos e atrasos no ganho genético.

A realização de uma análise crítica para cada sistema produtivo é fundamental, pois uma característica pode ser economicamente importante para um dado sistema de produção, mas não ser para outro, ou mesmo sendo, pode apresentar graus de relevância econômica diferentes. Desta forma, devido à importância econômica das características ser influenciável por vários fatores que compõe um sistema de produção, os índices de seleção não devem ser tratados como em comum para qualquer rebanho, mostrando que esta ferramenta deve ser desenvolvida estritamente para cada sistema produtivo.

No Brasil, alguns trabalhos referentes a sistemas de criação de bovinos de corte ⁴⁻⁶ foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar o retorno econômico adicional por unidade de melhoramento na característica. No entanto, pesquisas que desenvolvem modelos de índices econômicos de seleção visando selecionar características quantitativas simultaneamente em bovinos Nelore no Brasil, ainda são limitadas. Desta forma, em virtude do crescente desenvolvimento de programas de melhoramento genético da raça Nelore no Brasil, torna-se necessária a avaliação de objetivos de seleção e do impacto econômico e genético que os índices econômicos de seleção podem prover em sistemas de produção de bovinos Nelore criados no bioma Cerrado.

2. Materiais e Métodos

2.1. Sistema de produção

Os índices econômicos de seleção foram baseados em um sistema de produção de bovinos de corte de uma propriedade de criação de bovinos Nelore PO, localizada no noroeste do estado de Goiás-Brasil. A região apresenta clima tropical, com latitude de 15°52'32'' ao sul do Equador, longitude de 50°52'04'' a oeste do Meridiano de Greenwich. A temperatura apresenta média máxima anual de 39°C e média mínima anual de 15°C. Na propriedade foram obtidas informações sobre manejo, índices

zootécnicos, gestão, receitas e despesas. A coleta de informações correspondeu ao período entre 2013 e 2015. O período de chuvas regulares é de novembro a abril e estação das secas de junho a outubro. O índice pluviométrico anual é de 1.590 mm⁷.

O sistema de produção avaliado consistiu na criação extensiva dos animais (pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e BRS Piatã, *Andropogon gayanus* Kunth, *Panicum maximum* cv. Mombaça e cv. Massai), por meio de pastejo rotacionado, com suplementação de sal mineral durante o ano todo e sal com ureia na estação seca. As variáveis biológicas utilizadas para o desenvolvimento do sistema produtivo e composição do rebanho estão descritas na Tabela 1. O rebanho iniciou com um total de 1436 fêmeas (vacas e novilhas), 156 novilhos machos com idade média de 15 meses, 480 tourinhos com idade média de 20 meses e 25 touros. A estruturação do rebanho foi desenvolvida utilizando o número de fêmeas, taxas de prenhez, de descarte, de natalidade e mortalidade pré e pós desmame.

TABELA 1- Índices biológicos e econômicos do sistema produtivo para simulação do rebanho

Índices Zootécnicos	Valores
Índices Reprodutivos:	
Taxa de prenhez, %	85,00
Idade ao primeiro parto, meses	29,74
Intervalo de partos, meses	16,78
Longevidade produtiva, %	55,16
Produtividade acumulada, kg	129,77
Índices de Natalidade e Mortalidade:	
Taxa de natalidade, %	82,00
Taxa de mortalidade pré-desmama, %	3,00
Taxa de mortalidade pós-desmama, %	1,00
Índices Produtivos	
Peso aos 120 dias de idade, kg	122,92
Peso aos 210 dias de idade, kg	179,11
Peso aos 365 dias de idade, kg	229,49
Peso aos 450 dias de idade, kg	266,11
Rendimento de carcaça, %	52,00
Área-de-olho-de-lombo, cm ²	46,67
Peso de abate de vacas de descarte, kg	500,00
Peso de abate de touros de descarte, kg	800,00
Peso de abate de novilhos de descarte/venda, kg	509,39
Peso de abate de novilhas de descarte/venda, kg	415,00
Índice de Descarte e Reposição	
Taxa de descarte das vacas, %	25,00

TABELA 1 (continuação) - Índices biológicos e econômicos do sistema produtivo para simulação do rebanho

Índices Zootécnicos	Valores
Taxa de descarte das novilhas para abate, %	10,00
Taxa de descarte das novilhas para venda, %	40,00
Taxa de novilhas que permanecerão no rebanho, %	50,00
Taxa de descarte de touros, %	10,00
Taxa de descarte de novilhos para abate, %	10,00
Taxa de descarte de tourinhos para venda, %	89,50
Seleção de touros, %	0,50
Outros	
Relação Touro:Vaca	1:58
Valor da arroba para animais de corte ² - R\$	138,00
Valor da arroba para animais reprodutores - R\$	303,60

¹Considera-se que uma UA (Unidade Animal) equivale a 450 kg em peso corporal. ²O valor da arroba equivale 15 Kg.

2.2. Análise econômica

A análise econômica do sistema de produção avaliado está apresentada na Tabela 2 e foi realizada por meio da estrutura de Custos Operacionais utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAASP)⁸.

TABELA 2- Análise econômica do sistema de produção de bovinos Nelore estudado

Indicadores Econômicos¹	Valores
Receita Bruta Total (R\$)	R\$ 9.115.586,31
Custo Total (R\$)	R\$ 7.468.770,56
Lucro (R\$)	R\$ 1.646.815,75
COEMe (R\$/kg)	R\$ 9,90
COTMe (R\$/kg)	R\$ 11,75
CTMe (R\$/kg)	R\$ 15,20
Lucro Médio Total (R\$/Animal)	R\$ 308,12
Lucro Médio Total (R\$/kg carne)	R\$ 3,35

¹COEMe é o custo operacional efetivo médio (despesas necessárias para manter o sistema de produção em relação ao kg de carne produzido). COTMe é o custo operacional total médio (somatório do COEMe e de outros custos operacionais, como depreciação de bens duráveis, em relação ao kg de carne produzido). CTMe é o custo total médio (custo total em relação ao Kg de carne produzido, em que o custo total compreende o COT mais a renumeração do capital investido, desconsiderando o custo de oportunidade da terra). Receita Bruta Total (RBT) compreende a entrada de dinheiro referente a venda de animais obtidos como resultado do processo de produção. Lucro é o valor obtido pela diferença entre RBT e CT.

Para o cálculo dos valores econômicos das características relacionadas às receitas e despesas do sistema produtivo avaliado, utilizou-se um modelo bioeconômico determinístico e estático. Nesse modelo assumiu-se nenhuma variação entre os animais

para as características utilizadas no cálculo dos valores econômicos e nenhuma mudança correlacionada devido à alteração de uma única característica. Os valores econômicos (ve) das características foram expressos em reais por animal por ano e foram definidos por Hazel³, como a diferença entre o lucro antes (L) e após o aumento (L') em uma unidade da característica avaliada ($ve = L' - L$), mantendo-se as demais inalteradas. O ve de cada característica foi multiplicado pelo seu respectivo desvio-padrão genético aditivo ($a = ve \times \sigma_a$), com a finalidade de remover o efeito da unidade que cada característica pode expressar (ex.: kg, g, %), além de fornecer a variação econômica referente a mudança genética da característica estudada⁹.

2.3 Componentes de (co)variâncias

O banco de dados foi provido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) e consistiu na mensuração de características reprodutivas, de crescimento e carcaça de animais nascidos entre 1969 e 2015. A avaliação fenotípica foi realizada em rebanhos localizados em regiões tropicais (cidades Pontes e Lacerda no estado do Mato Grosso e Jussara no estado de Goiás, Brasil), onde as estações do ano são divididas em seca e chuvosa. As características mensuradas consistiram em pesos padronizados aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e aos 450 (P450) dias de idade, área de olho de lombo (AOL), acabamento de carcaça (ACAB), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IDP), produtividade acumulada (PAC), longevidade produtiva (STAY), perímetro escrotal aos 365 (PE365) e 450 dias de idade (PE450).

