

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

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
PRODUTIVAS E DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS  
GUZERÁ**

Letícia Silva Pereira

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco

GOIÂNIA  
2021

Processo:  
23070.009296/2021-39Documento:  
1956554UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES 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 9.610/98](#), 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.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese

### 2. Nome completo do autor

LETÍCIA SILVA PEREIRA

### 3. Título do trabalho

Parâmetros genéticos para características produtivas e de eficiência alimentar em bovinos Guzerá

### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **CLAUDIO ULHOA MAGNABOSCO**, Usuário Externo, em 24/03/2021, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LETÍCIA SILVA PEREIRA**, Usuário Externo, em 24/03/2021, às 13:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1956554** e o código CRC **7FAC896D**.

LETÍCIA SILVA PEREIRA

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
PRODUTIVAS E DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS  
GUZERÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Zootecnia junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

**Área de Concentração:**

Produção Animal

**Linha de Pesquisa:**

Melhoramento Genético e Reprodução Animal

**Orientador:**

Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco- Embrapa Cerrados/CNPq/UFG

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Fernando Sebastian Baldi Rey –  
UNESP/CNPq Prof. Dr. Adriana Santana do  
Carmo – UFG

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

Pereira, Leticia Silva  
Parâmetros Genéticos Para Características Produtivas E De  
Eficiência Alimentar Em Bovinos Guzerá [manuscrito] / Leticia Silva  
Pereira. - 2021.  
LIX, 59 f.

Orientador: Prof. Cláudio Ulhoa Magnabosco; co-orientador  
Fernando Sebastian Baldi Rey ; co-orientador Adriana Santana do  
Carmo .

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola  
de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, Goiânia, 2021.

Inclui siglas, abreviaturas, tabelas.

1. carcaça. 2. consumo alimentar residual. 3. método da máxima  
verossimilhança restrita. 4. reprodução. 5. zebuínos . I. Magnabosco,  
Cláudio Ulhõa, orient. II. Título.

CDU 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº 86 da sessão de Defesa de Dissertação de **Leticia Silva Pereira** que confere o título de **Mestra em Zootecnia** pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal.

Ao/s **27 dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e hum** – (27/02/2021) a partir das **8h30min**, no Auditório do Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) da Embrapa Arroz e Feijão, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Parâmetros genéticos para eficiência alimentar e suas relações com características de importância econômica em bovinos guzerá utilizando análises multi-características**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, **Cláudio Ulhoa Magnabosco - Embrapa Cerrados** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Arthur dos Santos Mascioli - EVZ/UFG**, membro titular interno; **Carina Ubirajara de Faria – UFU/MG**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **FIZERAM** sugestão de alteração do título do **trabalho conforme explicitado abaixo**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação tendo sido o candidato **Aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados por **Cláudio Ulhoa Magnabosco**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

**Parâmetros genéticos para características produtivas e de eficiência alimentar em bovinos Guzerá**



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Dos Santos Mascioli, Coordenador de Curso**, em 23/02/2021, às 12:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CLAUDIO ULHOA MAGNABOSCO, Usuário Externo**, em 23/02/2021, às 13:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carina Ubirajara de Faria, Usuário Externo**, em 23/02/2021, às 20:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1887914** e o código CRC **C079EA58**.

*Dedico a minha mãe, a pessoa mais especial em minha vida!  
Obrigada por todo o amor, carinho, persistência, incentivo e  
sacrifícios. Obrigada por tudo o que a Senhora faz por mim, se  
cheguei até aqui, é por sua razão!*

*Eu Te Amo!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, gostaria de agradecer pela saúde e pela vida, sem dúvidas a fé é a maior força que existe no nosso interior. Grata a Ele pelo maior presente em minha vida, minha família e meus amigos, os quais fazem parte de cada passo da minha vida

A minha mãe, por todo o apoio, nunca mediu esforços para me apoiar sempre, seja qual situação estivesse passando. Obrigada por nunca desistir Mãe. A Senhora é tudo em minha vida, muito obrigada pelos conselhos, puxões de orelhas, por sempre estar ali estendendo a mão para o que precisasse, serei eternamente grata, o amor de mãe transforma, nos encoraja, nos sustenta, nos consola e nos alegra! Te amo!

A minha família, meus tios, papito, primos, meus avós (*in memorian*), meus afilhados, vocês são especiais para mim, e fazem parte de toda a minha história! Meu muito obrigada por todo o carinho, vocês são fantásticos.

Ao meu orientador Dr Cláudio Magnabosco, sou extremamente grata por todas as oportunidades, o Senhor está sendo fundamental na minha construção profissional e pessoal. Obrigada por ter me aceitado quando bati em sua porta, por ter acreditado em mim, por todo o conhecimento compartilhado e pela oportunidade de trabalhar com nossa equipe. Agradeço também pelas chamadas de atenção e puxões de orelha, isso faz com a gente evolua e amadureça para estarmos mais preparados lá fora. Devo meu crescimento ao Senhor!

Ludmilla, nossa grande Lud! Não tenho palavras para descrever a gratidão por tudo o que me ajudou, por todas as vezes que pegou em minha mão e disse: você vai conseguir! Você sem dúvidas faz parte da concretização desse sonho, da conclusão desse trabalho. Obrigada por toda paciência, pelos ensinamentos, pelo ombro amigo, pelos conselhos, pelos puxões de orelha, você é uma pessoa e profissional fantástica, que Deus sempre te abençoe! Obrigada Lud por tudo!

Ao meu coorientador Dr Fernando Baldi, obrigada por toda ajuda nas realizações das análises da dissertação, grata por todas as vezes que me atendeu quando tive dúvidas, e pela paciência até para as perguntas carecidas de inteligência. Meus sinceros agradecimentos e respeito pelo trabalho do Senhor.

A minha orientadora da graduação Dr Carina Ubirajara, por ter contribuído desde a graduação até hoje em minha vida profissional. A senhora, é um ser humano incrível com o coração gigante e sem dúvidas uma profissional formidável, que sempre será o meu espelho. Com certeza, mesmo de longe, a Senhora faz parte de todas minhas conquistas.

A minha coorientadora, Dr Adriana Santana, pelas contribuições no meu trabalho e por sempre nos auxiliares no Programa de Pós Graduação.

Aos meus amigos Byanka, Rafael, Eduardo, Lanna, Willian, Luiz, Alex, Danilo, Ana Cláudia, Rui, Jean, Joice e Guilherme. Muito grata a vocês por sempre estarem na saúde e doença, na alegria e na tristeza! Vocês são muito especiais para mim, e contem sempre comigo!

A equipe do Núcleo Regional Embrapa Cerrados, Dr Eduardo, Daniel, Meleta, Dr Marcos, Pedro, Maria, Renata, Ângelo e Chiquinho, o meu muito obrigada por todo carinho, pelos conhecimentos, risadas, conquistas, orientações, por todo o apoio e companheirismo de sempre. Muito orgulho em fazer parte dessa equipe, vocês são feras!

Ao Dr Júlio Bernardes, ser humano fantástico e luminoso. Muito obrigada pelos ensinamentos, pela amizade, pelo trabalho, por todos os conselhos, e por todo suporte quando precisei do Senhor. E não poderia de mencionar a equipe Nelore Jr, muito obrigada por toda amizade.

A Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, por ter cedido o banco informações para realização desse trabalho, e por todo suporte da equipe.

A Universidade Federal de Goiás e a todos os professores do Programa, pela oportunidade de fazer a pós graduação e pelos ensinamentos compartilhados.

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e também na minha construção profissional.

Muito obrigada! Vocês são especiais!

*“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”*

*Airton Senna*

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Raça Guzerá.....	17
2.2 Importância da Eficiência Alimentar.....	18
2.2.1 Consumo de Matéria de Seca.....	19
2.2.2 Consumo Alimentar Residual.....	20
2.2.3 Teste de Eficiência Alimentar.....	22
2.3 Características de crescimento.....	23
2.4 Características Reprodutivas.....	24
2.5 Características de carcaça.....	26
2.6 Estimativas de componentes de variância.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Base de dados.....	30
3.2 Características de crescimento, reprodução e carcaça.....	30
3.3 Características relacionadas à eficiência alimentar.....	31
3.4 Análise e estruturação de dados.....	33
3.5 Estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5. CONCLUSÃO.....	51
6. REFERENCIAS.....	52

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1- Estatística descritiva de características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da Raça Guzerá.....	33
TABELA 2- Estimativas dos componentes de variância para as características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da raça Guzerá em análises unicaracterísticas, bicaracterísticas e multicaracterísticas.....	37
TABELA 3- Correlações genéticas em análise bi (acima da diagonal) e correlações genética em análise multicaracterística (abaixo da diagonal) com seus respectivos desvios-padrão (entre parênteses) entre características de crescimento, reprodução e eficiência. ....	43
TABELA 4-Correlações genéticas aditivas em análises bi (acima da diagonal) e correlações genéticas em multicaracterística (abaixo da diagonal) com seus respectivos desvios-padrão (entre parênteses) entre características de carcaça e eficiência alimentar. ....	46
TABELA 5- Correlações residuais em análises bicaracterísticas (acima da diagonal) com respectivos desvio-padrão e correlações fenotípicas (abaixo da diagonal) para características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da raça Guzerá.....	49

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABCZ	Associação Brasileira de Criadores de Zebu
ACGB	Associação de Criadores de Guzerá do Brasil
ANCP	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
AOL	Área de olho de lombo
BLUP	Melhor preditor linear não viesado
CAR	Consumo Alimentar Residual
CMS	Consumo de Matéria Seca
DET	Dias em Teste
DP	Desvio-padrão
EA	Eficiência Alimentar
EG	Espessura de gordura subcutânea
EGP8	Espessura de gordura na garupa
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GC	Grupos de contemporâneos
GMD	Ganho Médio Diário
MIVQUE	Estimador quadrático não viesado de variância mínima
ML	Máximo verossimilhança
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NS	Núcleo Sudeste
P120	Peso aos 120 dias de idade
P210	Peso aos 210 dias de idade
P365	Peso aos 365 dias de idade
P450	Peso aos 450 dias de idade
PE365	Perímetro escrotal aos 365 dias de idade
PE450	Perímetro escrotal aos 450 dias de idade
PGB	Programa Guzerá Brasil
REML	Máximo verossimilhança restrita
UGC	Ultrasound Guidelines Council

## RESUMO

A raça Guzerá apresenta grande contribuição para pecuária brasileira devido a sua rusticidade e sobrevivência nos trópicos, além de apresentar índices produtivos favoráveis quanto ao crescimento, fertilidade e eficiência alimentar. Essas características são critérios importantes na determinação dos índices zootécnicos e bioeconômicos dentro no sistema de produção. No entanto, é imprescindível o entendimento sobre comportamento dessas características, sobretudo o consumo alimentar residual, que tem sido empregado como parâmetro de identificação de animais eficientes na utilização dos alimentos, dado que ainda são escassos os trabalhos na literatura na raça Guzerá quanto ao impacto da seleção para consumo alimentar residual sobre o desempenho das características de importância econômica. Dessa forma, o objetivo foi estimar os parâmetros genéticos para a eficiência alimentar e as características produtivas de bovinos da raça Guzerá, bem como verificar as associações entre tais características de importância econômica. As características avaliadas foram peso aos 120 dias de idade (P120), peso aos 210 dias de idade (P210), peso aos 365 dias de idade (P365), peso aos 450 dias de idade (P450), perímetro escrotal aos 365 dias de idade (PE365), perímetro escrotal aos 450 dias de idade (PE450), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), consumo alimentar residual (CAR) e consumo de matéria seca (CMS). A estimação dos parâmetros genéticos foi realizada pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), sob modelo animal em análises uni, bi e multicaracterística, a fim de determinar as associações genéticas e fenotípicas entre essas características, e conseqüentemente o planejamento genético e os índices de seleção sem causar antagonismos em ambas as características. As herdabilidades para características de crescimento, P120, P210, P365, P450, PE365 apresentaram coeficientes baixos a moderados nas três análises, uni (0,17, 0,21, 0,32, 0,39), bi (0,18, 0,22, 0,33, 0,39) e multi (0,34, 0,38, 0,35, 0,39), respectivamente. As características relacionadas a carcaça apresentaram herdabilidade baixa a moderada, AOL (0,24 a 0,27), EG (0,09 a 0,10) e EGP8 (0,29 a 0,31), ao passo que as características de eficiência apresentaram baixo coeficiente de herdabilidade variando de 0,14 a 0,23. O CAR apresentou baixas correlações genéticas com características de crescimento (-0,07 a 0,22), reprodução (0,03 a 0,05) e carcaça (-0,35 a 0,16), com exceção do CMS (0,42 a 0,46). De modo geral as herdabilidades e correlações genéticas expressaram considerável variabilidade genética e ganhos genéticos significativos podem ser obtidos através seleção para características de eficiência alimentar, crescimento, reprodução e carcaça na raça Guzerá, podendo ser inclusas simultaneamente em programas de seleção, sem acarretar em prejuízos genéticos ou econômicos e assim promover maior progresso genético dos rebanhos.

**Palavras-chave:** carcaça, consumo alimentar residual, método da máxima verossimilhança restrita, reprodução, zebuínos

## ABSTRACT

The Guzerat breed makes a great contribution to Brazilian livestock due to its rusticity and survival in the tropics, in addition to presenting favorable production rates regarding growth, fertility and feed efficiency. These characteristics are important criteria in determining the zootechnical and bioeconomic indexes within the production system. However, it is essential to understand the behavior of these characteristics, especially the residual food consumption, which has been used as a parameter for identifying animals that are efficient in the use of food, given that there is still little work in the literature on the Guzerat breed regarding the impact of selection for residual food consumption on the performance of characteristics of economic importance. The characteristics evaluated were weight at 120 (W120), 210 (W210), 365 (W365), and 450 (W450) days of age, scrotal circumference at 365 (SC365) and 450 (SC450) days of age, rib eye area (REA), backfat thickness (BF), rump fat thickness (RF), residual feed intake (RFI) and dry matter intake (DMI). The estimation of genetic parameters was performed by the method of maximum restricted likelihood (REML), under animal model in uni, bi and multi trait analyzes, in order to determine the genetic and phenotypic associations between these characteristics, and consequently the genetic planning and the indices selection without causing antagonisms in both characteristics. Heritability for growth characteristics, P120, P210, P365, P450, PE365 showed low to moderate coefficients in the three analyzes, uni (0.17, 0.21, 0.32, 0.39), bi (0.18, 0.22, 0.33, 0.39) and multi (0.34, 0.38, 0.35, 0.39), respectively. The carcass-related characteristics showed low to moderate heritability, AOL (0.24 to 0.27), EG (0.09 to 0.10) and EGP8 (0.29 to 0.31), whereas the characteristics of efficiency showed low coefficient of heritability varying from 0.14 to 0.23. CAR showed low genetic correlations with characteristics of growth (-0.07 to 0.22), reproduction (0.03 to 0.05) and carcass (-0.35 to 0.16), with the exception of CMS (0.42 to 0.46). In general, heritability and genetic correlations expressed considerable genetic variability and significant genetic gains can be obtained through selection for feeding efficiency, growth, reproduction and carcass characteristics in the Guzerat breed, and can be included simultaneously in selection programs, without causing genetic damage. or economic and thus promote greater genetic progress of the herds.

**Keywords:** carcass, reproduction, residual feed intake, restricted maximum likelihood method, zebu cattle

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o maior produtor e o principal exportador mundial de carne bovina<sup>1</sup>. No entanto, a taxa de desfrute gira em torno de 20,49%<sup>2</sup>, o que indica uma baixa eficiência na exploração do potencial produtivo e dos recursos disponíveis. A fim de fortalecer o mercado interno e manter-se competitivo mundialmente, é necessário intensificar o sistema de produção, adotando novas tecnologias que visem elevar o desempenho produtivo, produção de carne por área, aproveitamento dos recursos naturais e, conseqüentemente, maior retorno econômico.

O rebanho de corte brasileiro é caracterizado pela variabilidade de raças, no qual predominam as zebuínas (*Bos Indicus*), que devido sua adaptabilidade as condições climáticas<sup>3</sup> foram amplamente difundidas no País. Com o objetivo de atingir maiores níveis de produtividade de carne em sistemas extensivos, uma das raças zebuínas é a Guzerá, que vem contribuindo com a nacional, por meio de sua rusticidade, composição de carcaça, precocidade sexual e de acabamento<sup>4</sup>. No total, são 499.526 animais registrados na Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ)<sup>5</sup>, apenas em 2016, essa raça foi responsável pela produção e comercialização de 67.643 doses sêmen do total de raças de corte no Brasil<sup>6</sup>.