Análises exploratórias dos dados foram conduzidas para verificar a consistência dos dados e avaliar a significância das fontes ambientais que podem influenciar as características, como rebanho, ano de nascimento, estação de nascimento (classificada em 4 grupos: Jan.-Mar., Abr.-Jun., Jul.-Set., Out.-Dez.), sexo e a idade da vaca ao parto. Desta forma, os grupos contemporâneos foram definidos como o grupo de animais do mesmo sexo e nascidos no mesmo rebanho, ano, estação e criados nas mesmas condições. Desconsiderou-se animais cujas características apresentaram-se valores acima ou abaixo de 3,0 desvios-padrão da média do seu respectivo GC e foram descartados grupos contemporâneos constituídos por menos de 5 animais. O arquivo de pedigree utilizado para construção da matriz de parentesco foi constituído por 84.953 animais. A estatística descritiva do banco de dados está apresentada na Tabela 3.

TABELA 3 - Estatística descritiva de características de crescimento, reprodutivas e de carcaça do rebanho bovino Nelore estudado

Característica [¥]		Estatística descritiva						
		CG ¹	Animais	Pais	Mães	Média	DP ²	CV(%) ³
P120	kg	116	23177	789	10982	123,20	16,99	13,79
P210	kg	116	22184	790	10767	178,04	25,75	14,46
P365	kg	117	20485	792	10413	226,22	33,73	14,91
P450	kg	113	20301	748	10192	259,82	36,92	14,21
PE365	cm	56	7589	578	5428	19,66	2,08	10,59
PE450	cm	57	11272	666	7298	21,63	2,35	10,85
AOL	cm ²	34	11312	436	6210	46,73	7,96	17,04
ACAB	cm	34	11181	434	6167	2,14	0,67	31,34
IPP	m	76	11453	761	7760	37,72	4,25	11,28
IDP	dias	71	7215	617	5398	503,07	136,21	27,08
PAC	kg	69	6383	568	4861	130,96	23,47	17,92
STAY		62	10485	640	7022	0,44	0,50	34,52

[¥] P120, P210, P365, P450 - pesos aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade; PE365 e PE450 -perímetros escrotais aos 365 e 450 dias de idade; AOL - área-de-olho-de-lombo; ACAB - acabamento; IPP - idade ao primeiro parto; IDP - intervalo de partos; PAC – produtividade acumulada; STAY - longevidade produtiva.

¹ Grupo Contemporâneo. ²Desvio-padrão. ³Coeficiente de variação.

Análises genéticas incluíram os efeitos fixos de idade da vaca ao parto como covariável (P120, P210, P365 e P450) e o grupo contemporâneo. Para avaliar os efeitos fixos, o método GLS (Generalized Least Square) foi utilizado. Os efeitos fixos que influenciaram significativamente as características avaliadas foram incluídos nas análises subsequentes. As análises genéticas foram realizadas por meio do modelo animal bi-característico, totalizando 66 análises. O modelo completo linear misto pode ser representado em notação matricial como:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3p + e$$

em que y é o vetor de observações; X é a matriz de incidência que associa β com y ; β é o vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos e idade da vaca ao parto); Z_1 , Z_2 e Z_3 são matrizes de incidência do efeito genético aditivo direto, genético maternal e de ambiente permanente maternal, respectivamente; a é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos aleatórios; m é o vetor de efeitos genéticos aditivos maternais aleatórios, p é o vetor de efeitos de ambiente permanente maternais aleatórios; e e é o vetor dos efeitos residuais aleatórios. Para esse modelo assumiu-se que:

$$\text{var} = \begin{bmatrix} a \\ m \\ mpe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_a \otimes A & G_{am} \otimes A & & \\ G_{am} \otimes A & G_m \otimes A & & \\ 0 & 0 & E_{mpe} \otimes I_c & \\ 0 & 0 & 0 & R \otimes I_n \end{bmatrix}$$

Admitiu-se priores não informativas e gaussianas para os efeitos fixos e aleatórios, respectivamente:

$$\begin{aligned} \beta &\propto \text{constante} \\ a | G_a &\sim \text{MVN}[0, (G_a \otimes A)] \\ m | G_m &\sim \text{MVN}[0, (G_m \otimes A)] \\ mpe | E_{mpe} &\sim \text{MVN}[0, (E_{mpe} \otimes I_c)] \\ e | R &\sim \text{MVN}[0, (R \otimes I_n)] \end{aligned}$$

em que G_a e G_m são as matrizes de (co)variâncias dos efeitos genéticos aditivos direto e maternal, respectivamente; G_{am} é a matriz de (co)variâncias genéticas aditivas entre os efeitos direto e maternal; E_{mpe} é a matriz de (co)variâncias dos efeitos de ambiente maternal permanente; R é a matriz de (co)variância dos efeitos residuais; A é a matriz de parentesco entre todos animais presentes no arquivo de pedigree; I_c e I_n são matrizes identidade, cujas ordens são os números de vacas e animais, respectivamente. A distribuição de Wishart invertida foi utilizada para derivar *a priori* para os componentes de (co)variâncias:

$$\begin{aligned} G_a | S_a, v_a &\sim IW(S_a v_a, v_a) \\ G_m | S_m, v_m &\sim IW(S_m v_m, v_m) \\ E_{mpe} | S_{mpe}, v_{mpe} &\sim IW(S_{mpe} v_{mpe}, v_{mpe}) \\ R | S_r, v_r &\sim IW(S_r v_r, v_r) \end{aligned}$$

em que S_a e v_a , S_m e v_m , S_{mpe} e v_{mpe} , S_r e v_r são os valores das priors e graus de liberdade para os efeitos genético direto, genético maternal, de ambiente permanente maternal e residual, respectivamente.

Para as características ausentes de efeito maternal, o modelo linear misto utilizado foi:

$$y = X\beta + Za + e$$

em que y é o vetor de observações (P365, P450, AOL, ACAB, IPP, IDP, PAC, STAY, PE365 e PE450), X é a matriz de incidência que associa β com y , β é o vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos para todas as características e idade da vaca ao parto somente para P365 e P450), Z é a matriz de incidência do efeito genético aditivo direto, a é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos aleatórios, e, e é o vetor dos efeitos aleatórios residuais.

As estimativas de variância genética aditiva direta (σ_a^2), maternal (σ_m^2), as covariâncias entre o efeito genético aditivo direto e maternal (σ_{am}), variância devido ao efeito de ambiente permanente maternal (σ_{mpe}^2) e a variância residual (σ_e^2) foram estimados por meio da metodologia Bayesiana via Gibbs sampling, em modelo animal bi-característico, usando o programa thr gibbs1f90¹⁰. Na implementação da amostragem de Gibbs, foi utilizado um tamanho de cadeia de 1.000.000 ciclos, dos quais os primeiros 10.000 foram descartados e as amostras retiradas a cada 50 ciclos. Análises de convergências foram verificadas por meio de “traces plots”.

A estimação dos componentes de (co)variâncias para um grande número de características demanda grande capacidade computacional, por isso em muitas ocasiões apenas análises bivariadas são acessíveis, como no presente estudo. Desta forma, os valores das (co)variâncias estimados por meio do modelo bi-característico foram então combinados para criar uma nova matriz contendo todas características, cuja dimensão foi 12 x 12. No entanto, a matriz resultante da combinação de (co)variâncias oriundas de análises independentes quase sempre é não positiva-definida (PD), fazendo-se necessário testá-la para esta condição exigida para o desenvolvimento dos índices de seleção. Observado o não cumprimento da nova matriz para condição PD, esta foi então submetida à um procedimento matemático, denominado "bending" para torná-la PD. O método "bending" aplicado conforme Jorjani et al.¹¹ consiste em um processo iterativo de atualização da matriz de (co)variâncias, como apresentado a seguir. Dada a matriz V simétrica de (co)variâncias não-PD e a matriz W como a matriz de ponderação para os elementos de V , os processos de bending seriam:

1. Determine a matriz de alto-vetores, U_n , e a matriz diagonal de alto-valores, D_n , de V . Em que, $V_n = U_n D_n U_n'$ e n denota o número de iteração;
2. Defina ε um pequeno número positivo real. Substitua D_n por Δ_n , quando $d_{i,i} < \varepsilon$, de forma que $\delta_{i,i} = \varepsilon$, sendo $\delta_{i,i}$ os elementos de Δ_n e $d_{i,i}$ de D_n .
3. Calcule a nova matriz de (co)variâncias: $V_{n+1} = V_n - [V_n - U_n \Delta_n U_n'] \circ W$ (em que, $\circ$ é o produto de Hadamard). A matriz W de ponderações é número recíproco da matriz C , a qual foi construída baseada no número de observações usadas para estimar os componentes de (co)variâncias;
4. Repita a etapa anterior até V_{n+1} ser positiva definida.