O Guzerá foi a primeira raça zebuína a ser importada para o Brasil em 1870, a qual foi, inicialmente, utilizada para trabalho e transporte para as fábricas de café, devido a sua rusticidade, sendo posteriormente utilizada para a produção de carne e leite<sup>7</sup>. Apenas em 1995, foi despertado o interesse de seleção para produção de carne<sup>7</sup>. Diante do desempenho da raça e com objetivo de elevar os índices zootécnicos e contribuir para produção de carne de qualidade nos trópicos, foi criado o Programa de Avaliação Genética da Raça Guzerá (PAGR), coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), dando origem as primeiras avaliações genéticas desta raça disponibilizadas em 2001<sup>8</sup>. Contudo o potencial produtivo da raça Guzerá, em nível de pesquisa ainda tem sido pouco avaliado<sup>9</sup>.

Os programas de melhoramento têm dado ênfase em características produtivas de interesse econômico, como crescimento, carcaça e reprodução<sup>10</sup>, principalmente na raça Nelore. Contudo, o grande impasse dos programas de seleção, é identificar animais eficientes, capazes de otimizar a conversão de alimentos e apresentar maior produção de carne por hectare de forma sustentável, tornando mais eficiente a utilização dos insumos e recursos naturais. Além disso, a seleção de animais mais eficientes quanto ao uso de alimento diminuirá os custos de produção, acarretando em maior lucratividade, visto que a alimentação representa um dos principais

componentes de sistemas de bovinos de corte, cerca de 75%<sup>11</sup>.

Considerando a importância econômica, dados de consumo alimentar têm sido, recentemente, englobados em programas de seleção genética, com a finalidade de aprimorar a eficiência alimentar, por meio da nutrição, do manejo ou pela inserção de genes favoráveis para essa característica<sup>12</sup>. Muitas características foram propostas como indicadoras da eficiência alimentar, como eficiência alimentar bruta (EA)<sup>13</sup>, conversão alimentar (CA)<sup>14</sup>. A EA pode ser definida como a razão do ganho em peso diário pelo CMS, e a CA, a relação inversa, entre CMS e o GMD<sup>15</sup>. A EA e a CA podem influenciar as exigências de manutenção, uma vez que possuem correlação com o peso corporal dos animais, podendo elevar consideravelmente o tamanho adulto dos animais<sup>16</sup>, o que resulta em animais tardios, com menor acabamento de carcaça, maior exigência de manutenção e fêmeas de maior idade ao primeiro parto e com baixa fertilidade<sup>17</sup>.

Nesse cenário, o CAR foi proposto em 1963 por Koch et al.<sup>13</sup>, como parâmetro de seleção para eficiência alimentar Basarab devido sua independência com características produtivas, onde é calculada utilizando uma equação de regressão do CMS em função do peso vivo metabólico ( $PV^{0,75}$ ) e do GMD<sup>13</sup>. O CAR já tem sido empregado como critério de seleção para eficiência alimentar em animais *Bos Taurus*<sup>16</sup>, e suas estimativas de parâmetros genéticos e correlações genéticas com características de crescimento, carcaça e reprodução são descritas em sua maior parte em taurinos e mestiços<sup>18</sup>, sendo escasso em em zebuínos<sup>15</sup>. Outro aspecto relevante, é que a avaliação da eficiência alimentar apresenta alto custo, dificuldade de mensuração e tempo, o que limita a obtenção de fenótipo para serem empregadas em programas de melhoramento genético.

A estimação dos componentes de variância é relevante para estimativa dos parâmetros genéticos<sup>19</sup>, os quais permitem obter informações precisas quanto a aplicabilidade da seleção genética na modificação das características econômicas do rebanho. Assim, os objetivos desse trabalho foram estimar os parâmetros genéticos para características de eficiência alimentar, crescimento, carcaça e reprodução utilizando análises unicaracterística, bicaracterística e multicaracterística em bovinos da raça Guzerá. E assim, definir métodos mais precisos para estimar com confiabilidade as associações genéticas e fenotípicas entre essas características para o melhor direcionamento dos critérios de seleção para o planejamento dos índices de seleção no desenvolvimento da pecuária nacional de corte.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Raça Guzerá

A raça Guzerá tem obtido grande relevância no âmbito da pecuária brasileira, apresentando bons índices zootécnicos, por possuir rusticidade, rendimento de carcaça e precocidade<sup>5</sup>. O Guzerá ou Kankrej como também é chamada, apresenta origem indiana e possui diversos registros antigos como selos impressos em cerâmicas em sítios arqueológicos na Índia, Paquistão e no Iraque, e artefatos nas regiões da antiga assíria e Mesopotâmia, não sabendo ao certo sobre a sua origem<sup>23</sup>. Há registros que o Guzerá foi utilizado para transporte e para caças na antiga Mesopotâmia com indícios de que a raça já existia antes de 1500 a.c. Atualmente, a imagem do Kankrej é símbolo do próprio Ministério de Agricultura da Índia e é referenciada como “melhoradora das demais raças”. A raça está ambientada na região desértica de Kutch, em Gujarat, seguindo ao norte de Thar e Sind, formado por terras baixas, de solos arenosos, sem árvores e com variação de temperatura de 5 a 50<sup>o</sup><sup>23</sup>.

A raça, chegou ao Brasil em 1870 através de Barão de Duas Barras e criadores de Recife, Salvador e Rio de Janeiro, a qual dominou as regiões do café fluminense, sendo usada para deslocar as carroças até os vagões a fim de transportar o café, em áreas montanhosas, e para produção de carne e leite<sup>5</sup>. Com o fim da escravidão na década de 1888, os cafés das regiões fluminenses iniciaram o seu declínio, fazendo com que os donos dos cafezais buscassem mais usufruir das características produtivas do gado, começando então a seleção de características de carne e leite<sup>5</sup>. Os criadores de Guzerá foram propagadores das qualidades da raça, confrontando a “guerra contra o Zebu”, incentivada por pesquisadores paulistas e por estímulos do Governo Federal, e simultaneamente abasteciam o Triângulo Mineiro, local onde seria a futura sede “meca do Zebu”<sup>5</sup>.

O Guzerá está presente em diversos biomas do país, porém é marcante sua presença no Nordeste, a qual foi a única raça sobrevivente e produtiva ao longo dos 5 anos seguidos de seca (1978-1983), e mais adiante outras secas históricas, como a de 1945 e 1952<sup>23</sup>. Em 1940, devido a política empregada no País, os animais foram bastante usados para os cruzamentos em razão de sua rusticidade e vigor das progênes oriundas de cruzamento, e assim promovendo ganhos produtivos e maior retorno econômico<sup>7</sup>. O Guzerá também teve sua contribuição para formar as raças Indubrasil, Tabapuã, Brahman, Pitangueiras e Simbrasil. Desde então, a participação da raça no cenário da pecuária brasileira declinou e poucos criadores continuaram com os programas de seleção da raça<sup>7</sup>.

No entanto, em razão de suas características produtivas a raça retomou sua evolução e obteve um crescimento de 56,47% de 1995 até a década de 2000, com registros de nascimentos feitos pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu. Em 1999, iniciou-se o PAGRG criado pela ANCP juntamente com criadores da Associação de Criadores de Guzerá do Brasil (ACGB) e Núcleo Sudeste (NS), com objetivo de desenvolver novas tecnologias para o progresso genético da raça, e posteriormente, em 2008, o programa começou a se chamar Programa Guzerá Brasil<sup>8</sup>.

Em 2001 foi apresentado o 1º Sumário do Programa de Avaliação Genética da Raça Guzerá, e atualmente, estão disponíveis avaliações genéticas para mais de 20 DEPs (diferença esperada na progênie) para características de importância econômica e para o índice de Mérito genético total econômico para raça. Além disso, o programa conta com 40 rebanhos participantes<sup>8</sup>. Nesse contexto, mais estudos para a seleção efetiva da raça Guzerá são necessários, tanto para evolução genética quanto para sua participação no cenário da pecuária brasileira, uma vez que seu desempenho contribui significativamente para o aumento dos índices zootécnicos do país, produzindo carne de maior qualidade e reduzindo o ciclo de produção, além de tornar-se mais competitivo no mercado externo.

## **2.2 Importância da Eficiência Alimentar**

Um dos principais desafios econômicos e de sustentabilidade na pecuária de corte é desenvolver técnicas que maximizem a utilização dos recursos naturais assim como diminuição dos dejetos produzidos. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), para atender o crescimento da população mundial, a produtividade de alimentos tem de crescer em 60% a mais até o ano de 2050<sup>24</sup>. Dessa forma, a identificação e seleção de indivíduos que utilizem os alimentos de maneira eficiente, maximizaria o sistema de produção reduzindo o consumo de alimentos, uma vez que, a utilização de animais mais eficientes, para o mesmo nível produtivo que seria obtido com menor necessidade de insumos<sup>25</sup>.

Na seleção de gado de corte, são indispensáveis metodologias que visem elevar a eficiência alimentar, porém sem causar prejuízos que comprometam as características reprodutivas, crescimento ou de qualidade de carne<sup>12</sup>. Além da busca por essa maximização dos recursos naturais, a melhoria da eficiência alimentar resulta na redução de custos de produção, maior produção de carne por hectare, além de redução no uso de áreas para criação de bovinos de corte e diminuição da degradação ambiental<sup>26</sup>.

O rebanho consome aproximadamente 70% dos recursos alimentares, principalmente fêmeas<sup>27</sup>, diante desse aspecto, é relevante o estudo sobre exigências de manutenção e crescimento dos bovinos, que são diretamente correlacionadas ao consumo alimentar, e dessa maneira, possibilitar a identificação de animais superiores para eficiência alimentar<sup>28</sup>. As medidas de eficiência, tradicionalmente, mais utilizadas como indicadoras de eficiência alimentar, são: EA<sup>13</sup>, CA<sup>14</sup>.

A EA é estimada como a razão entre ganho de peso e o consumo de matéria seca, e a conversão alimentar, a razão do consumo de matéria seca pelo ganho de peso<sup>29</sup>. Já o CMS possui função relevante no retorno econômico do ciclo de produção<sup>18</sup>, dado que os custos com alimentação dos animais correspondem a maior porcentagem de gastos totais de produção<sup>30</sup>. Essa característica é usada como premissa para estimação das exigências nutricionais, das taxas de ganho em peso e do lucro do sistema<sup>28</sup>. Essas medidas de eficiência alimentar, apresentam estimativas de herdabilidade moderada a alta (Arthur et al., 2001, Basarab et al., 2003, Santana et al 2014., Grion et al 2014., Bonamy et al., Schenkel et al 2004., Nkumaruh et al 2007).

Contudo, a conversão alimentar apresenta algumas limitações como estar diretamente relacionada com ganho de peso e taxa de crescimento, o que pode elevar significativamente o consumo alimentar e o tamanho adulto dos animais<sup>17</sup>. Esse efeito é mais acentuado em fêmeas, o que pode acarretar prejuízos na eficiência reprodutiva de sistemas nos quais insumos nutricionais são limitados, da mesma forma que diminuir a conversão alimentar no rebanho de cria<sup>31</sup>.

O CAR tem sido adotado como critério de seleção em programas de melhoramento genético por otimizar o ciclo de produção, em razão de possibilitar a identificação de animais com tamanho e taxa de crescimento similares, consumindo menor quantidade de insumo, em virtude da variabilidade no metabolismo que distinguem os indivíduos no aproveitamento dos nutrientes<sup>14</sup>. Esse índice é calculado com base na diferença entre o consumo de matéria seca observada e o consumo predito, o que permite selecionar animais que tenha um determinado desempenho consumindo menos, e conseqüentemente promovendo maior retorno econômico aos criadores<sup>14</sup>.

### **2.2.1 Consumo de Matéria de Seca**

A mensuração do consumo de matéria seca dos animais, é umas das variáveis mais importantes para entender os mecanismos da resposta animal e da nutrição, como forma de melhorar as pastagens e tornar eficiente a produção de forragem<sup>32</sup>. O CMS é responsável por

60 a 90% das variações no desempenho animal e apenas 10 a 40% são resultantes das características intrínsecas aos alimentos, como valor nutricional e digestibilidade<sup>33</sup>.

As estimativas para a quantificação do CMS possuem algumas limitações, como diversos fatores complexos que condicionam os consumos dos alimentos pelos animais<sup>34</sup>, e a relação entre dieta, indivíduo, ambiente e manejo são atribuídos as dificuldades de se estimar com precisão a predição do CMS por modelos matemáticos<sup>35</sup>. Desse modo, as mensurações de forma acurada do CMS são relevantes para os programas de melhoramento genético, para desenvolver e validar simulações dos processos fisiológicos de digestibilidade e do metabolismo de nutrientes<sup>36</sup> e estabelecer planos nutricionais apropriados.

### **2.2.2 Consumo Alimentar Residual**

A alimentação é um dos principais aspectos econômicos que interferem no lucro dos sistemas de produção de gado de corte, já que é responsável por 75% dos gastos totais de produção<sup>37</sup>, por conseguinte há um empenho em aperfeiçoar a eficiência alimentar como forma de elevar a sustentabilidade ambiental e econômica dos ciclos de produção de carne bovina. Uma alternativa para elevar o retorno econômico e sustentável do ciclo de produção é a seleção de animais de elevada eficiência alimentar sem que comprometa características produtivas, reprodutivas e de carcaça<sup>38</sup>. Nesse cenário, o CAR tornou-se um critério de seleção efetivo para aprimorar a eficiência alimentar em animais de corte, já que independe do peso corporal e do GMD<sup>39</sup>.

O CAR foi proposto por Koch et al.<sup>13</sup>, o qual é considerado como um parâmetro de eficiência na utilização de recursos alimentares pelos animais, e é determinado como a diferença entre consumo de matéria seca observado e o previsto através de estimativas baseado no peso vivo metabólico e ganho médio diário, em período de avaliação do teste<sup>13</sup>. O CAR permite identificar animais que tenham a mesma exigência de manutenção e GMD, no entanto com consumo abaixo do predito, e consequentemente mais lucrativos para o sistema de produção<sup>14</sup>.

De acordo com os estudos anteriores<sup>40</sup>, bovinos que são eficientes demonstraram maior digestibilidade de matéria de seca, fibra solúvel em detergente neutro, fibra solúvel em detergente ácido e celulose comparando-se a animais não eficientes e animais que apresentam baixo CAR apresentaram maior eficiência alimentar e conversão alimentar<sup>41</sup>. A correlação genética entre CAR e conversão alimentar é moderada, sendo 0,50 em estudos da raça nelore<sup>42</sup>, e resultados similares, 0,39, foram encontrados por Berry e Crowley et al.<sup>43</sup> em taurinos. Assim, pode ser inferido que pode se dizer que alguns dos genes que influenciam o CAR são diferentes dos genes para CA, porém o valor da correlação preconiza que ao fazer a inclusão do CAR em

programa de seleção, pode haver a melhora simultânea da conversão alimentar<sup>44</sup>.

A utilização do CAR como parâmetro em programas de seleção genética resulta em animais que consomem menor quantidade de alimento, mantendo o ganho de peso ou peso adulto<sup>45</sup> sem elevar a exigência de manutenção do rebanho, e sua inclusão na avaliação como indicador de eficiência alimentar tem ganhado espaço<sup>46</sup>. Para ganho em peso foram encontradas correlações genéticas não significativas com CAR, variando 0,01<sup>47</sup> a 0,19<sup>48</sup>, demonstrando que animais eficientes para CAR, além de levar a indivíduos com menor exigência de manutenção, não altera o peso adulto do animal<sup>14</sup>.

O CAR possui grande potencial para uso nos programas de seleção para otimização dos rebanhos, possui herdabilidade moderada a alta, variando entre 0,24<sup>49</sup> a 0,46<sup>50</sup> em zebuínos e taurinos, ou seja, é uma característica que apresenta viabilidade de seleção em programas de melhoramento genético de gado de corte, com potencial de obtenção de ganhos genéticos. No entanto, um dos maiores limitantes para mensuração da eficiência alimentar para programas de seleção é dificuldade de mensuração do consumo individual dos animais, já que é necessário equipamentos especializados, que possuem um alto custo.

Archer et al.<sup>51</sup>, complementaram que a avaliação do CAR em touros jovens é viável economicamente para todos os tipos de produção de carne por diminuir o consumo, reduzindo gastos com alimentação, sem afetar o desempenho, seja em sistemas extensivos a pasto, ou intensivos, como terminação com dietas a base de alto nível de concentrado em confinamento. Por outro lado, há estudos que relatam que a seleção para consumo alimentar residual pode apresentar alguns entraves para características de desempenho produtivo e reprodutivo, ocasionando alterações na composição do ganho<sup>52</sup>, devido a animais de CAR negativo (eficientes) possuir uma carcaça mais magra, menor taxa de deposição de gordura e acabamento de carcaça<sup>39</sup> assim como no atraso da puberdade<sup>53</sup>. Nesse sentido, tem sido demonstrado antagonismo entre CAR e características de carcaça, principalmente com gordura subcutânea.

As estimativas de correlações genéticas positivas e desfavoráveis entre CAR com espessura de gordura subcutânea (0,22, 0,32, 0,34<sup>15 14 39</sup>), vem demonstrando que a seleção para animais eficientes levaria a animais com menor reserva corporal. Lancaster et al.<sup>44</sup>, relataram em seus estudos, correlações genéticas (0,36) e fenotípicas (0,22) entre CAR e EG em animais da raça Brangus, ao mesmo tempo que Leme et al.<sup>54</sup>, também descreveram diferenças expressivas na deposição de gordura entre as classificações de CAR em nelore. Santana et al, preconiza na seleção para eficiência alimentar as características de espessura gordura subcutânea sejam incluídas.

Animais com deposição de gordura subcutânea reduzida no abate, demandam mais

tempo de terminação, já que o acabamento de carcaça é tardio, e conseqüentemente eleva os custos de produção<sup>59</sup>. O ajuste de EG na equação de regressão para CAR, foi observado por Mao et al, uma redução na estimativa da correlação genética de EG de 0,42 para 0,23 em animais da raça Charolês. Basarab et al, em seus estudos com animais mestiços, descreveu uma redução da associação fenotípica de 0,12 para -0,06 entre CAR e EG. Desse modo, são necessários mais estudos a respeito do efeito da seleção de animais eficientes sobre as características de carcaça, especialmente em Zebuínos, e se o ajuste de gordura subcutânea para o cálculo do CAR minimiza efeitos antagonismo no desempenho ou na composição de carcaça<sup>15</sup>.

Recentemente, estudos vem apresentando relações antagônicas entre consumo alimentar residual e reprodução<sup>53</sup>. Para características reprodutivas de machos, alguns trabalhos da literatura demonstram uma associação indesejável entre animais eficientes (CAR negativo) e características de qualidade de sêmen, como maior quantidade de defeitos na cauda do sptz<sup>55</sup>, motilidade progressiva reduzida<sup>56</sup>, contudo ainda faltam trabalhos que descrevem sobre a influência direta do CAR na fertilidade ou na performance reprodutiva de touros<sup>56</sup>, especialmente em *Bos Indicus*.

Em um trabalho realizado com fêmeas por Shaffer et al., os animais de CAR positivo atingiram a puberdade 13 dias mais cedo em relação aquelas de baixo CAR<sup>53</sup>, de modo semelhante ao descrito por Crowley et al, onde observou correlação genética desfavorável para idade ao primeiro parto (-0,29) em animais eficientes. Taxa de prenhez reduzida<sup>57</sup>, assim como menor taxa de desmame<sup>58</sup> também foram descritos na literatura.

De acordo com os estudos Wang et al, não houve indícios de efeitos desfavoráveis da seleção para aperfeiçoar a eficiência alimentar com relação ao desempenho reprodutivo de reprodutores de corte, dado que diferentes estudos relatam a não associação fenotípica entre CAR e perímetro escrotal<sup>596065</sup>. Kowalski et al, não encontrou diferenças quanto as mensurações de perímetro escrotal em touros jovens de baixo e alto CAR. Outros autores Basarab et al. e Lawrence et al. também não encontraram diferenças para características de reprodução ou no desempenho das progênies.

### **2.2.3 Teste de Eficiência Alimentar**

No Brasil, há dois equipamentos eletrônicos de mensuração individual de alimentos, o GrowSafe® (GrowSafe Systems LTD., Canadá) e o Intergado® (Intergado LTD, Minas Gerais, Brasil), os quais são utilizados tanto para pesquisas como em criatórios de seleção genética. O sistema da empresa Intergado® possui cochos, bebedouros e balanças

eletrônicas, e é permitido que apenas um animal acesse o cocho e se alimente de cada vez. Nesse sistema, os animais são identificados através da utilização de brincos eletrônicos que emitem sinais enviados via antena acopladas na lateral dos cochos e bebedouros<sup>61</sup>. Estes equipamentos possuem comedouros que ficam apoiados sobre células de carga, possibilitando o registro eletrônico do alimento consumido por cada animal. Assim as informações são disponibilizadas em tempo real, as quais são registradas e enviadas para o computador central do sistema.

O sistema eletrônico GrowSafe® identifica a presença ou ausência de um animal nos cochos eletrônicos por uma antena de leitura que é instalada dentro do cocho, a qual é detectada através de brincos eletrônicos<sup>62</sup>, de maneira semelhante ao sistema da Intergado. Assim, o sistema monitora todas as vezes que o animal acessa o cocho, contabilizando a duração, a quantidade de vezes que alimenta e quantidade total do alimento consumido e o comportamento ingestivo dos animais durante 24 horas por dia sincronizado a um sistema central para registro das informações.

A ANCP juntamente com diversos pesquisadores desenvolveu diretrizes para a execução e padronização dos dados oriundos das provas de eficiência alimentar em diferentes sistemas eletrônicos<sup>63</sup>. Para sistemas que não possuem balanças de pesagem eletrônica, a duração é de 70 dias de prova, sendo no mínimo 35 dias válidos de consumo, e pesagens, com ausência de jejum, a cada 14 dias ou pesagens no início e final, com jejum, em dois dias seguidos no início e no final do teste<sup>63</sup>. Já para sistemas com balanças automatizadas, são necessários 35 dias válidos de consumo, e 42 dias de pesagens válidas após o período de adaptação<sup>63</sup>.

### **2.3 Características de crescimento**

Os programas de melhoramento genético de bovinos de corte têm sido direcionados com base na seleção de pesos corporais, os quais são coletados em diferentes idades e apresenta grande facilidade de mensuração<sup>64</sup>, além de correlacionar-se de forma positiva com características produtivas de importância econômica. Dentro do grupo de características estão os pesos aos 120 de idade (P120) e 210 dias de idade (P210), e pós desmame, peso aos 365 (P365) e 450 dias de idade (P450).

As estimativas de coeficiente de herdabilidade são moderadas a alta<sup>65</sup>, obtendo rápida resposta a seleção, já que são indicativas do potencial em ganho de peso em idades posteriores<sup>66</sup>. De acordo Boligon et al, as associações genéticas são maiores entre os pesos

próximos e diminuem ao passo que a idade do animal distanciam.

Os efeitos maternos mais relevantes que interferem no desenvolvimento do bezerro desde a fecundação até a fase da desmama são o meio uterino ao longo da prenhez e transmissão de anticorpos na colostragem nas primeiras horas vida<sup>67</sup>. O P120 avalia a capacidade da habilidade materna de uma matriz e coincide com pico de lactação dos animais zebuínos<sup>68</sup>, a estimativa de herdabilidade é moderada, sendo importante característica para as fazendas de crias quando o objetivo é avaliar o desempenho da progênie<sup>69</sup>.

Outra característica importante no grupo pré desmame, é o P210. Essa característica é dependente, a nível genético, tanto do potencial do próprio indivíduo (efeito direto) e da mãe (efeito materno)<sup>70</sup>, que detém de maior cuidado e produção de leite para a cria<sup>71</sup>, ou seja, corresponde da capacidade da mãe em colocar peso do nascimento até a desmama. O peso ao desmame, possui grande relevância ao criador por definir até 50% do peso do indivíduo aos 550 dias de idade<sup>72</sup>.

Já o P365 e P450 são referentes ao efeito do potencial genético do próprio animal, uma vez que o efeito materno possui pouca influência, sobretudo para o P450, devido a elevada variância genética e menor variância materna estimadas para essas características<sup>66</sup>. As estimativas de herdabilidade para pesos pós desmama é de magnitude moderada a alta<sup>73</sup>, dado a sua importância em programas de seleção, uma vez que possuem essas características estão relacionadas de modo direto com o potencial em ganho de peso e com peso ao abate dos animais, além de apresentar correlações genéticas favoráveis com características de reprodução e carcaça<sup>74</sup>.

## **2.4 Características Reprodutivas**

Na bovinocultura de corte, a eficiência reprodutiva das fêmeas, a qual representa o número de filhos nascidos por vaca/ano, são um dos aspectos econômicos que influenciam no ciclo de produção<sup>75</sup>, uma vez que o desempenho reprodutivo está intimamente associadas a porcentagem de prenhez, parição, intervalos entre partos, desmama<sup>76</sup> e kg de bezerro desmamado por vaca. Sendo assim, as características reprodutivas são 4,28 a 13,46 vezes mais importantes economicamente que características de desempenho, como as de crescimento e carcaça<sup>77</sup>.

O avanço econômico da produção de bovinos está intimamente ligado a evolução da performance reprodutiva e com diminuição da idade a puberdade<sup>78</sup>, uma vez que a idade a puberdade e a idade ao primeiro parto interfere diretamente no ciclo de produção, já que

interfere diretamente a taxa de desfrute<sup>79</sup>, que mensura a eficiência do rebanho em gerar o remanescente, isto é, corresponde a produção de arrobas em relação ao total de animais do rebanho<sup>80</sup>.

O progresso genético de características reprodutivas em fêmeas, em geral, possui maiores desafios em função da dificuldade na mensuração, assim como a menor variância aditiva e maior variância ambiental e a baixa herdabilidade<sup>81</sup>. Algumas pesquisas visam descobrir características que associem concomitante mensurações de precocidade sexual em machos e fêmeas<sup>82</sup>, dessa forma, programas de seleção tem ponderado medidas de reprodução oriundas de machos, isto é, perímetro escrotal tem sido adotada como critério de reprodução nos programas de melhoramento, sendo mensurado em diferentes idades<sup>83 84</sup>. Sua ampla adoção é decorrente da herdabilidade moderada a alta e também pela facilidade da coleta de informações<sup>85</sup>.

O perímetro escrotal é uma característica indicadora de fertilidade e desenvolvimento em animais de corte, em razão de apresentar correlações genéticas positivas com características qualitativas de sêmen, libido<sup>86</sup>. As estimativas de herdabilidade para perímetro escrotal na raça Guzerá tem sido relatada por diversos trabalhos na literatura (Mota et al., Cancino Baier et al., Tramonte et al., Abreu et al.). Já em outro estudo, foram encontrados valores maiores para herdabilidade, sendo 0,62,0,31,59 aos 365, 450 e 550 dias de idade respectivamente, inferindo uma maior atuação de genes aditivos ao transmitir essa característica<sup>87</sup>.

O PE365 e PE450 possui elevada correlação genética com características de crescimento em diferentes idades variando de 0,33 a 0,72<sup>73 87</sup>. Valores elevados de correlações genéticas entre perímetro escrotal e pesos em diferentes idades foram relatadas por diversos Boligon et al. e Raidan et al., sendo essas características influenciadas em sua maior parte pelo mesmo conjunto de genes aditivos, levando a resposta correlacionada para desempenho em ganho de peso<sup>73</sup>.

Além disso, o perímetro escrotal está correlacionado negativamente com as características de reprodução em fêmeas, como idade ao primeiro parto, probabilidade de prenhez, número de dias para o parto, intervalo entre partos<sup>88</sup> e precocidade sexual. Fêmeas que emprenham e parem mais cedo possui maior longevidade produtiva em relação a fêmeas tardias, dessa maneira, matrizes que tem sua parição pela primeira vez aos dois anos de idade podem produzir mais bezerros em relação aquelas que parem aos três anos de idade.

A incorporação de fêmeas mais jovens a vida reprodutiva leva a diminuição de categorias improdutivas, uma vez que a recria ocupa um longo período dentro do sistema de

produção, em torno de 12 a 36 meses<sup>89</sup>. Assim, a pressão de seleção para perímetro escrotal deve resultar em mudanças na precocidade sexual de fêmeas, já que as correlações genéticas entre perímetro escrotal e características de reprodução em fêmeas é de média a alta magnitude<sup>90</sup>.

## 2.5 Características de carcaça

A maior parte da produção de carne brasileira é oriunda de sistemas extensivos, o que torna a produção dependente da sazonalidade climática e dos níveis tecnológicos adotados nas propriedades, desse modo, esses fatores podem ocasionar variabilidade na oferta de produção bem como na qualidade e no rendimento das carcaças. Em detrimento desses aspectos, a procura para a uniformização e rendimento da composição de carcaça, os programas de melhoramento genético tem incluído características que possibilitam identificar indivíduos geneticamente superiores e que respondam a seleção de acordo com os objetivos para características de composição de carcaça<sup>85</sup>.

Recentemente, as mensurações por meio de ultrassonografia permitem a obtenção de características de qualidade de carcaça in vivo, em que as mais pesquisadas são: área de olho de lombo (AOL), que é avaliada por um corte transversal do músculo *Longissimus dorsi* entre a 12° e 13° costelas, espessura de gordura subcutânea na costela (EG), espessura de gordura de gordura entre a 12° e 13° costelas e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), medida entre os ossos íleo e ísquio sobre a junção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*<sup>91</sup>.

Os aspectos da qualidade e a quantidade da fração comestível da carne elementos cruciais usados para avaliação do valor da carcaça<sup>92</sup>. A utilização de fenótipos obtidos através da ultrassonografia, proporciona a predição, in vivo nos animais, de características de carcaça relevantes na produção de carne e ao melhoramento genético, especialmente, a medida da composição muscular e taxa de deposição de gordura em bovinos<sup>93</sup>.

A AOL é indicadora da deposição muscular<sup>91</sup>, permitindo analisar a conformação da carcaça, pois está correlacionada com o percentual de carne na carcaça, rendimento de cortes cárneos, ganho médio diário e porção de cortes de alto valor econômico<sup>94</sup>. A utilização dessa característica fenotípica que aponta o potencial genético do indivíduo para produzir carne é viável devido a herdabilidade ser de média alta magnitude<sup>95 85 96</sup>. A AOL também apresenta correlações positivas e favoráveis com peso<sup>97</sup>, espessura de gordura<sup>49</sup> e moderada com perímetro escrotal<sup>95</sup>, sendo uma característica a ser incluída nos programas de seleção devido ao progresso genético que se pode obter com a seleção direta para essa característica e associações

favoráveis com características de importância econômica.

A EG é, de certo modo, encarregada pela proteção das propriedades físicas e químicas dos cortes cárneos posteriormente ao abate<sup>98</sup>. As carcaças que apresentam deposição de gordura apropriada minimizam as ações de desidratação encurtamento das fibras musculares pelo frio, o que pode levar o escurecimento dos músculos, diminuir no peso e a maciez<sup>99</sup>. O grau de acabamento de carcaça que é indicado pela espessura de gordura subcutânea, sendo relevante, pois além da proteção das fibras musculares, está associada ao sabor, suculência e a exterioridade visual das peças de carnes<sup>100</sup>.

Já a espessura de gordura subcutânea da garupa também é apontada como um indicador complementar a espessura de gordura, e sua constituição é similar a espessura de gordura subcutânea<sup>101</sup>. A EGP8 pode ser utilizada como indicadora da uniformização de deposição de gordura na carcaça, e permite a identificação de deposição de gordura dessemelhantes em animais jovens e com menor acabamento, considerando que a deposição de gordura começa no dianteiro e traseiro sendo posteriormente direcionada para região das costelas<sup>102</sup>.

Da mesma forma que a AOL, a espessura de gordura também apresenta associações genéticas com características de importância econômica<sup>103</sup>. Além disso, no contexto econômico, a EG possui função econômica importante por distribuir uniformemente a gordura na carcaça, atuando na proteção da carcaça para evitar o processo de encurtamento das fibras musculares pelo resfriamento<sup>104</sup>.

Embora, a ultrassonografia de carcaça possua vantagens para identificação de animais superiores, há poucos trabalhos na literatura a respeito dos parâmetros genéticos para características de carcaça em Guzerá<sup>4 9</sup>. Em animais da raça nelore diversos autores relataram coeficientes de herdabilidade elevados para AOL, variando de 0,29 a 0,46<sup>96 95 105 106</sup>, para EG e EGP8 também foram encontrados coeficientes de média a alta magnitude 0,07 a 0,38<sup>103 96 49</sup>, resultados semelhantes ao descrito para taurinos<sup>107 108</sup>.

## **2.6 Estimativas de componentes de variância**

As estimativas com maior confiabilidade dos componentes de (co)variância tem sido cada vez mais demandadas, dado que tanto as variâncias genéticas como as residuais são empregadas para a estimação dos coeficientes de herdabilidade e correlação<sup>10</sup>. O conhecimento acurado das covariâncias entre as características permite que a seleção seja realizada de maneira

mais eficiente levando a ganho genético<sup>109</sup>. Além do mais, as metodologias utilizadas para estimar componentes de variância necessitam que todos os dados disponíveis sejam ponderados simultaneamente para diminuir resultados viesados, esse fato, ocorre especialmente para características que são expressas nas fases iniciais da vida do animal, isso porque, em termos fisiológicos, a maioria pode deter de genes em comum, logo, não devem ser consideradas de forma isolada<sup>10</sup>.