Após obter a matriz de (co)variâncias PD, os seguintes componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos foram calculados de acordo com Willham¹²: variância fenotípica para características sob efeito maternal ($\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 + 2\sigma_{am} + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2$), e para aquelas influenciadas apenas pelo efeito genético aditivo direto ($\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_e^2$) e a herdabilidade direta ($h_a^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2$) para cada característica. As correlações genéticas entre as características avaliadas foram obtidas por meio de $r_{xy} = \sigma_{xy} / \sqrt{\sigma_x^2 \times \sigma_y^2}$, em que σ_{xy} é a covariância genética aditiva direta entre x e y ; σ_x^2 é a variância genética aditiva direta de x e σ_y^2 é a variância genética aditiva direta de y .

2.4. Índices Econômicos de Seleção

Os índices econômicos de seleção foram desenvolvidos conforme Schneeberger et al.¹³, os quais propuseram um índice em que os valores genéticos são utilizados e as únicas informações necessárias, além dos valores econômicos são as (co)variâncias genéticas entre os critérios de seleção presentes no índice e as covariâncias genéticas entre os critérios de seleção e as características do valor genético agregado. Sendo assim, para o índice cuja notação é $I = b'_n DEP_n$, os coeficientes de regressão (b) foram calculados conforme equação abaixo:

$$b = G_{11}^{-1} G_{12} a$$

em que, b é o coeficiente de regressão (ponderador) para as DEPs dos critérios de seleção do índice, G_{11} é a matriz $n \times n$ de variâncias e covariâncias genéticas de n critérios de seleção do índice, G_{12} é a matriz $n \times m$ de covariâncias genéticas entre n critérios de

seleção do índice e m características do valor genético agregado, e a é o vetor de valores econômicos de ordem $m \times 1$.

No presente estudo, desenvolveu-se diferentes índices de seleção, os quais envolveram diferentes objetivos e/ou critérios de seleção (Tabela 4). Três tipos de índices foram avaliados, dos quais o I referiu-se a um índice geral, cujo objetivo de seleção foi selecionar animais harmônicos para um sistema de ciclo completo de produção. Os índices II e III foram desenvolvidos com a finalidade de produzir bezerros desmamados e animais terminados, respectivamente.

TABELA 4 - Índices de seleção para diferentes objetivos e critérios de seleção destinados à sistemas de produção de bovinos de corte

Índices	Objetivos de Seleção	Valor genético agregado ¹	Critérios de Seleção ¹
I	Produzir matrizes e tourinhos	P450, IPP, PAC, STAY	P210, P365, PE365, AOL, IPP, PAC, STAY
II	Produzir bezerros desmamados	P210, IPP, IDP, PAC, STAY	P120, IPP, PAC, STAY
III	Terminação de animais	P210, P450, IPP	P450, AOL

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 – perímetro escrotal aos 365 dias de idade; AOL – área de olho de lombo.

A avaliação da eficiência de cada índice foi realizada por meio de suas respectivas acurácias (r_{HI}), ganho genético (S_g), e resposta à seleção (S_H), os quais foram obtidos conforme descrito abaixo¹⁴:

$$r_{HI} = \sqrt{\frac{b'G_{11}b}{a'Ca}} \quad , \quad S_g = i \frac{b'G_{12}}{\sqrt{b'G_{12}a}} \quad \text{e} \quad S_H = i\sqrt{b'G_{11}b} \quad ,$$

em que C é a matriz $n \times n$ das (co)variâncias genéticas entre as características do valor genético agregado e i é a intensidade de seleção praticada (considerada 1 no presente estudo).

2.5. Análise de Sensibilidade

Os valores econômicos calculados estão sujeitos às mudanças mercadológicas e a erros. Desta forma, testes de sensibilidade foram aplicados nos índices

avaliados para investigar o impacto dessas mudanças e erros sobre a resposta à seleção. Desta forma, para avaliar a sensibilidade dos valores econômicos, os preços de insumos utilizados para computação dos custos de produção e da arroba do boi foram alterados em + e – 20%. Após a mudança nestes parâmetros a sensibilidade dos índices foi calculada conforme relatado por Dekkers et al.¹⁴.

3. Resultados

Os valores econômicos por unidade (*ve*) e padronizados (*a*) das características relacionadas ao lucro do sistema produtivo estão descritos na Tabela 5. Observou-se que as características de maior importância genética-econômica (*a*) foram a longevidade produtiva (R\$36,25), peso aos 450 dias de idade (R\$17,55), idade ao primeiro parto (R\$17,19) e produtividade acumulada (R\$16,88). Considerando o conjunto de características para cada categoria, os caracteres reprodutivos foram os que mais impactaram (78%) o valor genético-econômico do sistema produtivo avaliado. A importância genética-econômica do grupo de características de crescimento representou 21%.

TABELA 5 - Desvios-padrão genéticos (σ_a), valores econômicos por unidade (*ve*) e padronizados (*a*) de características reprodutivas, de crescimento e carcaça do sistema de produção avaliado

Característica	Nomenclatura	σ_a	<i>ve</i>	a (<i>ve</i> $\times$ σ_a)
Peso aos 210 dias, kg	P210	12,14	0,27	3,28
Peso aos 450 dias, kg	P450	21,67	0,81	17,55
Idade ao Primeiro Parto, meses	IPP	1,40	12,28	17,19
Intervalo de Partos, dias	IDP	40,98	0,17	7,09
Produtividade Acumulada ¹ , kg	PAC	15,78	1,07	16,88
Longevidade Produtiva, %	STAY	19,49	1,86	36,25

¹ Produtividade acumulada representa a produtividade da vaca em Kg de bezerros desmamados/ano.

As correlações, herdabilidades e os componentes de (co)variâncias genéticas necessários para a construção das matrizes G_{11} e G_{12} utilizadas para o desenvolvimento dos índices estão apresentados na Tabela 6. Observou-se que entre as características de crescimento (P120, P210, P365, P450), as correlações genéticas foram de moderada a alta magnitude (0,53 a 0,99), além de apresentarem correlações, em geral, favoráveis para as

características de carcaça e reprodutivas. Embora as correlações entre ACAB e demais características avaliadas terem apresentado baixa magnitude, estas foram favoráveis, exceto para P210 (-0,03), STAY (-0,16), e IDP (0,16). Por meio da avaliação das correlações obtidas entre IDP com as características de crescimento, de carcaça e reprodutivas, pôde-se inferir que a seleção para redução do IDP impacta negativamente na maioria dessas características. Apesar disso, devido ao caráter biológico da PAC e STAY, estas apresentaram correlações favoráveis (-0,44 e -0,66, respectivamente) com o IDP. O mesmo foi observado em relação à IPP com a PAC e a STAY (-0,45 e -0,43, respectivamente), por outro lado, ao contrário do IDP, a IPP apresentou correlações favoráveis de baixa a moderada magnitude com as características de crescimento e carcaça. As correlações observadas entre IPP com PE365 e PE450 foram de baixa magnitude, embora negativas (-0,12 e -0,16, respectivamente). Quanto às herdabilidades, estas variaram de 0,26 a 0,47 para as características de crescimento, de 0,10 a 0,42 para as características reprodutivas e de 0,15 a 0,36 para as características de carcaça.