Nesse contexto, o emprego de metodologia apropriada é necessário para estimar os parâmetros genéticos afim de classificar de forma correta os animais avaliados<sup>110</sup>. Atualmente, a avaliação genética de animais é realizada considerando a metodologia de modelos mistos proposta por Henderson et al., que se baseia na predição dos valores genéticos e estimação dos efeitos fixos de forma simultânea<sup>110</sup>. Os modelos mistos possuem algumas propriedades como formação de uma equação para cada indivíduo e grupo contemporâneo, constituição de uma matriz de parentesco, a qual faz a conectabilidade dos grupos contemporâneos por meio de reprodutores e matrizes, o que permite comparar animais jovens e velhos, independente das pertencerem a diferentes gerações<sup>111</sup>.

A matriz de parentesco é um elemento crucial para as atuais metodologias mais sofisticadas de avaliação genética. O modelo de grupo contemporâneo leva em consideração as diferentes performances não genéticas entre os grupos e o produto da equação permite a estimação dos efeitos fixos, predição do valor genético e o ganho genético para cada critério de seleção<sup>111</sup>. A metodologia dos Modelos Mistos possibilita a obtenção do Best Linear Unbiased Prediction ou Melhor Preditor Linear não Viesado (BLUP), e é um dos métodos mais utilizados para avaliação genética. Esse método foi oriundo de uma alteração do modelo de quadrados mínimos, que ainda era usada para estimação dos parâmetros genéticos e obtenção das avaliações genéticas dos indivíduos<sup>110</sup>. O BLUP se fundamenta em um estimador que reduz a variância do erro de predição, e sua solução é obtida através de um conjunto de equações lineares<sup>112</sup>.

Para obter os preditores e estimadores, componentes de (co)variância são considerados como previamente conhecidos, e como esses fatores de dispersão são normalmente desconhecidos, é preciso estimá-los<sup>113</sup>. Algumas das metodologias criadas para estimar os componentes de (co)variância são os modelos de Henderson et al, 1, 2, 3 e 4, o estimador quadrático não viesado de variância mínima, estimador quadrático não viesado de variância mínima (MIVQUE)<sup>114</sup>, o método de máxima verossimilhança (ML)<sup>114</sup>, e o método da máxima verossimilhança restrita (REML)<sup>115</sup>, respectivamente. Os modelos 1,2,3 e 4 usa os quadrados mínimos na sua resolução e necessita que as informações em análises sejam

balanceadas já os modelos ML e REML permitem uso de dados não balanceados nas análises<sup>10</sup>.  
Máxima verossimilhança Restrita – REML

Para prever os valores genéticos e os métodos de seleção é necessário, basicamente, da estimação dos componentes de variância. Esses componentes são relevantes nas soluções estatísticas, na elaboração dos índices de seleção, avaliações de modelos mistos com propósito à predição linear do modo BLUP, na estimação de parâmetros genéticos, fenotípicos e residual nos programas de seleção<sup>116</sup>.

Dentre os métodos de estimação de componentes de variância, o método da máxima verossimilhança restrita (REML) tem sido a metodologia escolhida atualmente para estimar os componentes de (co)variância para características lineares, e sua utilização é acentuada devido a facilidade de obtenção, menor tempo de análise e demanda computacional<sup>117</sup>. Esse método é o mais apropriado para estimar parâmetros genéticos de informações do melhoramento animal, porque além de ponderar a perda de graus de liberdade decorrente da estimação dos efeitos fixos, as estimativas ficam dentro do espaço paramétrico permitindo maximização da função de verossimilhança<sup>118</sup>.

Esse método tem essa designação, devido a cada observação ter duas divisões independentes, os efeitos fixos e os efeitos aleatórios. O REML possui atributos desejáveis, à medida que as distribuições são normais, a minimização do viés das estimativas das (co)variâncias resultantes do acasalamento seletivo, seleção através de gerações e descartes sequenciais<sup>119</sup>. Os benefícios desses métodos estão na capacidade de gerar estimativas dos componentes de variância que não sejam negativas<sup>120</sup>, não sofrer alterações devido modificação nos efeitos fixos, possuir flexibilidade ao não depender de dados balanceados<sup>121</sup>, além de diminuir os vieses e apresentar eficiência para utilização de todos os dados disponíveis<sup>122</sup>.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Base de dados

Os dados analisados foram fornecidos pelo Programa Guzerá Brasil coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Para as características de crescimento, reprodução e carcaça, foram utilizados 19.666 animais da raça da Guzerá, nascidos entre 1979 a 2020, oriundos de 18 rebanhos participantes do programa. Para características de eficiência alimentar, as informações de 796 animais foram provenientes do Centro de Desempenho Animal do Núcleo Regional da Embrapa Cerrados e Guzerá IT, localizadas em Santo Antônio de Goiás e Pirajuí em São Paulo, respectivamente, ambas instituições são parceiras ANCP na realização dos testes de desempenho jovens e eficiência alimentar. A matriz de parentesco foi calculada a partir das informações do pedigree de 27.435 animais de três gerações, sendo 729 pais e 7.217 mães. Os animais que compuseram a base de dados apresentaram endogamia média de 1,49%, e uma proporção de indivíduos endogâmico sobre a população total foi de 1,25%.

#### 3.2 Características de crescimento, reprodução e carcaça

A coleta de informações de pesos dos animais oriundos de fazendas participantes do programa de melhoramento Guzerá Brasil da ANCP, segue um cronograma trimestral de pesagens de acordo com o manejo de cada propriedade. Os pesos foram coletados através de balanças, do nascimento até os 18 meses de idade<sup>123</sup>. As características de crescimento avaliadas nesse trabalho foram pesos ajustados aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade.

Os pesos padronizados foram calculados de acordo com a seguinte fórmula<sup>124</sup>:

$$\text{Peso padronizado} = Pa + \text{GMD} \times da$$

Em que:

Pa: peso a idade anterior à idade padrão;

GMD: ganho médio diário; e

da: dias compreendidos entre a idade anterior e a idade padrão.

Simultaneamente à coleta de pesos, foram mensurados os perímetros escrotais, dos nove aos 18 meses, onde foi utilizada uma fita métrica própria para medidas em zebuínos<sup>123</sup>. As características reprodutivas avaliadas foram perímetro escrotal ajustados aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade. Para o perímetro escrotal padronizado foi utilizado a equação a seguir<sup>125</sup>:

$$PEi = \mu_{PE} + \beta_1(I - \mu_i)$$

Em que:

PEi: perímetro escrotal predito em função da idade do animal, em cm;

$\mu_{PE}$ : média geral observada do PE, em cm;

$\beta_1$ : coeficiente de regressão linear estimado para a idade do animal;

I: idade do animal no momento da mensuração do perímetro escrotal, em dias; e

$\mu_i$ : média geral observada da idade do animal, em dias.

Para as características de carcaça, a avaliação foi realizada por um técnico da Aval – Serviços Tecnológicos, parceira ANCP, credenciado pela UGC (Ultrasound Guidelines Council). Através da ultrassonografia, foram obtidas imagens por um corte transversal sobre o músculo *Longissimus dorsi* entre a 12ª e 13ª para obtenção da área de olho de lombo (AOL, cm<sup>2</sup>), espessura de gordura (EG, mm) e entre os músculos *Biceps femoris e Gluteus medius* na garupa, entre íleo e ísquio, a espessura de gordura subcutânea na garupa (P8, mm)<sup>91</sup>. Após as mensurações, as imagens foram obtidas através da ultrassonografia com o aparelho ALOKA 500 V, com uma sonda linear de 3,5 MHz medindo 17,2 cm e um acoplador acústico, em conjunto com um sistema de captura de imagens (Blackbox, Biotronics Inc., Ames, IA, EUA). Posteriormente, essas imagens foram processadas e interpretadas pelo laboratório responsável pela qualidade dos dados (Aval Serviços Tecnológicos S / S)<sup>97</sup>.

### 3.3 Características relacionadas à eficiência alimentar

A mensuração das características de eficiência alimentar foi realizada com auxílio do sistema de cochos eletrônicos Intergado® no Centro de Desempenho Animal do Núcleo Regional da Embrapa Cerrados e Guzerá IT. A dieta foi ofertada *ad libitum*, no modo ração total

misturada, do início ao final do teste, com a dieta semelhante aos níveis nutricionais de uma pastagem de boa qualidade. No entanto, foi recomendado<sup>63</sup> que a dieta apresente porcentagem de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) () de acordo com o ganho médio diário esperado para a categoria animal em teste. Além disso, foi fornecida água à vontade<sup>63</sup>. A duração das provas foi de, no mínimo, 70 dias, precedidos de 14 dias de adaptação no confinamento. Os animais apresentavam no início do teste, cerca de, 16 meses de idade, com variação máxima dentro de cada grupo de avaliação de 90 dias.

As variáveis coletadas ao final dos testes foram: consumo de matéria seca (CMS; kg/dia), peso vivo (kg) e ganho médio diário (GMD, kg/dia). Os grupos para avaliação da eficiência alimentar, foram constituídos por fazenda, teste de eficiência alimentar, sexo, ano e estação de nascimento (estação seca de abril a setembro e estação chuvosa de outubro a março).

O CMS, foi obtido através da média de todos os valores válidos de consumo diário individual registrados eletronicamente pelo sistema Intergado durante o período de teste. O GMD foi estimado por meio do coeficiente de regressão linear do peso em função dos dias em testes dos animais (DET) utilizando a função *lm* do programa R na seguinte equação<sup>13</sup>:

$$y_i = \alpha + \beta * DET_i + \varepsilon_i$$

Em que:

$y_i$ : peso do animal;

$\alpha$ : intercepto da equação de regressão que representa o peso inicial;

$\beta$ : coeficiente de regressão linear, que representa GMD;

$DET_i$ : dia no teste de desempenho das  $i$ -ésimas observações; e,

$\varepsilon$ : erro associado a cada observação.

Considerando o peso vivo, foi calculado o peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ), utilizando a fórmula abaixo<sup>13</sup>:

$$PV^{0,75} = \left[ \alpha + \beta * \left( \frac{DET_j}{2} \right) \right]^{0,75}$$

Em que:

$\alpha$ : peso vivo ao início do teste de eficiência alimentar;

$\beta$ : ganho em peso médio diário; e,

DET: dias em teste;

O consumo alimentar residual (CAR) de cada indivíduo, foi calculado pela diferença entre o consumo de consumo de matéria seca predita e a observada, utilizando uma equação de regressão em função do  $PV^{0,75}$  e do GMD, conforme proposto por Koch et al. O cálculo foi realizado dentro dos grupos de contemporâneos:

$$y = \beta_0 + \beta_1 (\text{GMD}) + \beta_2 (\text{PV}^{0,75}) + \varepsilon$$

Em que:

Y: consumo alimentar individual;

$\beta_0$ : intercepto;

$\beta_1$ : coeficiente de regressão parcial do CMS diário no GMD;

$\beta_2$ : coeficiente de regressão parcial do CMS no PV; e,

$\varepsilon$ : erro residual da regressão, ou seja, consumo alimentar residual.

### 3.4 Análise e estruturação de dados

Previamente às análises genéticas, foram realizadas restrições ao banco de dados utilizando o programa R<sup>126</sup>. Registros fenotípicos  $\pm 3,5$  desvios-padrão em relação à média do grupo de contemporâneo (GC) para cada característica foram eliminados das análises. Também foram removidos os GC que continham menos de quatro animais para cada característica analisada. Os GC foram constituídos a partir dos animais da mesma fazenda, nascidos no mesmo ano e estação de nascimento (seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março), sexo e lote de manejo.

O número de observações para cada característica avaliada, assim como valores de média, desvio-padrão e coeficiente de variação estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Estatística descritiva de características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da Raça Guzará.

Característica	N	Min	Max	$\bar{X}$	DP	CV (%)	GC	$\bar{X}$ GC
P120 (kg)	13695	66	202	126.08	21.7	17	872	15.71
P210 (kg)	12276	91	322	187.46	32.09	17	844	14.55
P365 (kg)	11536	161	491	245.49	42.38	17	550	20.97
P450 (kg)	10952	181	556	282.85	50.46	18	509	21.52
PE365 (cm)	4023	18.1	32.7	20.87	1.9	9	193	20.84
PE450 (cm)	4730	19.1	37.6	23.24	2.69	12	206	22.96
AOL (cm <sup>2</sup> )	1900	29.01	97.67	57.65	10.56	18	200	9.45

EG (mm)	1899	0.76	13.48	3.27	1.68	51	200	9.45
EGP8 (mm)	1893	0.9	17	4.83	2.48	51	200	9.47
CAR (kg ms/dia)	646	-2.4	2.2	0	0.64	-	71	9.1
CMS (kg/dia)	646	4.99	14.02	9.91	1.3	13	71	9.1

N: número de observações; MIN: valor mínimo; MAX: valor máximo; DP: desvio-padrão; CV(%): coeficiente de variação; GC: número de grupos contemporâneos;  $\bar{X}$  GC: média de observações por grupo contemporâneo; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; CAR: consumo alimentar residual; CMS: consumo de matéria seca.

### 3.5 Estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos

As estimativas dos componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos foram obtidos utilizando a abordagem da máxima verossimilhança restrita em análises uni, bi e multicaracterísticas, com a família de programas do BLUPF90<sup>127</sup>. Inicialmente, foi utilizado o programa REMLF90 (algoritmo Expectation-Maximization) para obter as estimativas dos componentes de variância, depois de cada convergência, reiniciava-se o programa, utilizando as estimativas obtidas previamente como valores iniciais. O critério de convergência  $-2\log_e$  da máxima verossimilhança utilizado foi igual a  $10^{-10}$ . Essa análise foi repetida até a convergência dos componentes de (co)variância. Posteriormente, as estimativas obtidas foram utilizadas como valores iniciais para o programa AIREMLF90 (Algoritmo Average-Information). Este programa foi utilizado para estimar os valores de desvio-padrão dos componentes de covariâncias e herdabilidades, a partir de sua distribuição normal assintótica multivariada<sup>128</sup>.

As análises para estimação dos componentes de variância foram executadas pelo método REML empregando-se o modelo animal, no qual foi considerado para todas as características, efeitos genéticos aditivo direto e residual como aleatórios, e os grupos contemporâneos como efeitos fixos. Além disso, os efeitos materno e de ambiente permanente maternal foram considerados como efeitos aleatórios para características que apresentam efeito materno (P120 e P210). A idade da vaca ao parto e a idade no momento da avaliação foram incluídas no modelo como co-variável (linear e quadrática), para P120 e P210, eficiência alimentar e de ultrassonografia, respectivamente. O modelo animal geral utilizado na análise, pode ser descrito como<sup>129</sup>:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_{1a} + \mathbf{Z}_{2m} + \mathbf{Z}_{3mpe} + \mathbf{e}$$

Em que:

**y**: fenótipo para as características de crescimento, reprodução, carcaça ou eficiência alimentar;

**X**: matriz de incidência que associa  $\beta$  com  $y$ ;

**$\beta$** : efeitos fixos incluindo grupo contemporâneo e como co-variável a idade de mãe (apenas para P120 e P210), e a idade do animal no momento de avaliação (apenas para características de eficiência alimentar e carcaça);

**Z<sub>1</sub>**: matriz de incidência que associa  $a$  com  $y$ ;

**a**: efeitos genéticos aditivos diretos aleatórios;

**Z<sub>2</sub>**: matriz de incidência que associa  $m$  com  $y$ ;

**m**: são os efeitos genéticos aditivos maternos, (apenas para P120 e P210);

**Z<sub>3</sub>**: matriz de incidência que associa  $mpe$  com  $y$ ;

**mpe**: efeitos ambientais permanentes maternos (apenas para P120 e P210); e,

**e**: efeitos aleatórios residuais.

Para análises bi e multicaracterística, foi utilizado o modelo matricial descrito a seguir<sup>130</sup>:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{X}_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_{11} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{Z}_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_{11} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_{11} \end{bmatrix}$$

Em que:

$y$ : vetor de fenótipos que inclui cada uma das 11 características;

$b$ : vetor de efeitos fixos;

$\alpha$ : vetor de efeitos genéticos aleatórios;

$e$ : vetor dos efeitos residuais; e,

$X$ , e  $Z$ : são as matrizes relacionando as observações das 11 características com seus respectivos efeitos fixos e aleatórios do animal.