TABELA 6 - Componentes de (co)variâncias genéticas (acima da diagonal), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e herdabilidades direta para características¹ reprodutivas, de crescimento e carcaça em bovinos Nelore

	P120	P210	P365	P450	PE365	PE450	AOL	ACAB	IPP	IDP	PAC	STAY
(co)variâncias e correlações genéticas												
P120	56,59	85,38	80,72	86,10	2,01	3,72	10,40	0,04	-1,32	93,52	12,97	0,19
P210	0,94	147,38	158,67	164,22	3,31	6,11	17,14	-0,05	-3,58	208,37	29,79	0,33
P365	0,54	0,65	402,59	429,00	8,93	13,07	44,02	0,60	-6,49	182,09	238,27	0,74
P450	0,53	0,62	0,99	469,49	9,17	13,67	46,78	0,55	-9,83	57,72	284,32	1,31
PE365	0,27	0,27	0,44	0,42	1,02	1,17	1,65	0,03	-0,17	8,36	4,55	0,00
PE450	0,36	0,36	0,47	0,46	0,84	1,92	3,02	0,05	-0,31	11,22	6,44	0,02
AOL	0,34	0,35	0,54	0,53	0,40	0,53	16,67	0,11	-1,09	29,70	25,40	0,10
ACAB	0,03	-0,03	0,18	0,15	0,19	0,20	0,16	0,03	-0,03	1,09	0,30	-0,01
IPP	-0,13	-0,21	-0,23	-0,32	-0,12	-0,16	-0,19	-0,12	1,97	27,46	-9,95	-0,12
IDP	0,30	0,42	0,22	0,07	0,20	0,20	0,18	0,16	0,48	1679,41	-281,43	-5,26
PAC	0,11	0,16	0,75	0,83	0,29	0,29	0,39	0,11	-0,45	-0,44	249,07	1,60
STAY	0,13	0,14	0,19	0,31	-0,02	0,08	0,12	-0,16	-0,43	-0,66	0,52	0,04
Herdabilidades												
h ²	0,26	0,33	0,46	0,47	0,38	0,42	0,36	0,15	0,13	0,10	0,39	0,15

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 e PE450 – perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade; AOL – área de olho de lombo; ACAB – acabamento de carcaça.

Com as matrizes de (co)variâncias genéticas e os valores genéticos-econômicos relativos à cada característica, os coeficientes de regressão (também

denominados de ponderadores) de cada critério podem ser obtidos para a criação dos índices de seleção. Na Tabela 7 estão apresentados os coeficientes de regressão obtidos para cada índice, assim como a resposta à seleção (S_H), os ganhos genéticos (S_g) e a acurácia (r_{HI}). Observou-se que, os índices propostos apresentaram correlações satisfatórias com seus respectivos objetivos de seleção, em que os índices I e III apresentaram acurácia de 0,99, enquanto o índice II apresentou acurácia de 0,95. A maior resposta em termos econômicos foi obtida por meio da seleção do índice I, a qual representou um ganho de R\$ 129,12 (S_H) por geração. Em seguida, as repostas à seleção, em ordem decrescente foram R\$ 93,00 e R\$ 84,27 para os índices II e III, respectivamente.

TABELA 7- Coeficientes de regressão (b), respostas à seleção (S_H) e ganhos genéticos (S_g) esperados em diferentes índices propostos para sistemas de produção de bovinos Nelore

Características ¹	I			II			III		
	b	S_H (R\$)	S_g (Unid.)	b	S_H (R\$)	S_g (Unid.)	b	S_H (R\$)	S_g (Unid.)
P120	-	-	-	10,89	-	-0,06	-	-	-
P210	5,62	-	1,12	-	0,23	0,07	-	5,07	1,55
P365	11,36	-	3,77	-	-	-	-	-	-
P450	-	75,05	4,28	-	-	-	19,02	77,61	4,42
PE365	0,97	-	0,08	-	-	-	-	-	-
PE450	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AOL	0,46	-	0,41	-	-	-	0,37	-	0,44
ACAB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IPP	14,22	2,10	-0,12	71,56	3,15	-0,18	-	1,59	-0,09
IDP	-	-	-	-	39,40	-5,66	-	-	-
PAC	25,59	51,34	3,04	18,30	49,11	2,91	-	-	-
STAY	13,42	0,62	0,02	854,97	1,11	0,03	-	-	-
Total(S_H)		129,12			93,00			84,27	
r_{HI}		0,99			0,95			0,99	

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 e PE450 – perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade; AOL – área de olho de lombo; ACAB – acabamento de carcaça.

Para o índice I as características que mais contribuíram efetivamente para a resposta à seleção foram o P450 (R\$ 75,05) e a PAC (R\$ 51,34). No índice II as

características IDP e PAC tiveram as maiores participações na resposta à seleção total, com valores de R\$ 39,40 e R\$ 49,11, respectivamente. Enquanto no índice III a característica de maior representatividade foi o P450 (R\$ 77,07).

O índice II foi desenvolvido com o objetivo de aumentar o número de bezerros desmamados, por isso os ganhos genéticos para as características reprodutivas, em geral, foram maximizados quando comparado com os demais índices. Quanto ao índice III, este foi desenvolvido para atender sistemas, cujo objetivo é a terminação de animais, o que explica os maiores ganhos genéticos obtidos para as características ponderais e de carcaça em relação aos índices I e II.

A sensibilidade dos índices econômicos de seleção propostos neste estudo foi avaliada (Tabela 8). Observou-se que as alterações devidas ao aumento ou diminuição em 20% dos preços de insumos e serviços prestados (custos), assim como do valor da arroba do boi cotada (receitas) influenciaram os índices de seleção avaliados. Os índices foram mais susceptíveis às mudanças no valor da arroba do boi, as quais representaram 19% a mais, quando comparadas às mudanças nos custos de produção. Este valor é atribuído, principalmente, à redução em 20% no valor da arroba do boi, cujas mudanças significaram 64,66% da sensibilidade total relacionada às receitas. Nota-se que a sensibilidade relacionada à redução nas receitas foram maiores para todos os índices avaliados, exceto para o índice II, cujos valores foram 54% e 45% para o aumento e redução de 20% no valor da arroba do boi, respectivamente. Além disso, o II foi considerado o mais susceptível às alterações impostas, enquanto que, em geral, o índice I respondeu menos às mudanças dos componentes econômicos. Diferente dos demais índices, o índice II esteve mais relacionado às mudanças nos custos de produção (143%), do que nas receitas (99%). Em geral, as acurácias dos índices apresentaram poucas modificações, quando as alterações nos custos e receitas foram impostas, em que o índice I não mostrou nenhum tipo de mudança para esta variável. Enquanto a acurácia do índice II (0,79) apresentou a maior variação, quando a redução de 20% na arroba do boi foi praticada.

TABELA 8- Sensibilidade dos índices de seleção às mudanças dos componentes econômicos ($\pm 20\%$)

Índice	Variação	Coeficientes de Regressão ¹									Total (Sh)	r _{HI}	Sensibilidade
		P120	P210	P365	P450	PE365	AOL	IPP	PAC	STAY			
Custos													
I	+20%	-	4,51	9,11	-	0,78	0,37	-14,98	19,56	-17,54	100,62	0,99	21%
	-20%	-	6,73	13,60	-	1,16	0,55	-13,44	30,41	44,19	153,99	0,99	20%
II	+20%	8,98	-	-	-	-	-	10,57	11,85	-450,46	35,37	0,88	62%
	-20%	-31,30	-	-	-	-	-	-	23,59	2188,49	168,75	0,89	81%
III	+20%	-	-	-	14,52	-	0,17	-	-	-	64,26	1,00	24%
	-20%	-	-	-	23,53	-	0,56	-	-	-	104,28	0,99	24%
Receitas													
I	+20%	-	6,87	13,88	-	1,19	0,57	-18,16	30,17	32,91	154,85	0,99	21%
	-20%	-	2,15	4,35	-	0,37	0,18	-11,79	9,01	-67,79	46,66	0,99	64%
II	+20%	-25,23	-	-	-	-	-	-128,58	22,31	1703,26	143,35	0,91	54%
	-20%	43,78	-	-	-	-	-	151,69	1,41	-2635,27	134,87	0,79	45%
III	+20%	-	-	-	23,35	-	0,47	-	-	-	103,45	0,99	23%
	-20%	-	-	-	5,68	-	-0,13	-	-	-	25,08	0,95	70%

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 – perímetro escrotal aos 365 dias de idade; AOL – área de olho de lombo.