A estrutura básica da matriz de (co)variância utilizada nesse estudo, pode ser descrita como<sup>130</sup>:

$$VAR \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_{11} \\ e_{11} \\ \vdots \\ e_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{1,1}\mathbf{A} & \dots & g_{1,11}\mathbf{A} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{11,1}\mathbf{A} & \dots & g_{11,11}\mathbf{A} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & r_{1,1}\mathbf{I} & \dots & r_{1,11}\mathbf{I} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & r_{1,1}\mathbf{I} & \dots & r_{1,11}\mathbf{I} \end{bmatrix}$$

Em que:

$g_{i,j}$ : elementos da matriz G, matriz de (co)variância genética aditiva com cada elemento definido como:  $g_{1,1}$ : variância genética aditiva para os efeitos diretos da característica 1;

$g_{1,11} = g_{11,1}$ : covariância aditiva entre a 1ª e 11ª característica;

$g_{11,11}$ : são os efeitos da variância genética aditiva da característica 11;

A: é o numerador d matriz de pedigree;  $r_{i,j}$ : elementos de matriz R, matriz de (co)variância residual com cada elemento definido como:

$r_{1,1}$ : efeito da variância residual para característica 1;

$r_{1,11} = r_{11,1}$  é a covariância residual entre a 1ª e a 11ª característica;

$r_{11,11}$ : é a variância residual para a característica 11;

I é a matriz de identidade que implica a independência de erros com a mesma variância.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 são apresentadas as estimativas dos componentes de variância e herdabilidades para as características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da raça Guzerá em análises unicaracterísticas e bicaracterísticas.

Os valores das variâncias genéticas aditivas entre os diferentes pesos no modelo multicaráter foram superiores às estimadas nos modelos uni e bi e demonstram grande variabilidade genética para essas características. Da mesma forma, os resultados obtidos por Mercadante et al.<sup>131</sup> relataram que houve aumento das variâncias genéticas aditivas de pesos em diferentes idades quando submetidos em análises multicaracterísticas.

Tabela 2- Estimativas dos componentes de variância para as características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da raça Guzerá em análises unicaracterísticas, bicaracterísticas e multicaracterísticas.

Análise Unicaracterística							
Característica	$\sigma_a^2$	$\sigma_m^2$	$\sigma_{mpe}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h_a^2 \pm DP$	$h_m^2 \pm DP$
P120	45,9	18,55	26,38	181,3	245,75	0,17 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,02
P210	115	33,98	47,07	364,7	513,68	0,21 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,02
P365	268,6	-	-	563,8	832,4	0,32 $\pm$ 0,03	-
P450	358	-	-	553,7	911,7	0,39 $\pm$ 0,03	-
PE365	0,57	-	-	1,72	2,29	0,25 $\pm$ 0,04	-
PE450	1,19	-	-	3,08	4,27	0,28 $\pm$ 0,04	-
AOL	10,13	-	-	32,5	42,63	0,24 $\pm$ 0,06	-
EG	0,09	-	-	0,96	1,05	0,09 $\pm$ 0,05	-
EGP8	0,54	-	-	1,33	1,87	0,29 $\pm$ 0,07	-
CAR	0,06	-	-	0,35	0,41	0,15 $\pm$ 0,09	-
CMS	0,17	-	-	0,69	0,86	0,20 $\pm$ 0,10	-
Análise Bicaracterística							
Característica	$\sigma_a^2$	$\sigma_m^2$	$\sigma_{mpe}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h_a^2 \pm DP$	$h_m^2 \pm DP$
P120	57,28	18,28	22,64	219,82	318,02	0,18 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,01
P210	126,76	31,95	38,25	372,44	569,4	0,22 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,01

P365	279,79	-	-	567,4	847,19	0,33 ± 0,02	-
P450	362,88	-	-	560,79	923,67	0,39 ± 0,03	-
PE365	0,63	-	-	1,67	2,3	0,27 ± 0,04	-
PE450	1,23	-	-	3,01	4,24	0,29 ± 0,04	-
AOL	10,7	-	-	31,91	42,61	0,25 ± 0,06	-
EG	0,11	-	-	0,95	1,06	0,10 ± 0,05	-
EGP8	0,60	-	-	1,51	2,12	0,29 ± 0,07	-
CAR	0,06	-	-	0,35	0,41	0,14 ± 0,09	-
CMS	0,17	-	-	0,67	0,84	0,20 ± 0,01	-

  

Análise Multicaracterística							
Característica	$\sigma_a^2$	$\sigma_m^2$	$\sigma_{mpe}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h_a^2 \pm DP$	$h_m^2 \pm DP$
P120	99,64	1,8	12,22	181,6	295,26	0,34 ± 0,00	0,03 ± 0,00
P210	245,20	2,53	13,35	378,2	639,28	0,38 ± 0,00	0,02 ± 0,00
P365	324,70	-	-	605,5	930,20	0,35 ± 0,00	-
P450	390,30	-	-	606,5	996,80	0,39 ± 0,01	-
PE365	0,79	-	-	1,65	2,44	0,32 ± 0,01	-
PE450	1,30	-	-	3,02	4,32	0,30 ± 0,01	-
AOL	11,66	-	-	31,48	43,14	0,27 ± 0,00	-
EG	0,10	-	-	0,95	1,05	0,10 ± 0,00	-
EGP8	0,59	-	-	1,29	1,88	0,31 ± 0,00	-
CAR	0,06	-	-	0,34	0,40	0,15 ± 0,01	-
CMS	0,20	-	-	0,64	0,84	0,23 ± 0,01	-

$\sigma_a^2$ : variância genética aditiva direta;  $\sigma_m^2$ : variância genética aditiva materna;  $\sigma_{mpe}^2$ : variância genética ambiente permanente;  $\sigma_e^2$ : variância residual;  $\sigma_p^2$ : variância fenotípica;  $h^2_d$ : herdabilidade direta; SD ;  $h^2_d$ : desvio-padrão da herdabilidade direta;  $h^2_m$ : herdabilidade materna; SD -  $h^2_m$ : erro padrão da herdabilidade materna; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal aos 450 dias de idade AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura na garupa; CAR: consumo alimentar residual; consumo de matéria seca.

Boligon et al.<sup>65</sup> também obtiveram valores de variância genética aditiva maiores em análises multicaracterística em relação às unicaracterísticas e bicaracterísticas, para os pesos mensurados a partir do sobreano. Esses valores elevados nas diferenças dos componentes de variância genética aditiva retrata a diminuição do viés que existe nos modelos ao considerarem somente a performance individual de uma ou somente duas características como critério de avaliação<sup>21</sup>. O mesmo comportamento dos componentes de variância para características de carcaça e eficiência alimentar foram observados nesse estudo.

O efeito de ambiente permanente materno foi maior nas análises unicaracterísticas em relação às demais, esse efeito, é conferido à vaca certamente pela capacidade uterina, comportamento materno e as condições nutricionais durante o estágio final da prenhez<sup>132</sup>. A participação das variâncias de ambiente permanente materno diminuiu relativamente do P120

para P210, isso se deve ao fato de que animais possuem maior efeito da mãe até o desmame, e essa influência se minimiza nas fases pós desmama<sup>132 66</sup>.

As estimativas das variâncias genéticas aditiva e fenotípicas para PE365 e PE450 foram superiores nas multi, enquanto que a residual foi superior na análise uni (Tabela 2). Esse aumento das diferenças entre as variâncias da utilização de multicaracterística em detrimento das demais metodologias retrata a eliminação do viés resultante da seleção<sup>21</sup> que acontece com as metodologias bi e multicaráter<sup>65</sup>. Contudo, as variâncias aditivas para CAR e CMS foram mais elevadas e próximas na análise uni e bi, e inferiores na multi, ao passo que as variâncias residuais e fenotípicas foram mais elevadas na unicaráter, podendo se inferir que houve uma pré-seleção dos animais na participação dos testes de eficiência alimentar, e dessa forma um possível viés da variância residual ocorreu nas análises uni e bicaracterística.

Os valores obtidos da variância genética aditiva para consumo alimentar residual foram baixos, cujos valores também foram relatados por Cancino Baier et al., Grion et al., Crowley et al., e Ceacero et al. O mesmo foi observado para o consumo de matéria seca, no entanto os valores encontrados na literatura foram superiores ao desse trabalho<sup>18 48</sup>. Para características de carcaça, as estimativas foram moderados e semelhantes para as três análises, os componentes obtidos nesse trabalho também foram similares aos reportados por Kluska et al., Pires et al., Caetano et al., Gordo et al. E Santana et al. que encontraram valores de componentes de variância genética e residual para CAR de 0,20 e 0,33, e para CMS de 0,29 e 0,42, em análise unicaráter. Grion et al., relatou componentes de variância semelhantes ao desse estudo, sendo 0,02 para variância genética aditiva e residual para CAR e para CMS 0,26 e 0,27 para variância genética aditiva e residual, respectivamente.

As estimativas de herdabilidade para os pesos, P120, P210, P365 e P450 foram semelhantes nas análises uni e bi, com coeficientes de moderada magnitude, exceto no modelo multi, onde os valores obtidos para P120 e P210 foram superiores. Mucari et al., encontrou valores inferiores ao desse trabalho em bovinos da raça guzerá, sendo 0,14, 0,08, e 0,08, para P8, P12, P18, respectivamente. Kluska et al., Grion et al. e Yokoo et al., encontraram valores de herdabilidade semelhantes a esse estudo para peso ao desmame, 0,21, 0,23 e 22, em modelo bi e multicaráter, respectivamente, entretanto, os pesos pré desmame foram inferiores aos relatados por Brito et al. (0,28 e 0,32) e por Abreu et al. (0,45 e 0,41).

Coeficientes de herdabilidade semelhantes foram encontradas por Abreu et al. (0,39 e 0,40), Tramonte et al. (0,40 e 0,41), e de alta magnitude por Ferreira et al. (0,47 e 0,53), para peso ao ano e sobreano em bovinos da raça guzerá. Estimativas de herdabilidade de média a alta magnitude para P365 e P450 também foram descritos na raça nelore<sup>69 48 68 133</sup>. Apesar das

estimativas de herdabilidade para os pesos possuem valores moderados, esse estudo indica ganhos genéticos para essas características ao serem incluídas no planejamento dos critérios de seleção.

As herdabilidades maternas para peso aos 120 e 210 dias de idade estimadas pelos três modelos (Tabela 2) estão semelhantes às estimativas descritas na literatura, com valores encontrados foram 0,11 e 0,08<sup>105</sup> e 0,12 e 0,06<sup>68</sup>, respectivamente. No entanto, apesar da menor influência materna nos pesos corporais após a desmama, esse efeito ainda continua presente<sup>66</sup>, e sua não inclusão nas análises para peso aos 210 dias de idade leva à uma transferência da variância materna seja colocada na variância do efeito genética aditiva, o que acaba causando uma superestimação desse efeito<sup>134</sup>.

De modo geral, exceto para carcaça, os coeficientes de herdabilidade estimados para reprodução e consumo de matéria seca foram mais elevadas nas análises multi em relação as demais, dado que essas características quando submetidas as análises uni ou bicaráter podem ter seus valores genéticos subestimados. De acordo com os estudos de Boligon et al. foi observado que houve um aumento considerável das estimativas de herdabilidade para características de pesos pós-desmama quando realizadas sob esses três modelos, e ressaltou o quão relevante a estimativa dos componentes de variâncias aditivas e residuais devem ser feitas de acordo com a idade, levando se em conta as correlações existentes em todos os estágios do animal, isto é, do nascimento até o sobreano.

Para PE365 e PE450, os coeficientes de herdabilidade foram de média magnitude nos três modelos, porém, apresentaram baixos valores no modelo multicaráter. Embora existam variações para valores herdabilidade para perímetro escrotal encontrados na literatura para zebuínos, esses coeficientes são de magnitude moderada a alta (Boligon et al., Yokoo et al., Neto et al., Bold et al.). A seleção para PE365 e PE450 acarretar em respostas satisfatórias promovendo ganhos genéticos pela razão de expressarem variabilidade do efeito direto suficiente como apresentado nesse trabalho e por serem correlacionadas com precocidade sexual de fêmeas<sup>135</sup>.

Em estudos com animais da raça Guzará, os valores de herdabilidade encontrados na literatura para PE365 foi de 0,33<sup>136</sup> e 0,62<sup>73</sup> e para PE450, 0,31<sup>87</sup> e 0,34<sup>136</sup>, ambos em análise unicaracterística. Uma proporção maior na variação dos perímetros escrotais do efeito genético aditivo foi descrita por esses autores apontando rápida resposta à seleção. Valores de herdabilidade em modelo bicaracterística por Terakado et al. foram superiores aos obtidos nesse estudo 0,35 e 0,37, para PE365 e PE450, respectivamente. Estimativas para herdabilidade de PE365 e PE450 em modelo multicaracterístico foram descritas por Mota et al. de 0,45 e 0,39,

respectivamente, semelhante a esse estudo da mesma raça. Segundo o mesmo autor, os coeficientes elevados de herdabilidade mensurados aos 365 dias de idade apontam que o PE365 pode ser usado como critério de seleção, dado que a seleção para PE365 possui relação com precocidade sexual e para PE450 está correlacionada com a melhor capacidade reprodutiva e a fertilidade<sup>137</sup>.

Em análises multicaráter, Faria et al. trabalhando com animais da raça Brahman, descreveram coeficientes de herdabilidade de 0,55 e 0,43 para PE365 e PE455, respectivamente. Na raça Nelore, foram relatados por Bolligon et al. valores superiores para estimativas de herdabilidade sob modelo multicaráter para PE365 e PE450 foram 0,45 e 0,47, respectivamente. O perímetro escrotal possui importante função no desempenho produtivo de um rebanho, sendo indicativo de fertilidade de um reprodutor, e é uma característica relevante a ser incluída em programas de melhoramento genético em bovinos de corte<sup>138</sup>. Ademais, a seleção de touros em bovinos de corte pode ser uma forma eficiente de aumentar o progresso genético para características reprodutivas, uma vez que normalmente a intensidade da seleção dos touros é maior do que a intensidade da seleção das fêmeas<sup>139</sup>.

Em relação às características de carcaça, valores moderados a altos de coeficientes de herdabilidade para AOL foram encontrados, 0,24, 0,25 e 0,33 nos modelos uni, bi e multicaracterístico, enquanto que na literatura os coeficientes relatados variam de 0,13 a 0,46<sup>103</sup><sup>49</sup> <sup>106</sup>. A EG apresentou baixos valores de herdabilidade nas três análises (0,09, 0,10 e 0,09), enquanto que EGP8 obteve valores superiores (0,29, 0,29 e 0,31). O mesmo comportamento foi observado por Kluska et al. para EG e P8 de 0,17 e 0,33, respectivamente, utilizando análise unicaracterística.

Valores mais elevados foram encontrados por Yokoo et al. (0,59 e 0,55) para EG e P8 em touros jovens da raça nelore. Estimativas de herdabilidade relativamente moderados para raça Guzerá também foram descritos por Cancino Baier et al. para AOL, EGe EGP8 de 0,29, 0,10, e 0,19, respectivamente, indicando que AOL e EGP8 podem responder mais rápido a seleção que EGS na raça em estudo. Outro estudo na mesma raça também obteve estimativas semelhantes foram 0,15, 0,19 e 0,17 para AOL, EGS e EGP8, respectivamente<sup>4</sup>.

De acordo com estudos de Gordo et al. baixa estimativa de herdabilidade para EGS também foi descrita, semelhante a esse estudo, 0,07, em análise multicaracterística. Um motivo provável para as estimativas de herdabilidade baixa para EGS nesse estudo contrapondo as demais descritas por outros autores, pode ser em razão da maior variabilidade das condições ambientais e ao processo de seleção em que são submetidos. Segundo Yokoo et al. as médias de herdabilidade obtidas para EGP8 foram superiores a EG quando avaliadas em diferentes

idades, em sua maioria, os animais *Bos indicus* possuem média de espessura de gordura subcutânea inferior aos animais *Bos taurus*<sup>105</sup>, esse motivo não se refere somente diferenças genéticas, todavia aos diferentes manejos em que são submetidos, dado que em regiões tropicas os zebuínos são criados em modo extensivo e a deposição de gordura subcutânea normalmente inicia ao sobreano, seguida da seca<sup>104</sup>.

As características de carcaça de modo geral, apresentaram maior proporção de genes de efeitos aditivos. A área de olho de lombo representa a conformação do animal, sendo critério relevante nos aspectos qualitativos da carcaça e na proporção dos cortes cárneos, por conseguinte, animais que detém de maior AOL possuem maior rendimento de carcaça e maior retorno econômico<sup>94</sup>. A espessura subcutânea também possui função importante no que tange a qualidade de carcaça, uma vez que sua deposição uniforme protege a carcaça contra o resfriamento<sup>91</sup>, e a EGP8 por sua vez, indicativa do nível de espessura de acabamento da carcaça, e sua deposição antecede da deposição de gordura subcutânea nas costelas<sup>104</sup>.

Os valores de herdabilidade para consumo alimentar residual nas três análises foram relativamente baixos, 0,15, 0,14 e 0,17, e estão em conformidade ao encontrado para a raça Guzerá na literatura (0,12)<sup>9</sup>. Outros autores, como Grion et al., Brunet et al. e Ferreira Junior et al. também relataram coeficientes de herdabilidade de baixa magnitude em *Bos Indicus*, 0,10, 0,13 e 0,18, respectivamente. Para taurinos, os estudos sobre o CAR apresentaram grande amplitude nos coeficientes de herdabilidade, sendo 0,15<sup>140</sup>, 0,23<sup>43</sup>, 0,30<sup>141</sup>, 0,42<sup>142</sup>, 0,47<sup>107</sup> e 0,52<sup>143</sup>.

As estimativas de herdabilidades para consumo de matéria seca foram semelhantes entre os três modelos e de moderada magnitude. Esses resultados estão similares aos relatos de Brunet et al ao estudarem animais da raça Nelore (0,28)<sup>144</sup>, e superiores às estimativas obtidas por Cancino Baier et al. (0,10) em Guzerá. No entanto esses resultados foram inferiores aos relatados na literatura (Ceacero et al., Grion et al., Silva et al., Santana et al., Polizel et al., Crowley et al. e Donogue et al.).

Conforme os resultados obtidos para herdabilidade para CAR e CMS no presente estudo e os descritos na literatura tanto para *Bos indicus* quanto *Bos taurus*, existe uma variabilidade dos coeficientes, de baixa, moderada a alta magnitude. Esses valores podem ser explicados pelas diferenças entre as populações e as diferentes raças avaliadas em diferentes idades, além das diferentes metodologias que são empregues para mensurar as características de eficiência alimentar. Contudo, as características em estudo, mostraram variabilidade genética considerável, o que é possível para o progresso genético do rebanho nessa raça.

De modo geral os coeficientes de herdabilidade para características de crescimento,

reprodução, carcaça e eficiência descritos nesse estudo indicam a maior parte da atuação de genes aditivos para sua expressão, podendo obter respostas eficientes a seleção. Os valores dos coeficientes de herdabilidades foram maiores em análises multi, demonstrando o melhor comportamento das variâncias do efeito direto e de ambiente dessas características em relação os modelos uni e bicaráter.

As magnitudes das correlações genéticas entre os pesos P120, P210, P365 e P450 foram altas em ambas as análises, com exceção de P120 (tabela 3), e reduziram à medida que que as mensurações eram obtidas em intervalos maiores de idade, o que também foi observado por Bolligon et al, onde as correlações genéticas são mais elevadas entre os pesos adjuntos. Esses valores de correlação genética estão conforme aos reportados na literatura, positiva e favorável entre os pesos, estão de acordo com os estudos realizados por Magnabosco et al., Abreu et al., Tramonte et al. e Ferreira et al. Em análise multicaracterística, os valores das associações genéticas entre os pesos são de alta magnitude, variando de 0,59<sup>145</sup> a 0,82<sup>69</sup> em animais da raça nelore.

Tabela 3- Correlações genéticas em análise bi (acima da diagonal) e correlações genética em análise multicaracterística (abaixo da diagonal) com seus respectivos desvios-padrão (entre parênteses) entre características de crescimento, reprodução e eficiência.

Característica	P120	P210	P365	P450	PE365	PE450	CAR	CMS
P120	-	0,96±0,01	0,85±0,03	0,84±0,03	0,46±0,11	0,34±0,13	0,22±0,00	0,43±0,91
P210	0,97±0,02	-	0,92±0,02	0,90±0,02	0,52±0,10	0,37±0,11	0,14±0,91	0,39±1,71
P365	0,94±0,02	0,97±0,02	-	0,54±0,01	0,64±0,06	0,43±0,04	0,00±0,51	0,22±1,61
P450	0,93±0,02	0,95±0,02	0,97±0,01	-	0,67±0,06	0,51±0,06	0,16±0,40	0,34±0,41
PE365	0,64±0,02	0,66±0,02	0,65±0,02	0,62±0,02	-	0,94±0,03	0,05±1,11	0,73±0,43
PE450	0,50±0,02	0,51±0,02	0,50±0,02	0,50±0,02	0,90±0,02	-	0,04±0,74	0,61±0,44
CAR	-0,03±0,02	-0,05±0,02	-0,07±0,02	-0,06±0,02	0,04±0,02	0,03±0,02	-	0,46±0,97
CMS	0,55±0,02	0,55±0,02	0,56±0,02	0,55±0,02	0,45±0,02	0,36±0,02	0,26±0,02	-

P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; CAR: consumo alimentar residual; CMS: consumo de matéria seca.

Os resultados obtidos mostram uma associação forte e favorável entre os pesos nas diferentes idades devido ao fato de que grande parte dos mesmos conjuntos de genes de ação aditiva atuam na expressão dessas características, permitindo inferir que os animais que possuem maiores pesos quando mais jovens, também tendem a serem superiores nas idades subsequentes. Assim, selecionar animais em idades jovens, favorece animais com maior

precocidade de peso e conseqüentemente promove maior lucratividade no sistema de produção de gado de corte<sup>146</sup>.

Em relação as análises bi e multicaráter, a análise multi apresentou ser mais recomendado para avaliação de pesos pós desmama, acordando com o relato de Pollak et al.<sup>147</sup>, em que a utilização desse modelo pode melhorar as estimativas dos componentes de variância, assim como os coeficientes de herdabilidade e as associações genéticas.

A correlação genética entre as características de peso e reprodução foram positivas e de magnitude moderada a alta em ambas análises, com exceção das correlações genéticas entre os pesos pré desmame com PE365 e PE450, onde os valores foram obtidos na análise multi foram superiores a análise bicaracterística (tabela 3), corroborando com os estudos realizados por Torres-Júnior et al. e Henry et al. em que perímetro escrotal possui uma forte correlação genética com peso em animais da raça Guzerá<sup>148</sup>, tais resultados também foram descritos por Tramonte et al., Abreu Luiza et al., variando de 0,36 a 0,76 (P120, P210 com PE365 e PE450) e 0,51 a 0,72 (P365, P450 com PE365 e PE450) a para a mesma raça.

Os resultados obtidos nesse estudo ressaltam a importância da seleção para características de fertilidade e desempenho quanto a obtenção de progresso genético para a raça. A seleção para PE irá resultar em animais com maior potencial de desempenho para ganho em peso, além de reduzir a idade a entrada da reprodução, e conseqüentemente diminuirá o ciclo de produção, chegando ao abate de forma mais rápida.

As correlações genéticas estimadas entre perímetros PE365 e PE450 obtidas nas análises bi e multicaráter foram fortemente positivas e favoráveis (tabela 3), da mesma maneira que a correlação fenotípica (tabela 3) foi elevada, porém inferior, o que sugere uma alta correlação linear entre as duas características. Esses resultados estão em conformidade com os descritos para a raça Guzerá, onde os valores das correlação genética entre PE365 e PE450 foram 0,80<sup>19</sup>, 0,87<sup>136</sup> e 0,90<sup>73</sup>, respectivamente, concluindo que animais que possuem maior perímetro escrotal a um ano também são os mesmos animais com maiores perímetros escrotais ao sobreano<sup>73</sup>.

Valores semelhantes aos desse estudo para correlação genética entre PE365 e PE450, foram obtidos Bolligon et al., e Buzanskas et al., de 0,87 e 0,94, em animais da raça nelore. Em outros trabalhos (Pires et al., Bonamy et al., Corbert et al., Martinez-Velasques et al. e Boligon et al.) também foram observados valores de correlações genéticas fortemente associados entre os perímetros escrotais em diferentes idades (210, 240, 365, 450, 455 e 550 dias de idade) em animais *Bos indicus*, *Bos taurus* e mestiços.

De acordo com Guidolin et al. é relevante ressaltar que as mensurações do perímetro

escrotal devem ser realizadas nas idades corretas, dado que os machos possuem um crescimento expressivo dos testículos no começo da puberdade sob efeito de hormônios gonadotróficos. Dessa forma Boligon et al. e Yokoo et al. em seus estudos, descreveram uma correlação genética de alta magnitude entre os perímetros escrotais mensurados em idades diferentes e recomendaram que maiores respostas a seleção seriam obtidas se os perímetros escrotais a partir do desmame fossem utilizados como critério de seleção.

As correlações genéticas entre CAR e PE365 e PE450 foram próximas de zero, 0,05 e 0,04 (Tabela 3) em modelo bicaráter e 0,04 e 0,03 em multicaráter, respectivamente, mostrando que a seleção para consumo alimentar residual não irá comprometer as características indicativas de fertilidade devido a baixa associação entre essas características.

Por outro lado, os resultados obtidos por Awda et al. onde animais eficientes (CAR negativo) foram associados negativamente com características qualitativas de sêmen motilidade e viabilidade do espermatozóide, e menor perímetro escrotal em relação aos touros menos eficientes (CAR positivo). Corroborando com estudos de Fontoura et al. em que touros eficientes apresentaram uma redução na motilidade progressiva (47,30% v. 59,90%) e maior proporção de patologia na cauda (4,30% v. 1,80%) em relação animais ineficientes, supondo que touros de CAR negativo possuem atraso na maturidade sexual. Em outro estudo, os touros de baixo CAR não atenderam aos critérios mínimos de motilidade espermática ao comparar aos touros de alto CAR, porém não apresentaram diferenças quanto aos aspectos associados à integridade reprodutiva dos touros<sup>56</sup>.

Os resultados encontrados nesse estudo estão em conformidade com as correlações genéticas encontradas entre perímetro escrotal e consumo alimentar residual encontradas por Arthur et al., Schenkel et al., Hafla et al. e Van Der et al., valores de - 0,03 e 0,15, -0,04 e 0,05, respectivamente, para diferentes raças de animais *Bos taurus*, sendo que para zebuínos, foi encontrado por Ferreira Junior et al. de 0,07. Além do mais, já se sabe que o perímetro escrotal está geneticamente associado com a integridade reprodutiva<sup>149</sup>. O perímetro escrotal possui fácil mensuração e alta repetibilidade com o volume dos testículos, alta correlação com qualidade do sêmen e com a fertilidade<sup>150</sup>, e é normalmente utilizado como critério para avaliação de fertilidade em touros<sup>55</sup>. Dessa forma pode inferir que ao selecionar animais mais eficientes (CAR negativo) não ocasionará em prejuízos ou efeitos maléficos em relação a fertilidade de machos<sup>151</sup>.

As características reprodutivas foram geneticamente correlacionadas com CMS nos dois modelos, corroborando com os resultados de Arthur et al. entre PE365 e CMS de 0,69 em animais da raça angus. Hafla et al. relataram positivamente correlações genéticas, porém de

moderada magnitude entre perímetro escrotal (inicial e final) com o CMS de 0,27 e 0,22, respectivamente, do mesmo modo que para raça Guzerá também foram encontradas por Cancino Baier et al. uma baixa correlação genética de perímetro escrotal com CMS (0,21). Baixas correlações fenotípicas entre os perímetros escrotais e CMS foram descritas nesse estudo (tabela 4), indicando que não haverá ganhos significativos para perímetro escrotal em resposta a seleção para CMS.

As correlações genéticas de CAR com P120, P210, P365 e P450 obtidas foram de baixa associação e favoráveis na análise multi em nulas em relação a bicaráter, demonstrando que o consumo alimentar residual pode ser utilizado em programas de seleção e as repostas correlacionadas com características de crescimento serão mínimas. Em outro estudo realizado, as classificações de CAR alto, médio e baixo não obtiveram efeito significativo na habilidade materna de vacas de corte<sup>152</sup>, e para pesos pré e pós desmama as correlações genética e fenotípicas também foram de baixa magnitude<sup>47 49 48</sup>.

As estimativas de correlação genética moderadas entre características de crescimento e CMS (Tabela 3) mostram que os animais mais pesados possuem maior consumo de matéria seca<sup>52</sup>, as mesmas associações favoráveis foram descritas por Bouquet et al., Grion et al. e Torres-Vázquez et al.

Tabela 4-Correlações genéticas aditivas em análises bi (acima da diagonal) e correlações genéticas em multicaracterística (abaixo da diagonal) com seus respectivos desvios-padrão (entre parênteses) entre características de carcaça e eficiência alimentar.

Característica	AOL	EG	EGP8	CAR	CMS
AOL	-	0,38±0,54	0,36±0,19	-0,25±0,75	0,09±0,52
EG	0,43 ± 0,01	-	0,60±0,04	0,16±2,33	0,50±1,83
EGP8	0,41 ± 0,01	0,60 ± 0,00	-	-0,15±0,52	-0,04±0,56
CAR	-0,35± 0,01	0,05 ± 0,01	-0,24 ± 0,01	-	0,46±0,97
CMS	0,31 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,42± 0,01	-

AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGS: espessura de gordura da garupa; CAR: consumo alimentar residual; CMS: consumo de matéria seca.

As correlações genéticas estimadas entre rendimento de carcaça e as características de gordura apresentaram valores positivos e moderados 0,38 e 0,36 (análise bi) e 0,43 e 0,41 (análise multi) , resultados semelhantes aos encontrados por Buzanskas et al. (0,36 e 0,23) e Brunet et al. (0,38 e 0,36). A fase de crescimento do animal se inicia pelo desenvolvimento da musculatura, e posteriormente pela deposição de gordura<sup>153</sup>, desse modo indivíduos que

desenvolvem de forma precoce a musculatura podem iniciar a deposição de gordura mais cedo e possuírem maior qualidade de carcaça<sup>83</sup>, dado que os resultados observados mostram a atuação de genes em comum para características de carcaça. Por outro lado, alguns autores descreveram baixas correlações entre AOL e características de gordura<sup>46 96 97</sup>.

As correlações genéticas entre EG e EGP8 foram de alta magnitude, semelhantes aos reportados por Gordo et al., Yokoo et al. e Buzanskas et al., cujos resultados obtidos foram 0,68, 0,67 e 0,59, respectivamente. A forte correlação positiva entre as duas características de gordura é definida pelos mesmos genes em conjunto<sup>154</sup>. Contudo, em razão da ausência de uniformidade da cobertura de gordura da carcaça, tem sido sugerido a seleção em conjunto para EG e EGP8<sup>104</sup>, visto que a espessura de gordura é importante do ponto de vista econômico ao proporcionar uma distribuição uniforme de gordura na carcaça e atuar na proteção da carcaça para impedir o encurtamento das fibras musculares durante o resfriamento, a fim de evitar o comprometimento dos aspectos qualitativos da carne<sup>104</sup>.

As correlações genéticas entre CAR, AOL e EGP8 foram relativamente negativas e favoráveis (Tabela 4). Apesar do CAR obter valores de correlação genética de baixa magnitude em análise bi, porém superior valor da análise multicarater, o CAR não acarretará em prejuízos da deposição de gordura nessa população avaliada.

Giovana et al. e Santana et al. relataram valores semelhantes ao desse estudo entre CAR e AOL (-0,42 e -0,38 respectivamente), porém mais elevados. Por outro lado, de acordo com os estudos de Cancino Baier et al., Ceacero et al., Santana et al. as correlações genéticas foram próximas de zero entre CAR e AOL de -0,09, 0,0 e 0,03, em animais da raça Guzerá e Nelore, respectivamente. Segundo Santana et al. a baixa associação genética entre CAR e AOL sugere que animais com CAR negativo (eficientes) não irão obter menor composição de carne magra e, conseqüentemente, não apresentará prejuízos na perda da porção comestível da carcaça, já que, animais com maiores áreas de olho de lombo apresentam maior quantidade de carne na carcaça, e conseqüentemente baixos custos fixos de produção<sup>18</sup>.

Há trabalhos que apontam que o CAR está correlacionado geneticamente de forma desfavorável com taxa de deposição de gordura subcutânea, conforme os resultados obtidos por Ceacero et al. e Mao et al. ao estudarem animais da raça Nelore e Charolês, obtiveram valores positivos e desfavoráveis entre CAR e EG, demonstrando relação antagônicas entre essas características, isto é, selecionar animais genéticas superiores para CAR negativo resultará em menor deposição de gordura subcutânea na carcaça. Diferentemente dos resultados obtidos nesse estudo, foram relatados por Santana et al., Giovanna et al. e Mao et al. valores de baixa magnitude para as correlações genéticas entre CAR e EG (0,2, -0,11, -0,04), e semelhantes aos

encontrados para raça Guzerá (-0,07)<sup>9</sup> e Nelore (-0,17)<sup>155</sup>, entre CAR e EGP8.