4. Discussão

O lucro de um sistema de produção de bovinos de corte é advindo da participação de uma série de características relacionadas aos custos e despesas, como visto no presente estudo. A proporção em que cada característica impacta os lucros do sistema determina, juntamente com as correlações entre elas, o quanto a ponderação deve ser dada para cada critério de seleção presente no índice. Por isso, os índices são sensíveis às mudanças dos componentes econômicos e genéticos¹⁵. Smith¹⁶ relata que se uma ou poucas características apresentam grande representatividade no valor genético agregado, o índice de seleção será sensível principalmente à mudança dessas características. No entanto, se há um equilíbrio entre as características do valor genético agregado, moderadas perdas/ganhos econômicos podem ser obtidos por meio das mudanças dos valores econômicos. Isso foi observado no presente estudo, em que o índice II, por envolver em sua maior parte características reprodutivas que são representativas na constituição do valor genético agregado foram bastantes sensíveis às alterações dos preços de insumos e serviços prestados. Provavelmente esta situação está ligada à grande relação que estas características têm com os custos de produção. Por outro lado, o índice I por ser mais equilibrado na distribuição de características de importância econômica do valor genético agregado, menores sensibilidades foram observadas quando se atribuiu mudanças nos custos de produção. No entanto, as variações provenientes da redução no valor da arroba do boi, foram maiores para o índice I e o índice III, o que pode ser justificado pela presença da característica P450 nestes índices. O P450 é uma característica diretamente relacionada ao peso de abate dos animais, que por sua vez, é a principal fonte de receita do sistema avaliado.

Embora os índices II e III tenham apresentado respostas menores à seleção em relação ao índice I, dentro de um sistema de criação de bovinos, diferentes objetivos podem ser requeridos para definir um objetivo econômico geral. Segundo Kluyts et al.¹⁷ sub-índices podem ser construídos para sub-sistemas (ex., sistema de cria) dentro de um sistema integrado. O índice principal é definido para um objetivo de seleção geral (ex., índices I) de um sistema integrado (ex., sistema de ciclo completo), enquanto o sub-índice é definido para objetivos específicos (II e III). Uma das vantagens dessa estratégia é o ganho genético maximizado para as características relacionadas ao objetivo em questão. No entanto, a desvantagem da utilização dos sub-índices é que, estes podem não resultar no índice ótimo, levando à inferiores respostas à seleção. Em relação ao presente estudo, várias propriedades e limitações dos índices propostos

estão relacionados ao sistema de ciclo completo de produção, portanto, quando a modelagem envolve situações específicas como o desenvolvimento de linhagens maternas (II) ou terminais (III), para sistemas de cria e terminação, respectivamente, o índice pode não ser tão adequado a atender os objetivos dos sistemas em questão. Por exemplo, o valor econômico do P210, provavelmente, é bem mais significativo para sistemas de cria, do que para sistemas de ciclo completo de produção. No presente estudo, observou-se que o P210 teve pouca contribuição para resposta à seleção (R\$ 0,23) do índice II, no entanto, deve ser considerado que se o valor econômico dessa característica fosse maior, como espera-se para sistemas de cria, o P210 poderia exercer maior impacto sobre a resposta à seleção deste índice.

Por outro lado, os sub-índices podem ser mais úteis como ferramentas de comercialização de animais, para auxiliar o pecuarista na compra de tourinhos. Assim, os tourinhos podem ser escolhidos conforme a finalidade do sistema produtivo do criador, de forma, a maximizar a rentabilidade de seu empreendimento. Desta forma, pecuaristas que trabalham com sistema de cria poderiam escolher seus tourinhos com base no índice II, pecuaristas que trabalham com terminação de bois, escolheria os animais por meio do índice III e quem trabalha com sistema de ciclo completo, utilizaria o índice I como critério para a aquisição dos tourinhos. Além disso, o índice I pode ser utilizado como ferramenta para seleção genética de animais dentro do rebanho do sistema produtivo avaliado, por ser o que representa melhor o objetivo de seleção deste, promovendo maior resposta à seleção. A extrapolação deste índice para o melhoramento animal em outros sistemas produtivos não similares ao avaliado, não é recomendada, pois o objetivo de seleção pode não ser o mesmo. Quando os objetivos de seleção são diferentes, conseqüentemente as características utilizadas como critérios de seleção e suas ponderações são também diferentes.

O estabelecimento dos objetivos de seleção é a fase mais complexa para o desenvolvimento dos índices de seleção, devido à influência de uma série de fatores classificados como ambientais. Estes fatores podem ser a estruturação do sistema de produção, mercado da carne, restrições ou limitações de recursos, manejo, rebanho, etc. Em relação aos critérios de seleção, estes são definidos estrategicamente e minuciosamente, com a finalidade de auxiliar a seleção dos animais por meio de um índice, de forma que, o objetivo seja alcançado. Para isso, primeiramente, uma clara distinção deve ser feita entre as características relacionadas ao objetivo de seleção e às características usados como critérios de seleção. Características que aparecem no objetivo de seleção devem ser aquelas que são economicamente importantes e, portanto, diretamente ligadas aos custos e receitas do sistema

de produção. Enquanto que, os critérios de seleção devem ser mensuráveis, mas não necessariamente apresentam valores econômicos, devendo ser, no entanto, correlacionadas às características presentes nos objetivos de seleção¹⁸. Características de difícil mensuração ou que são de baixas herdabilidades existentes no objetivo de seleção, são frequentemente substituídas por características indicadoras (critérios). No índice II a presença do IDP como critério de seleção poderia inviabilizar a seleção para este índice, já que sua herdabilidade é de baixa magnitude, além de que sua mensuração não é regularmente registrada, limitando desta forma, programas de melhoramento genético de disponibilizar DEPs para esta característica. Por isso, o IDP foi incluído apenas no valor genético agregado desse índice, devido à importância de seu valor econômico para o sistema de produção avaliado. Enquanto que, o perímetro escrotal foi utilizado como critério de seleção de fertilidade e precocidade, no entanto, somente no índice I. O PE365 e PE450 não foram incluídos no índice II, pois nenhum ganho genético e econômico foi observado quando estes foram utilizadas como critérios de seleção. Este fato, certamente, se deve às observadas correlações de baixa magnitude com a maioria das características reprodutivas do valor genético agregado (IPP, IDP e STAY). O mesmo foi observado para ACAB, pois devido às suas correlações (baixas) com as demais características, pouco ou nada contribuiu para a resposta à seleção do índice II, assim como para as dos índices I e III. Este fato justifica a ausência desta característica nos índices avaliados.

As características AOL e ACAB são características importantes para a seleção de carcaças de qualidade, no entanto, a utilização destas como critérios de seleção é limitada, devido ao alto custo de mensuração destas características. Além disso, apesar do conhecimento da importância da AOL e ACAB na produção animal, no Brasil os pecuaristas não são bonificados, especificamente, para um determinado padrão desses atributos. Geralmente a bonificação se dá por meio da adequação da carcaça em vários critérios que avaliam a tipificação, o acabamento e o peso da carcaça e a idade do animal. Assim, não se sabe o quanto cada uma delas contribui para o valor da bonificação. Quando ocorre o cumprimento dos padrões estabelecidos o pecuarista pode receber uma bonificação de 2,2% por arroba a partir do preço indicado no índice ESALQ/CEPEA. Nos Estados Unidos (EUA), as características de qualidade de carcaça e da carne são avaliadas por meio de um programa de classificação e bonificação denominado USDA Beef Quality and Yield Grade, em que as carcaças são classificadas baseadas em estimativas de qualidade da carne e rendimento de carcaça. O Yield Grade, por exemplo, avalia o rendimento de carcaça do animal e é calculado (de 01 a 05) por meio da área de olho de lombo (AOL), sendo que, quanto maior melhor. Assim, por meio dessa

avaliação seria possível calcular o real valor econômico para a AOL. Isso mostra o quanto a comercialização de gado no Brasil deve evoluir, por meio de premiações e descontos aplicados na avaliação de carcaças. Com a adoção de programas de bonificação de carcaças por parte dos frigoríficos, os criadores de gado começariam a se preocupar mais em produzir animais que atendem a esses padrões, consequentemente, características de avaliação de carcaça e de carne poderiam ser efetivadas seguramente pelos pecuaristas em programas de seleção genética.

Outra questão importante na definição de caracteres a serem selecionados por meio de um índice é que, qualquer característica que seja função de outra característica utilizada como critério de seleção (ou esteja presente no valor genético agregado), levará pouco ou nenhuma informação adicional. Por exemplo, sabendo que o ganho médio diário pré desmame (GMDPre) é calculado em função do peso ao desmame, a utilização destas duas características ao mesmo tempo, como critério de seleção, levaria a uma destas ponderações quase nula, ou até mesmo negativa. Isso acontece também, quando a correlação genética entre dadas características é alta, então o coeficiente de regressão para o critério, cuja importância econômica é baixa ou apresenta baixa variação hereditária pode ser negativo³. No desenvolvimento dos índices propostos neste estudo, observou-se que a inclusão do IDP no valor genético agregado do índice II gerou coeficiente negativo para o P120, cujo caractere foi utilizado como critério de seleção do P210. Comparativamente com o P210, devido à importância econômica do IDP ser maior na composição do valor genético agregado, e às correlações moderadas e positivas entre essas características, infere-se que a seleção para a redução do IDP deve ser obtida por meio da redução do P120, dando a este, ponderação negativa.

O peso ao desmame é um atributo muito importante na comercialização de bezerros, pois teoricamente, se o animal é mais pesado, maior será a remuneração do pecuarista. No entanto, no presente estudo observou-se que bezerros mais pesados à desmama prejudicam na redução do IDP da vaca, cuja característica apresentou maior impacto econômico no sistema produtivo avaliado. Então, no índice II, os animais são “penalizados” para o peso ao desmame, com a finalidade de buscar um equilíbrio entre os caracteres do objetivo de seleção, inferindo dentro do contexto avaliado que, é mais rentável o pecuarista ter um bezerro a mais, por meio da redução do IDP, do que ter uma arroba a mais no peso à desmama.

5. Conclusões

O índice I, cuja seleção atende um objetivo geral, foi o que promoveu a maior resposta à seleção, sendo então o mais recomendado para seleção de animais da raça Nelore criados no bioma Cerrado em sistema de ciclo completo de produção. Quanto aos índices II e III, estes são mais úteis como ferramentas de comercialização de animais, de forma, a auxiliar o pecuarista na compra do melhor touro para seu sistema produtivo.

Os índices avaliados foram sensíveis às mudanças mercadológicas, sendo necessária a realização de outras análises do sistema, com posterior atualização dos índices, sempre que alterações de mercado ocorrer. Além disso, a utilização destes índices como ferramenta para o melhoramento animal não é recomendada para sistemas de produção que não sejam similares ao avaliado. Desta forma, é necessário que os diferentes sistemas produtivos tenham seu próprio índice econômico de seleção. Embora esta ferramenta apresente algumas dificuldades e limitações, são vantajosos, pois proporcionam maiores ganhos totais para o sistema produtivo.

6. Referências

1. Hazel LN, Lush JL. The Efficiency of Three Methods of Selection. J. Hered. [Internet]. 1943;33(11):393–399. Disponível em: <http://jhered.oxfordjournals.org/content/33/11/393> \n <http://jhered.oxfordjournals.org.ezproxy.library.wisc.edu/content/33/11/393.extract>
2. Smith HF. A discriminant function for plant selection. Ann. Eugen. 1936;7:240–250.
3. Hazel LN. The Genetic Basis for Constructing Selection Indexes. Genetics. 1943;28(6):476–490.
4. Bittencourt TCC, Lôbo RB, Bezerra LAF. Objetivos de seleção para sistemas de produção de gado de corte em pasto: Ponderadores econômicos. Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec. 2006;58(2):196–204.
5. Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, Formigoni EIB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. Arch. Zootec. 2011;60(230):205–213.
6. Júnior JJ, Cardoso VL, Albuquerque LG De. Revista Brasileira de Zootecnia Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas Bio-economic model to calculate costs and. R. Bras. Zootec [Internet]. 2006;35(5):2187–2196. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000700040

7. CLIMATE. Santa fé de Goiás. 2016;4–7.
8. Matsunaga M, Bemelmans PF, Toledo PEN de, Dulley RD, Okawa H, Pedroso IA. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agric. em São Paulo*. 1976;23(1):17.
9. Ponzoni RW, Gifford DR. Developing breeding objectives for Australian Cashmere Goats. *J. Anim. Plant Sci. Bree*. 1990;56:1057–1064.
10. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs [Internet]. 2015;125. Disponível em: http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf
11. Jorjani H, Klei L, Emanuelson U. A Simple Method for Weighted Bending of Genetic (Co) variance Matrices. *J. Dairy Sci.* [Internet]. 2003;86(2):677–679. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73646-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73646-7)
12. Willham RL. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J. Anim. Sci.* 1972;35(6):1288–1293.
13. Schneeberger M, Barwick S a, Crow GH, Hammond K. Economic indices using breeding values predicted by BLUP. *J. Anim. Breed. Genet.* 1992;109:180–187.
14. Dekkers, J.C.M., Gibson, J.P., Bijma, P., van Arendonk J a. M. Design and optimisation of animal breeding programmes: Wageningen University, The Netherlands. 2004;1–16.
15. Groen AF. Derivation of economic values in cattle breeding: A model at farm level. *Agric. Syst.* 1988;27(3):195–213.
16. Smith C. Effects of Changes in Economic Weights on the Efficiency of Index Selection. *J. Anim. Sci.* 1983;56(5):1057–1064.
17. Kluys JF, Naser FWC, Bradfield MJ. Development of breeding objectives for beef cattle breeding: Derivation of economic values. *South African J. Anim. Sci.* 2003;33(3):142–158.
18. Ponzoni RW, Newman S. Developing breeding objectives for australian beef cattle production. *Anim. Prod.* [Internet]. 1989;49(1):35–47. Disponível em: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0003356100004232

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Considerações Finais

O estudo sobre o impacto econômico que cada característica animal tem sobre um dado sistema produtivo é muito importante para auxiliar na tomada de decisões, como na seleção genética e de manejo, em geral. Assim, estratégias de manejo e melhoramento animal podem ser adotadas baseadas naqueles caracteres economicamente relevantes, de forma a maximizar a lucratividade do sistema de produção. Este estudo mostrou o quanto as características reprodutivas são importantes para a constituição do lucro do sistema produtivo, devendo os criadores de gado conscientizar quanto a isso, já que, muito das vezes, direcionam a seleção e manejo de animais para melhorar apenas as características ponderais.

Os modelos bioeconômicos desenvolvidos para estimar o valor econômico das características animal são bastantes complexos, por envolver inúmeras funções matemáticas interligadas, que representam o sistema produtivo. Por essa razão, estes modelos tendem a se aproximar ao máximo possível da realidade, sendo o método mais recomendável para avaliar economicamente cada característica. No entanto, esta técnica pode ser falha, quando situações que ocorrem em um dado sistema produtivo são desconsideradas, por falta de informações ou por falta de conhecimento das relações das características com o sistema. Um dos fatores limitantes atuais para o desenvolvimento dos modelos bioeconômicos é a falta de controle zootécnicos das fazendas. A escrituração zootécnica dos sistemas é muito importante para fornecer informações ao modelo bioeconômico e este ser o mais acurado possível.

O modelo assumido no presente estudo foi determinístico e estático, sendo o mais adotado pela maioria dos trabalhos da literatura. A preferência dessa metodologia por alguns autores está relacionada ao fato de que, o valor econômico estaria representando os efeitos independentes de cada característica, desconsiderando a hipótese de que a mudança de uma característica invariavelmente causa mudança no desempenho de outras. No entanto, é importante que estudos sejam desenvolvidos para avaliar o valor econômico das características, considerando a mudança correlacionada à seleção de um dado caractere, pois esta situação é o que acontece na realidade. Quando essas informações são desconsideradas, o valor econômico das características pode ser negligenciado e representar um valor que não é na prática. Atualmente, a bioinformática dispõe de ferramentas que podem ser utilizadas no desenvolvimento de modelos bioeconômicos mais sofisticados e também automatizados. Desta forma, baseado no que foi desenvolvido neste trabalho e na implementação de outros métodos de simulação e tecnologias, estudos futuros podem ser realizados para desenvolver um

programa para a criação de objetivos e índices econômicos de seleção específicos para cada sistema de produção.