Estudos anteriores relataram correlações fenotípicas baixas a moderadas entre AOL e CAR em taurinos e mestiços (Basarab et al., Schenkel et al., Nkumar et al., Lancaster

et al.) e nelore (Santana et al., Giovana et al.). Para características de gordura e CAR, as correlações fenotípicas foram próximas a zero em taurinos (Basarab et al., Arthur et al., Lancaster et al., Mao et al.) e zebuínos (Ceacero et al., Santana et al., Giovana et al.).

As correlações genéticas observadas entre CAR e CMS foram positivamente associados nas análises bi e multicaracterística 0,46, 0,26 e 0,42, respectivamente. Correlação genética de média a alta magnitude, 0,61 a 0,68, foram relatados por Polizel et al., Ceacero et al., Grion et al., Grigoletto et al. e Cancino et al., em animais zebuínos. Tais estimativas de correlação também estão de acordo com o descrito na literatura para taurinos (Crowley et al., Freetly et al., Mao et al., Berry e Crowley et al.). Resultados já eram esperados, pois segundo Basarab et al, selecionar animais para CAR (negativo) levará a animais com menor consumo e exigências nutricionais de manutenção, dado que animais mais eficientes necessitam de menor consumo para um mesmo ganho de peso predito, já que são características independentes do ganho de peso.

Tabela 5- Correlações residuais em análises bi (acima da diagonal) acima da diagonal com respectivos desvios-padrão e correlações fenotípicas abaixo da diagonal para características de crescimento, reprodução, carcaça e eficiência alimentar em bovinos da raça Guzerá.

Característica	P120	P210	P365	P450	PE365	PE450	AOL	EG	EGP8	CAR	CMS
P120	-	0,78±0,01	0,55±0,01	0,53±0,02	0,25±0,03	0,28±0,05	0,28±0,05	0,01±0,05	-0,03±0,06	-0,15±0,00	0,06±0,08
P210	0,74	-	0,73±0,01	0,66±0,01	0,34±0,03	0,36±0,03	0,36±0,05	0,04±0,05	0,07±0,06	-0,13±0,09	0,19±0,09
P365	0,46	0,59	-	0,83±0,01	0,45±0,02	0,47±0,03	0,46±0,13	0,16±0,05	0,16±0,06	-0,02±0,09	0,34±0,08
P450	0,41	0,5	0,78	-	0,34±0,03	0,46±0,03	0,48±0,05	0,18±0,05	0,24±0,07	-0,04±0,09	0,38±0,08
PE365	0,26	0,33	0,48	0,43	-	0,72±0,02	0,19±0,06	0,07±0,06	0,13±0,07	-0,01±0,09	0,08±0,09
PE450	0,25	0,31	0,44	0,56	0,79	-	0,30±0,06	0,06±0,06	0,16±0,07	0,09±0,09	0,23±0,09
AOL	0,12	0,19	0,19	0,28	0,15	0,16	-	0,17±0,04	0,14±0,06	0,04±0,08	0,32±0,08
EG	-0,08	-0,05	0,00	0,06	0,12	0,14	0,48	-	0,54±0,04	0,07±0,06	0,11±0,06
EGP8	-0,07	-0,04	0,01	0,06	0,12	0,13	0,48	0,72	-	0,18±0,08	0,26±0,09
CAR	0,06	0,08	0,05	0,04	0,05	0,03	-0,01	0,01	0,04	-	0,71±0,97
CMS	0,05	0,19	0,16	0,16	0,12	0,14	0,37	0,31	0,31	0,49	-

P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGS: espessura de gordura da garupa; CAR: consumo alimentar residual; consumo de matéria seca.

Adicionalmente, a correlação fenotípica entre CAR e CMS também foi moderada (0,49), sendo possível obter respostas correlacionadas para essas duas características, ou seja, a associação fenotípica positiva entre CAR e CMS mostra que animais eficientes (CAR negativo) apresentaram menor consumo. Em outros estudos realizados por Mao et al., Rolfe et al. e Ceacero et al., as correlações fenotípicas entre CAR e CMS foram mais elevadas 0,58, 0,61 e 0,71, respectivamente.

No geral, as correlações genéticas relacionadas a fertilidade e eficiência alimentar apresentaram elevados desvios-padrão em virtude do menor número de observações fenotípicas de animais com informações para CAR e CMS. As características reprodutivas, desempenho, carcaça e eficiência alimentar são importantes indicadores de lucratividade e desempenho produtivo nos sistemas de produção. Contudo, a identificação de animais eficientes no aproveitamento de alimentos e o conhecimento sobre o comportamento dessas características em conjunto são importantes para definição dos critérios de seleção nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte sem que ocorra o comprometimento do desempenho reprodutivo, e assim a maximizar de forma sustentável e econômica os sistemas de produção.

## 5. CONCLUSÃO

A seleção para consumo alimentar residual não irá acarretar em respostas correlacionadas indesejáveis para perímetro escrotal, carcaça (rendimento e acabamento?) e crescimento, dado que as associações genéticas e fenotípicas foram próximas de zero, portanto, poderão ser inclusas simultaneamente nos índices de seleção.

A respeito das três análises utilizadas nesse estudo, as estimativas dos componentes de variância e os valores de herdabilidade foram semelhantes. As correlações genéticas estimadas foram, em sua grande maioria, superiores no modelo multicaracterística. Estes resultados indicam que a redução do viés, proporcionada pelo modelo multicaracterística, aumenta as estimativas dos parâmetros genéticos e demonstra que os resultados com análises unicaracterística e bicaracterística são subestimados.

## 6. REFERENCIAS

1. United States Department of Agriculture. USDA [Internet]. <https://www.usda.gov/>. 2019 [cited 2019 Nov 15]. Available from: <https://www.usda.gov/>
2. ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de. Rebanho bovino brasileiro [Internet]. 2019 [cited 2020 Dec 1]. Available from: [http://www.abiec.com.br/3\\_rebanho.asp](http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp)
3. Faria CU de, Terra JP, Yokoo MJI, Magnabosco CU, Albuquerque LG de, Lôbo RB. Interação genótipo-ambiente na análise genética do peso ao desmame de bovinos Nelore sob enfoque bayesiano. *Acta Sci Anim Sci*. 2011 Apr 29;33(2).
4. Junior JA, Souza JC, Cushman RA, Bink MCAM, Perazza CA, Meirelles SL, et al. Alternative Models in Genetic Analyses of Carcass Traits Measured by Ultrasonography in Guzerá cattle: A Bayesian Approach. *J Agric Sci*. 2013 Aug 15;5(9).
5. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. Raças Zebuínas [Internet]. 2006 [cited 2020 Dec 28]. Available from: <http://www.abcz.org.br/Home/Conteudo/23985-Racas-Zebuinas>
6. ASBIA. Associação Brasileira de Indústrias de Inseminação Artificial. Index ASBIA. 2017.
7. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu - ABCZ. A raça Guzerá [Internet]. 2002 [cited 2020 Dec 1]. Available from: <http://www.abcz.org.br/>
8. ANCP - Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. Programa Guzerá [Internet]. Available from: <https://www.ancp.org.br/programas/guzera/>
9. Cancino-Baier DE, Mamani GC, Santana BF, Mattos EC, Eler JP, Sainz RD, et al. Research Article Estimation of variance components for carcass and production traits in Guzerat cattle. *Genet Mol Res*. 2019;18(3).
10. Pedrosa VB, Eler JP, Ferraz JBS, Pinto LFB. Utilização de modelos unicaracterística e multicaracterística na estimação de parâmetros genéticos na raça Nelore. *Arq Bras Med Veterinária e Zootec*. 2014 Dec;66(6):1802–12.
11. Fitzsimons C, McGee M, Keogh K, Waters SM, Kenny DA. Molecular Physiology of Feed Efficiency in Beef Cattle. In: *Biology of Domestic Animals* [Internet]. Boca Raton, FL : CRC Press, 2017. | “A science publisher’s book.”: CRC Press; 2017. p. 122–65. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781498747875/chapters/10.1201/9781315152080-6>
12. Lanna DPD, Almeida R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional. *Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia*. 2004;248–59.
13. Koch RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE. Efficiency of Feed Use in Beef Cattle. *J Anim Sci*. 1963 May 1;22(2):486–94.

14. Basarab JA, Price MA, Aalhus JL, Okine EK, Snelling WM, Lyle KL. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can J Anim Sci.* 2003 Jun 1;83(2):189–204.
15. Santana MHA, Rossi P, Almeida R, Cucco DC. Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nelore bulls. *Livest Sci.* 2012 May;145(1–3):252–7.
16. Arthur PF, Herd RM. Efficiency of feed utilisation by livestock — Implications and benefits of genetic improvement. *Can J Anim Sci.* 2005 Sep 1;85(3):281–90.
17. Herd R, Archer J, Arthur P. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *J Anim Sci.* 2003;81(13\_suppl\_1):E9–17.
18. Santana MHA, Oliveira GA, Gomes RC, Silva SL, Leme PR, Stella TR, et al. Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2014 Sep;167:80–5.
19. Mota LFM, Costa LS, Abreu LRA, Bonafé CM, Ventura HT, Martins PGMA. Genetic evaluation for scrotal circumference in Guzerat cattle through different models. *Livest Sci.* 2019 Apr;222:1–6.
20. Srivastava S, Lopez BI, Heras-Saldana S de las, Park J-E, Shin D-H, Chai H-H, et al. Estimation of Genetic Parameters by Single-Trait and Multi-Trait Models for Carcass Traits in Hanwoo Cattle. *Animals.* 2019 Dec 2;9(12):1061.
21. Meyer K, Carrick MJ, Donnelly BJP. Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. *J Anim Sci.* 1993 Oct 1;71(10):2614–22.
22. Ramírez-Valverde R, Hernández-Alvarez OC, Núñez-Domínguez R, Ruíz-Flores A, García-Muñiz JG. Análisis univariado vs multivariado en la evaluación genética de variables de crecimiento en dos razas bovinas. *Agrociencia.* 2007;41:11.
23. Associação dos criadores de guzerá do brasil. Histórico da Raça Guzerá [Internet]. [cited 2020 Dec 28]. Available from: <https://www.guzera.org.br/index.php>
24. Searchinger T, Hanson, C., Ranganathan J, Lipinski, B., Waite R, Winterbottom R, Dinshaw A, Heimlich R, et al. Creating a sustainable food future. A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. *World Resour. Rep.* 2013-14 interim Find. *World Resour.* 2014. p. E9–17.
25. Savietto D, Berry DP, Friggens NC. Towards an improved estimation of the biological components of residual feed intake in growing cattle. *J Anim Sci.* 2014 Feb 1;92(2):467–76.
26. Nkrumah JD, Okine EK, Mathison GW, Schmid K, Li C, Basarab JA, et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle<sup>1</sup>. *J Anim Sci.* 2006 Jan 1;84(1):145–53.

27. Freetly HC, Kuehn LA, Thallman RM, Snelling WM. Heritability and genetic correlations of feed intake, body weight gain, residual gain, and residual feed intake of beef cattle as heifers and cows. *J Anim Sci.* 2020 Jan 1;98(1).
28. Hicks R, Owens F, Gill D, Oltjen J, Lake R. Daily Dry Matter Intake By Feedlot Cattle: Influence of Breed and Gender. *J Anim Sci.* 1990;68(1):245–53.
29. Brody S. Bioenergetics and growth. By Samuel Brody. *Am J Phys Anthropol.* 1946 Mar;4(1):116–7.
30. Restle J, Pacheco PS, Costa EC da, Freitas AK de, Vaz FN, Brondani IL, et al. Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus superjovens abatidos com diferentes pesos. *Rev Bras Zootec.* 2007 Aug;36(4):978–86.
31. Lanna DP., Calegare L, Almeida R, BERNDT. Conversão alimentar Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: *Simpósio de Pecuária de Corte.* Lavras, Brasil; 2003. p. 13.
32. Undi M, Wilson C, Ominski KH, Wittenberg KM. Comparison of techniques for estimation of forage dry matter intake by grazing beef cattle. *Can J Anim Sci.* 2008;88(4):693–701.
33. Mertens DR. Regulation of forage intake. In: *Forage Quality, Evaluation and Utilization.* Madson: American Society of Agronomy; 1994. p. 450–93.
34. Michael Forbes J. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutr Res Rev.* 2007 Dec 1;20(2):132–46.
35. McMeniman JP, Defoor PJ, Galyean ML. Evaluation of the National Research Council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle<sup>1</sup>. *J Anim Sci.* 2009 Mar 1;87(3):1138–46.
36. Genro TC., Euclides VP., Medeiros SR. Ingestão de matéria seca por ruminantes em pastejo. In: *Simpósio Da Sociedade Brasileira De Zootecnia.* Campo grande, Brasil; 2004.
37. Nielsen MK, MacNeil MD, Dekkers JCM, Crews DH, Rathje TA, Enns RM, et al. Review: Life-cycle, total-industry genetic improvement of feed efficiency in beef cattle: Blueprint for the Beef Improvement Federation<sup>1</sup> | The development of this commentary was supported by the Beef Improvement Federation. *Prof Anim Sci.* 2013 Dec;29(6):559–65.
38. Fonseca LFS, Gimenez DFJ, Mercadante MEZ, Bonilha SFM, Ferro JA, Baldi F, et al. Expression of genes related to mitochondrial function in Nellore cattle divergently ranked on residual feed intake. *Mol Biol Rep.* 2015 Feb 14;42(2):559–65.
39. Nkrumah JD, Basarab JA, Wang Z, Li C, Price MA, Okine EK, et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. *J Anim Sci.* 2007 Oct 1;85(10):2711–20.
40. Magnani E. Caracterização Do Consumo Alimentar Residual E Relações Com Desempenho E Metabolismo De Fêmeas Nelore. Instituto De Zootecnia; 2011.

41. Lucila Sobrinho T, Bonilha SFM, Gonçalves HC, Castilhos AM de, Magnani E, Razook AG, et al. Feedlot performance, feed efficiency and carcass traits in Nelore cattle selected for postweaning weight. *Rev Bras Zootec*. 2013 Feb;42(2):125–9.
42. Polizel GHG, Grigoletto L, Carvalho ME, Rossi Junior P, Ferraz JBS, Santana MH de A. Genetic correlations and heritability estimates for dry matter intake, weight gain and feed efficiency of Nelore cattle in feedlot. *Livest Sci*. 2018 Aug;214:209–10.
43. Berry DP, Crowley JJ. Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. *J Anim Sci*. 2013 Apr 1;91(4):1594–613.
44. Lancaster PA, Carstens GE, Ribeiro FRB, Tedeschi LO, Crews DH. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *J Anim Sci*. 2009 Apr 1;87(4):1528–39.
45. Paulino P V, Castro FC, Magnabosco UC, Sainz R. Performance and residual feed intake differences between steers housed in individual or group pens.
46. Lima NLL, Pereira IG, Ribeiro JS. Residual feed intake as a criteria for feed efficiency selection. *Acta Vet Bras* [Internet]. 2014 Jan 17;7(4). Available from: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/3269>
47. Berry DP, Crowley JJ. Residual intake and body weight gain: A new measure of efficiency in growing cattle. *J Anim Sci*. 2012 Jan 1;90(1):109–15.
48. Grion AL, Mercadante MEZ, Cyrillo JNSG, Bonilha SFM, Magnani E, Branco RH. Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nelore cattle. *J Anim Sci*. 2014 Mar 1;92(3):955–65.
49. Ceacero TM, Mercadante MEZ, Cyrillo JN dos SG, Canesin RC, Bonilha SFM, de Albuquerque LG. Phenotypic and Genetic Correlations of Feed Efficiency Traits with Growth and Carcass Traits in Nelore Cattle Selected for Postweaning Weight. Hansen PJ, editor. *PLoS One*. 2016 Aug 18;11(8):e0161366.
50. Donoghue KA, Bird-Gardiner T, Arthur PF, Herd RM, Hegarty RF. Genetic and phenotypic variance and covariance components for methane emission and postweaning traits in Angus cattle. *J Anim Sci*. 2016 Apr 1;94(4):1438–45.
51. Archer J., Herd R., Arthur P. Feed efficiency in beef cattle. In: *FEED EFFICIENCY WORKSHOP*. Cooperative Research Centre for Cattle and Beef Quality; 2001. p. 1–107.
52. Arthur PF, Archer JA, Johnston DJ, Herd RM, Richardson EC, Parnell PF. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. *J Anim Sci*. 2001;79(11):2805.
53. Shaffer KS, Turk P, Wagner WR, Felton EED. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. *J Anim Sci*. 2011 Apr 1;89(4):1028–34.
54. Leme P, Gomes R. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual. In: *XX Reunión Asociación Latinoamericana de Produccion Animal (ALPA)*. Cuzco, Peru; 2007.