A seleção de animais por meio de índices econômicos de seleção é uma ferramenta que proporciona maiores respostas genéticas e econômicas para o sistema produtivo, no entanto, é pouco utilizada, devido às dificuldades em seu desenvolvimento. Apesar disso, é preciso conscientizar os pecuaristas que é uma tecnologia barata de se desenvolver e que vem a agregar na genética do rebanho e na lucratividade do sistema produtivo, pois os índices buscam ponderar cada característica de forma a maximizar o retorno econômico. O índice I foi o desenvolvido para atender criadores de bovinos da raça Nelore criados extensivamente no bioma Cerrado, sendo sua aplicação recomendável para outros sistemas, desde que sejam similares ao avaliado, mas o desejável é que cada fazenda e/ou rebanho tenha seu próprio índice.

A propriedade agropecuária, cujo presente estudo se baseou é uma grande referência de pecuária moderna, que está sempre adepta a novas tecnologias e ao desenvolvimento da raça Nelore, buscando sempre identificar animais precoces, férteis, com rápida velocidade de crescimento e sobretudo adaptados às condições do Cerrado brasileiro. Animais de grande potencial genético e adaptados às condições edafoclimáticas dessa região serão a base para expansão da bovinocultura de corte no Cerrado, tornando a atividade pecuária mais produtiva e mais lucrativa.

APÊNDICE A. MARGINAIS POSTERIORES DOS COMPONENTES DE (CO)VARIÂNCIAS

TABELA 1- Marginais posteriores dos componentes de variâncias genéticas aditivas direta e maternal, de ambiente permanente maternal e residual de características reprodutivas, de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore

Características ¹	Moda	Média	DP ²	Intervalo de Credibilidade (%)	
				2,5	97,5
	Genético aditivo direto				
P120	55,11	56,06	6,00	45,11	68,54
P210	136,75	138,06	13,66	113,10	166,45
P365	315,67	316,49	17,76	282,41	351,91
P450	398,73	399,92	21,04	359,48	442,08
PE354	1,00	1,00	0,10	0,81	1,21
PE450	1,80	1,81	0,14	1,43	1,95
AOL	15,66	15,78	2,21	12,17	17,67
ACAB	2,33E ⁻⁰²	2,40E ⁻⁰²	4,08E ⁻⁰³	1,66E ⁻⁰²	3,25E ⁻⁰²
IPP	1,96	1,99	0,32	1,39	2,65
IDP	1676,37	1752,22	439,36	984,75	2698,55
PAC	170,93	173,44	18,62	138,96	211,55
STAY	2,56E ⁻⁰²	2,63E ⁻⁰²	5,58E ⁻⁰³	1,67E ⁻⁰²	3,25E ⁻⁰²
	Genético aditivo maternal				
P120	30,43	30,74	4,49	22,45	40,07
P210	67,86	69,58	9,92	51,25	89,97
	Ambiente permanente maternal				
P120	24,48	24,53	2,65	19,35	29,74
P210	52,81	52,78	5,75	41,58	63,90
	Residual				
P120	130,50	130,38	3,67	122,92	137,27
P210	250,67	250,36	8,11	233,79	265,61
P365	464,76	464,55	12,32	440,40	488,61
P450	523,65	523,29	14,33	495,08	551,20
PE365	1,65	1,65	0,08	1,49	1,80
PE450	2,66	2,66	0,11	2,45	2,87
AOL	30,08	30,03	2,89	25,98	30,06
ACAB	0,16	0,16	0,00	0,15	0,16
IPP	13,35	13,35	0,30	12,75	13,94
IDP	15075,22	15061,34	427,46	14201,32	15877,37
PAC	385,18	384,35	14,55	355,51	412,37
STAY	0,21	0,21	0,02	0,18	0,20

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 e PE450 – perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade; AOL – área de olho de lombo; ACAB – acabamento de carcaça.²Desvio-padrão.

TABELA 2 – Marginais posteriores das covariâncias genéticas entre características reprodutivas, de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore

Características ¹		Moda	Média	DP ²	Intervalo de Credibilidade (%)	
					2,5	97,5
					Genético aditivo direto	
P120	P210	81,49	81,42	8,39	66,10	98,80
P120	P365	82,04	83,00	8,01	67,57	98,85
P120	P450	92,75	93,68	8,57	77,17	110,70
P120	PE365	2,17	2,19	0,57	1,06	3,32
P120	PE450	4,04	3,95	0,68	2,61	5,31
P120	AOL	11,25	11,23	2,33	6,73	15,81
P120	ACAB	0,04	0,03	0,12	-0,22	0,27
P120	IPP	-1,21	-1,14	1,21	-3,58	1,26
P120	IDP	91,99	109,18	50,04	13,62	206,10
P120	PAC	2,84	1,98	10,42	-18,71	21,97
P120	STAY	0,17	0,16	0,14	-0,12	0,43
P210	P365	168,04	165,99	11,72	143,20	189,30
P210	P450	177,65	176,51	12,19	152,60	200,90
P210	PE365	3,77	3,67	0,84	2,01	5,29
P210	PE450	7,09	7,13	1,02	5,15	9,11
P210	AOL	19,85	18,83	3,39	12,22	25,41
P210	ACAB	-0,03	-0,07	0,19	-0,46	0,30
P210	IPP	-3,31	-3,19	1,90	-6,95	0,39
P210	IDP	203,58	211,62	76,97	51,77	362,20
P210	PAC	1,26	-0,55	16,46	-33,38	31,47
P210	STAY	0,27	0,28	0,22	-0,14	0,72
P365	P450	482,21	481,73	12,13	457,80	505,40
P365	PE365	8,12	8,29	1,05	6,30	10,40
P365	PE450	10,66	10,76	1,25	8,32	13,24
P365	AOL	36,55	37,06	4,04	29,32	45,11
P365	ACAB	0,33	0,35	0,24	-0,13	0,82
P365	IPP	-6,34	-6,40	1,82	-10,04	-2,90
P365	IDP	194,68	187,77	71,92	44,01	322,40
P365	PAC	274,56	274,00	14,89	244,90	303,70
P365	STAY	0,86	0,84	0,24	0,37	1,31
P450	PE365	8,91	8,85	1,15	6,64	11,15
P450	PE450	13,71	13,68	1,29	11,22	16,25
P450	AOL	47,56	47,21	4,34	38,64	55,75
P450	ACAB	0,73	0,74	0,25	0,25	1,24
P450	IPP	-10,50	-10,76	1,95	-14,61	-6,89
P450	IDP	56,84	59,52	78,13	-92,26	214,00
P450	PAC	311,15	310,44	15,98	280,20	342,40
P450	STAY	1,33	1,32	0,24	0,83	1,79
PE365	PE450	1,12	1,12	0,10	0,94	1,32
PE365	AOL	1,51	1,55	0,32	0,94	2,21

TABELA 2 (continuação) – Marginais posteriores das covariâncias genéticas entre características reprodutivas, de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore

Características ¹		Moda	Média	DP ²	Intervalo de Credibilidade (%)	
					2,5	97,5
PE365	ACAB	0,03	0,03	0,02	-0,01	0,06
PE365	IPP	-0,18	-0,17	0,14	-0,44	0,11
PE365	IDP	8,61	9,34	5,43	-1,21	20,05
PE365	PAC	5,85	5,92	1,07	3,89	8,07
PE365	STAY	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,04
PE450	AOL	2,67	2,71	0,36	2,01	3,43
PE450	ACAB	0,04	0,04	0,02	0,00	0,08
PE450	IPP	-0,33	-0,34	0,15	-0,63	-0,04
PE450	IDP	11,83	12,86	6,12	0,74	25,15
PE450	PAC	9,29	9,41	1,23	6,98	11,84
PE450	STAY	0,03	0,03	0,02	-0,01	0,07
AOL	ACAB	0,09	0,10	0,06	-0,02	0,22
AOL	IPP	-1,13	-1,07	0,52	-2,08	-0,05
AOL	IDP	31,46	32,50	21,07	-7,78	75,61
AOL	PAC	33,39	33,52	3,98	26,02	41,65
AOL	STAY	0,12	0,13	0,01	0,00	0,06
ACAB	IPP	-0,03	-0,03	0,03	-0,09	0,02
ACAB	IDP	1,13	1,09	1,08	-1,08	3,06
ACAB	PAC	0,40	0,42	0,19	0,04	0,80
ACAB	STAY	2,59E ⁻⁰³	1,90E ⁻⁰³	3,14E ⁻⁰³	-4,29E ⁻⁰³	7,87E ⁻⁰³
IPP	IDP	27,54	25,57	8,74	8,48	42,28
IPP	PAC	-9,27	-9,34	1,70	-12,75	-6,10
IPP	STAY	-0,11	-0,12	0,03	-0,17	-0,07
IDP	PAC	-295,45	-316,89	68,46	-457,90	-193,20
IDP	STAY	-5,29	-5,37	1,04	-7,52	-3,39
PAC	STAY	1,42	1,44	0,22	1,02	1,89
Genético aditivo maternal						
P120	P210	42,95	42,70	6,43	30,51	55,54
P210	GMDPRE	0,29	0,30	0,05	0,21	0,40

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 e PE450 – perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade; AOL – área de olho de lombo; ACAB – acabamento de carcaça. ²Desvio-padrão.

TABELA 3 – Marginais posteriores das covariâncias de efeito de ambiente permanente maternal e residual entre características reprodutivas, de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore

Características ¹		Moda	Média	DP ²	Intervalo de Credibilidade (%)	
					2,5	97,5
Ambiente permanente maternal						
P120	P210	43,55	43,67	3,94	36,12	51,39
P120	GMDPre	0,20	0,20	0,02	0,17	0,24
P210	GMDPRE	0,32	0,32	0,03	0,26	0,38
Residual						
P120	P210	124,52	123,53	4,93	113,60	132,90
P120	P365	133,18	133,22	4,95	123,40	142,90
P120	P450	132,17	132,16	5,30	121,90	142,60
P120	PE365	4,51	4,54	0,39	3,78	5,29
P120	PE450	4,82	4,79	0,44	3,91	5,66
P120	AOL_CM2	17,56	17,66	1,49	14,70	20,55
P120	ACAB	0,46	0,46	0,09	0,28	0,64
P120	IPP	-4,73	-4,76	0,98	-6,68	-2,84
P120	IDP	-75,67	-72,08	40,70	-151,30	8,19
P120	PAC	1,48	2,27	6,98	-11,42	16,01
P120	STAY	0,04	0,04	0,12	-0,20	0,27
P210	P365	245,27	245,81	7,42	231,10	260,20
P210	P450	223,29	224,55	7,68	209,60	239,60
P210	PE365	8,53	8,47	0,57	7,33	9,55
P210	PE450	8,57	8,55	0,65	7,29	9,82
P210	AOL_CM2	34,08	34,14	2,15	29,97	38,33
P210	ACAB	0,91	0,93	0,13	0,67	1,19
P210	IPP	-7,90	-7,94	1,47	-10,78	-5,07
P210	IDP	-139,18	-137,23	62,27	-259,20	-13,81
P210	PAC	4,52	4,24	10,27	-15,42	24,43
P210	STAY	0,05	0,05	0,18	-0,30	0,41
P365	P450	430,45	428,97	12,30	404,90	452,50
P365	PE365	14,36	14,18	0,79	12,62	15,73
P365	PE450	16,98	17,06	0,93	15,23	18,90
P365	AOL_CM2	53,77	53,80	3,00	47,85	59,64
P365	ACAB	1,47	1,48	0,20	1,08	1,87
P365	IPP	-15,38	-15,48	1,85	-19,12	-11,81
P365	IDP	-151,22	-145,73	77,04	-293,50	4,60
P365	PAC	-109,42	-107,25	12,47	-131,40	-82,49
P365	STAY	0,28	0,27	0,24	-0,21	0,73
P450	PE365	13,49	13,63	0,87	11,90	15,34
P450	PE450	19,52	19,45	0,93	17,62	21,26
P450	AOL_CM2	63,95	64,34	3,18	58,06	70,67
P450	ACAB	2,07	2,07	0,20	1,68	2,48
P450	IPP	-17,82	-17,63	2,00	-21,60	-13,75

TABELA 3 – Marginais posteriores das covariâncias de efeito de ambiente permanente maternal e residual entre características reprodutivas, de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore

Características ¹		Moda	Média	DP ²	Intervalo de Credibilidade (%)	
					2,5	97,5
P450	IDP	-15,02	-14,84	87,32	-186,81	157,01
P450	PAC	-97,09	-94,58	13,89	-121,30	-66,91
P450	STAY	0,37	0,38	0,26	-0,13	0,90
PE365	PE450	1,63	1,63	0,07	1,49	1,78
PE365	AOL_CM2	1,64	1,65	0,27	1,12	2,17
PE365	ACAB	0,06	0,05	0,02	0,02	0,09
PE365	IPP					
PE365	IDP					
PE365	PAC					
PE365	STAY					
PE450	AOL_CM2	2,50	2,48	0,28	1,93	3,02
PE450	ACAB	0,10	0,10	0,02	0,07	0,13
PE450	IPP					
PE450	IDP					
PE450	PAC					
PE450	STAY					
AOL_CM2	ACAB	0,75	0,76	0,05	0,66	0,85
AOL_CM2	IPP	-6,17	-4,56	4,61	-12,23	5,81
AOL_CM2	IDP	43,22	29,45	117,26	-202,01	254,80
AOL_CM2	PAC	6,86	2,30	22,69	-44,23	44,61
AOL_CM2	STAY	-0,31	-0,28	-1,11	0,02	0,43
ACAB	IPP	0,08	0,11	0,22	-0,32	0,53
ACAB	IDP	-3,39	-3,66	5,66	-14,46	7,81
ACAB	PAC	1,89	1,67	1,13	-0,64	3,78
ACAB	STAY	-0,02	-0,01	0,02	-0,05	0,03
IPP	IDP	-34,48	-35,42	8,95	-52,67	-17,85
IPP	PAC	-20,82	-20,77	1,66	-23,96	-17,49
IPP	STAY	-0,28	-0,28	0,03	-0,33	-0,22
IDP	PAC	-1074,54	-1072,45	65,37	-1200,00	-942,50
IDP	STAY	-10,61	-10,42	1,09	-12,51	-8,27
PAC	STAY	4,89	4,88	0,21	4,47	5,30

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 e PE450 – perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade; AOL – área de olho de lombo; ACAB – acabamento de carcaça. ²Desvio-padrão.

TABELA 4 – Distribuição marginal posterior das herdabilidades genéticas aditivas direta e maternal, e a proporção da variância fenotípica relacionada ao efeito de ambiente permanente maternal de características reprodutivas, de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore

Característica ¹	Moda	Média	DP ²	Intervalo de Credibilidade (%)	
				2,5	97,5
Herdabilidade aditiva direta					
P120	0,24	0,24	0,02	0,20	0,29
P210	0,29	0,29	0,03	0,24	0,35
P365	0,40	0,40	0,02	0,37	0,44
P450	0,43	0,43	0,02	0,40	0,47
PE365	0,37	0,37	0,04	0,31	0,45
PE450	0,40	0,40	0,03	0,35	0,46
AOL	0,34	0,34	0,05	0,27	0,38
ACAB	0,13	0,13	0,02	0,09	0,18
IPP	0,13	0,13	0,02	0,09	0,17
IDP	0,10	0,10	0,03	0,06	0,15
PAC	0,30	0,30	0,03	0,25	0,36
STAY	0,11	0,11	0,02	0,07	0,13
Herdabilidade aditiva maternal					
P120	0,13	0,13	0,02	0,10	0,17
P210	0,14	0,14	0,02	0,11	0,18
Ambiente permanente maternal					
P120	0,11	0,11	0,01	0,08	0,13
P210	0,11	0,11	0,01	0,09	0,13

¹IPP – idade ao primeiro parto; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; IDP – intervalo de partos; P120, P210, P365 e P450 – pesos aos 120, 210, 365, 450 dias de idade; PE365 e PE450 – perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade; AOL – área de olho de lombo; ACAB – acabamento de carcaça. ²Desvio-padrão.