55. Awda BJ, Miller SP, Montanholi YR, Voort G Vander, Caldwell T, Buhr MM, et al. The relationship between feed efficiency traits and fertility in young beef bulls. *Can J Anim Sci.* 2013 Jun;93(2):185–92.
56. Wang Z, Colazo MG, Basarab JA, Goonewardene LA, Ambrose DJ, Marques E, et al. Impact of selection for residual feed intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pasture-based multisire mating1. *J Anim Sci.* 2012 Sep 1;90(9):2963–9.
57. Basarab JA, Colazo MG, Ambrose DJ, Novak S, McCartney D, Baron VS. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. *Can J Anim Sci.* 2011 Dec;91(4):573–84.
58. Copping KJ, Accioly JM, Deland MPB, Edwards NJ, Graham JF, Hebart ML, et al. Divergent genotypes for fatness or residual feed intake in Angus cattle. 3. Performance of mature cows. *Anim Prod Sci.* 2018;58(1):55.
59. Hafla AN. Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. *J Anim Sci.* 2012;90:7.
60. Schenkel FS, Miller SP, Wilton JW. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. *Can J Anim Sci.* 2004 Jun 1;84(2):177–85.
61. Intergado.
62. LTD. GS. GROWSAFE SYSTEMS [Internet]. [cited 2020 Jan 3]. Available from: <https://growsafe.com/about/>
63. Mendes EDM, Faria CU de., Sainz RD, Silveira ACL, Magnabosco CU, Eifert E da C, et al. Procedimentos para mensuração de consumo individual de alimento em bovinos de corte. 2°. Riberião Preto, Brasil.: Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores; 2020.
64. Baldi F, Alencar MM de, Albuquerque LG de. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento em bovinos da raça Canchim utilizando modelos de dimensão finita. *Rev Bras Zootec.* 2010 Nov;39(11):2409–17.
65. Boligon AA, Albuquerque LG de, Mercadante MEZ, Lôbo RB. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2009 Dec;38(12):2320–6.
66. Laureano MM., Boligon A., Costa R., Forni S, Severo JL., Albuquerque L. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore: Estimates of heritability and genetic trends for growth and reproduction traits in Nelore cattle. *Arq Bras Med Veterinária e Zootec.* 2011 Feb;63(1):143–52.
67. Quintanilla R, Piedrafita J. Efectos maternos en el peso al destete del ganado vacuno de carne : Una revisión. *Itea.* 2000;96(1):7–39.
68. Garner A., Muñoz MCC., Marcondes C., Lôbo R., Lira T, Gunski R. Genetic

- parameters estimation among pre and post weaning weights in Nellore breed. *Arch Zootec.* 2010;59.
69. Lopes FB, Ferreira JL, Lobo RB, Rosa GJM. Bayesian analyses of genetic parameters for growth traits in Nellore cattle raised on pasture. *Genet Mol Res.* 2017;16(3).
  70. Cortés-Lacruz X, Casasús I, Revilla R, Sanz A, Blanco M, Villalba D. The milk yield of dams and its relation to direct and maternal genetic components of weaning weight in beef cattle. *Livest Sci.* 2017 Aug;202:143–9.
  71. Faria LC, Queiroz SA, Lôbo RB, Buzanskas ME, Venturini GC, Munari DP, et al. Análise genética de características reprodutivas na Raça Brahman. *Arch Zootec.* 2012 Dec;61(236):559–67.
  72. Malhado CHM, Carneiro PLS, Martins Filho R, Azevêdo DMMR, Facó O, Machado CHC, et al. Tendência e Parâmetros Genéticos para o Peso aos 205 Dias de Idade em Bovinos da Raça Nelore Mocho no Estado da Bahia. *Rev Científica Produção Anim.* 2009;7(2).
  73. Tramonte NC, Grupioni NV, Stafuzza NB, Guidolin DGF, Savegnago RP, Bezerra LAF, et al. Genetic parameters, genetic trends, and principal component analysis for productive and reproductive traits of Guzera beef cattle. *Rev Bras Zootec.* 2019;48.
  74. Pires BC. Parâmetros Genéticos Para Características De Crescimento , Reprodutivas E De Carcaça Em. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA; 2013.
  75. Chud TCS, Caetano SL, Buzanskas ME, Grossi DA, Guidolin DGF, Nascimento GB, et al. Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nellore beef cattle. *Livest Sci.* 2014 Dec;170:16–21.
  76. Emerick LL, Dias JC, Gonçalves PE., Martins JA., Souza F., Filho VRV, et al. Retorno da atividade ovariana luteal cíclica de vacas de corte no pós-parto: uma revisão. *Rev Bras Reprodução Anim.* 2009;33:03–212.
  77. Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, Formigoni IB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Arch Zootec.* 2011 Jun;60(230):205–13.
  78. Baldi F, Alencar MM de, Freitas AR de, Barbosa RT. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. *Rev Bras Zootec.* 2008 Feb;37(2):247–53.
  79. Beretta V, Lobato JFP, Mielitz Netto CG. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande de Sul. *Rev Bras Zootec.* 2002 Apr;31(2 suppl):991–1001.
  80. ALVES P. Taxa de Desfrute [Internet]. [cited 2021 Jan 5]. p. 2014. Available from: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/23681/taxa-de-desfrute.htm>
  81. Eler JP, Bignardi AB, Ferraz JBS, Santana ML. Genetic relationships among traits related to reproduction and growth of Nelore females. *Theriogenology.* 2014

- Sep;82(5):708–14.
82. Pereira E, Eler JP, Ferraz JBS. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. *Pesqui Agropecuária Bras.* 2002 May;37(5):703–8.
  83. Buzanskas ME, Pires PS, Chud TCS, Bernardes PA, Rola LD, Savegnago RP, et al. Parameter estimates for reproductive and carcass traits in Nelore beef cattle. *Theriogenology.* 2017 Apr;92:204–9.
  84. Bonamy M, Kluska S, Peripolli E, de Lemos MVA, Amorim ST, Vaca RJ, et al. Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nelore cattle using genomic information. *J Anim Breed Genet.* 2019 Jan;136(1):15–22.
  85. Brunes LC. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais Em Um Rebanho Nelore Sob Seleção Para Precocidade Sexual. Universidade Federal de Goiás; 2017.
  86. Silva M, Pedrosa V, Silva J, Herrera L, Eler J, Albuquerque L. Parâmetros genéticos de las características andrológicas en la especie bovina. *Arch Med Vet.* 2012;44(1):1–11.
  87. Abreu LRA, Mota LFM, Ferreira TA, Pereira IG, Pires A V., Villela SDJ, et al. Genetic evaluation of bodyweight, scrotal circumference, and visual appraisal scores in *Bos indicus* cattle. *Anim Prod Sci.* 2018;58(9):1584.
  88. Siqueira J., Guimarães JD, Pinho RO. Relação entre perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. *Rev Bras Reprodução Anim.* 2013;37:3–13.
  89. Zervoudakis JT, Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho S de C, Lana R de P, Cecon PR. Desempenho de novilhas mestiças e parâmetros ruminais em novilhos, suplementados durante o período das águas. *Rev Bras Zootec.* 2002 Apr;31(2 suppl):1050–8.
  90. Terakado APN, Boligon AA, Baldi F, Silva JAI V., Albuquerque LG. Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2015 Jun 1;93(6):2706–13.
  91. Yokoo MJ. Análise Bayesiana Da Área De Olho Do Lombo E Ultrassom E Suas Associações Com Outras Características De Importância Econômica Na Raça Nelore. Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho.” 2009.
  92. Crews DH, Lowerison, Jr. M, Caron N, Kemp RA. Genetic parameters among growth and carcass traits of Canadian Charolais cattle. *Can J Anim Sci.* 2004 Dec 1;84(4):589–97.
  93. Faria CU de, Andrade WBF de, Pereira C de F, Silva RP da, Lôbo RB. Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado. *Ciência Rural.* 2015 Feb;45(2):317–22.
  94. Magnabosco C., Sainz R., Faria C. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: relevância econômica para mercados

- globalizados. In: Simpósio Internacional De Produção De Gado De Corte. 2006. p. 239–71.
95. Yokoo MJ, Lôbo RB, Magnabosco CU, Rosa GJM, Forni S, Sainz RD, et al. Genetic correlation of traits measured by ultrasound at yearling and 18 months of age in Nelore beef cattle. *Livest Sci.* 2015 Oct;180:34–40.
  96. Yokoo MJ, Lobo RB, Araujo FRC, Bezerra LAF, Sainz RD, Albuquerque LG. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2010 Jan 1;88(1):52–8.
  97. Kluska S, Olivieri BF, Bonamy M, Chiaia HLJ, Feitosa FLB, Berton MP, et al. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. *Livest Sci.* 2018 Oct;216:203–9.
  98. Meirelles SL, Alencar MM de, Oliveira HN de, Regitano LC de A. Efeitos de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para características de carcaça em bovinos da raça Canchim criados em pastagem. *Rev Bras Zootec.* 2010 Jul;39(7):1437–42.
  99. CU M, RD S, CU F, MJ Y, F M, V B, et al. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em Zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. In: V Simpósio de Produção de Gado de Corte e I Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte. Viçosa, Brasil; 2006. p. p.239–271.
  100. Bonin MN, Ferraz JBS, Eler JP, Rezende FM, Cucco DC, Carvalho ME, et al. Sire effects on carcass and meat quality traits of young Nelore bulls. *Genet Mol Res.* 2014;29(13(2):3250-64).
  101. Matarim DL. Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultrassom, com ênfase na gordura intramuscular, em bovinos Nelore. 2015;54.
  102. Berg RT, Butterfield RM. *New Concepts of Cattle Growth.* Sydney University Press U of S, editor. 1976. 240 p.
  103. Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Júnior GAF, Bresolin T, Magalhães AFB, et al. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. *J Anim Sci.* 2016 May 1;94(5):1821–6.
  104. Yokoo MJ, Albuquerque LG, Lôbo RB, Bezerra LAF, Araujo FRC, Silva JAV, et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2008 Sep;117(2–3):147–54.
  105. Brito Lopes F, da Silva MC, Magnabosco CU, Goncalves Narciso M, Sainz RD. Selection Indices and Multivariate Analysis Show Similar Results in the Evaluation of Growth and Carcass Traits in Beef Cattle. Niemann H, editor. *PLoS One.* 2016 Jan 20;11(1):e0147180.
  106. Moraes GF, Abreu LRA, Toral FLB, Ferreira IC, Ventura HT, Bergmann JAG, et al. Selection for feed efficiency does not change the selection for growth and carcass traits in Nelore cattle. *J Anim Breed Genet.* 2019 Nov 22;136(6):464–73.

107. Mao F, Chen L, Vinsky M, Okine E, Wang Z, Basarab J, et al. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. *J Anim Sci.* 2013 May 1;91(5):2067–76.
108. Crews DH, Pollak EJ, Weaber RL, Quaas RL, Lipsey RJ. Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. *J Anim Sci.* 2003 Jun 1;81(6):1427–33.
109. Walter JP, Mao IL. Multiple and Single Trait Analyses for Estimating Genetic Parameters in Simulated Populations Under Selection. *J Dairy Sci.* 1985 Jan;68(1):91–8.
110. Henderson CR. Sire Evaluation And Genetic Trends. *J Anim Sci.* 1973 Jan 1;1973(Symposium):10–41.
111. LÔBO R. Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore. GEMAC - Departamento de Genética. 2004;122.
112. Mrode RA, Thompson R. Linear models for the prediction of animal breeding values. Mrode RA, Thompson R, editors. Wallingford: CABI; 2005.
113. Henderson CR. Estimation of Variance and Covariance Components. *Biometrics.* 1953 Jun;9(2):226.
114. Hartley HO, Rao JNK. Maximum-Likelihood Estimation for the Mixed Analysis of Variance Model. *Biometrika.* 1967 Jun;54(1/2):93.
115. Patterson HD, Thompson R. Recovery of Inter-Block Information when Block Sizes are Unequal. *Biometrika.* 1971 Dec;58(3):545.
116. Henderson CR. Recent Developments in Variance and Covariance Estimations. *J Anim Sci.* 1986 Jul 1;63(1):208–16.
117. Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG, Los Reyes A, Sauressig MG, Lobo RB. Utilização de escores visuais de características morfológicas de bovinos nelore como ferramenta para o melhoramento genético animal. *Embrapa Cerrados.* 2007 May;39.
118. Marcelino SD do R. Métodos de estimação de componentes de variância em modelos mistos desbalanceados. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.” Universidade de São Paulo; 2000.
119. FREITAS AR, FAVORETTI A de C, ALENCAR MM. Uso da máxima verossimilhança restrita e transformação canônica para estimação de parâmetros genético de características de crescimento em bovinos. *Rev Bras Zootec.* 1994;23:7.
120. Shaw RG. Maximum-Likelihood Approaches Applied To Quantitative Genetics Of Natural Populations. *Evolution (N Y).* 1987 Jul;41(4):812–26.
121. Vayego SA, Dionello NJL, Figueiredo EAP de. Estimativas de parâmetros e tendências genéticas para algumas características de importância econômica em linhagem paterna de frangos de corte sob seleção. *Rev Bras Zootec.* 2008 Jul;37(7):1230–5.

122. Falcão AJ da S, Martins EN, Costa CN, Mazucheli J. Efeitos do número de animais na matriz de parentesco sobre as estimativas de componentes de variância para produção de leite usando os métodos de Máxima Verossimilhança Restrita e Bayesiano. *Rev Bras Zootec.* 2009 Aug;38(8):1468–77.
123. ANCP - Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. Cronograma [Internet]. [cited 2020 Dec 29]. Available from: <https://www.ancp.org.br/>
124. Garner A del V, Lôbo RB, Bezerra LAF, Oliveira HN de. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2001 Jun;30(3):714–8.
125. Ortiz Peña CD, Queiroz SA de, Fries LA. Estimação de fatores de correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2000 Dec;29(6):1667–75.
126. R CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing [Internet]. [cited 2020 Jan 20]. Available from: [www.R-project.org/](http://www.R-project.org/)
127. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D. BLUPF90 family of programs [Internet]. university of Georgia, Athens, USA. Georgia, USA: University of Georgia, Athens, USA; 2015. p. 125. Available from: [http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90\\_all1.pdf](http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all1.pdf)
128. Meyer K, Houle D. Sampling based approximation of confidence intervals for functions of genetic covariance matrices. *J Anim Breed Genet.* 2013;20(January 2013):523–6.
129. Falconer DS, Mackay FCT. *Introduction to quantitative genetics.* 4°. Harlow, England; 1996. 464 p.
130. Campos RV, Cobuci JA, Costa CN, Braccini Neto J. Genetic parameters for type traits in Holstein cows in Brazil. *Rev Bras Zootec.* 2012 Oct;41(10):2150–61.
131. Mercadante MEZ, Razook AG, Trovo JB de F, Cyrillo JN dos SG, Figueiredo LA de. Parâmetros genéticos do peso no início da estação de monta, considerado indicativo do peso adulto de matrizes Nelore. *Rev Bras Zootec [Internet].* 2004 Oct;33(5):1135–44. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982004000500005&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982004000500005&lng=pt&tlng=pt)
132. Mucari TB, Oliveira JA de. Análise genético-quantitativa de pesos aos 8, 12, 18 e 24 meses de idade em um rebanho da raça Guzerá. *Rev Bras Zootec.* 2003 Dec;32(6 suppl 1):1604–13.
133. Boligon AA, Albuquerque LG de, Rorato PRN. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2008 Apr;37(4):596–601.
134. Dias LT, Albuquerque LG de, Tonhati H, Teixeira R de A. Estimação de parâmetros genéticos para peso em diferentes idades para animais da raça Tabapuã. *Rev Bras Zootec.* 2005 Dec;34(6):1914–9.
135. Kealey CG, MacNeil MD, Tess MW, Geary TW, Bellows RA. Genetic parameter

- estimates for scrotal circumference and semen characteristics of Line 1 Hereford bulls1. *J Anim Sci.* 2006 Feb 1;84(2):283–90.
136. Grupioni, Natalia Vinhal Guidolin DGF, Costa GV, Lôbo RB, Munari DP. Parâmetros genéticos e tendências genéticas para características reprodutivas e de crescimento testicular em bovinos Guzerá. *Revista Caatinga.* 2015 Jun;8.
  137. Gressler SL, Gressler MGM, Bergmann JAG. Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore. *Arq Bras Med Veterinária e Zootec.* 2014 Aug;66(4):986–94.
  138. Kenny DA, Fitzsimons C, Waters SM, McGee M. Invited review: Improving feed efficiency of beef cattle – the current state of the art and future challenges. *Animal.* 2018;12(9):1815–26.
  139. Boligon AA, Bignardi AB, Mercadante MEZ, Lôbo RB, Albuquerque LG. Principal components and factor analytic models for birth to mature weights in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2013 Apr;152(2–3):135–42.
  140. Bouquet A, Fouilloux M-N, Renand G, Phocas F. Genetic parameters for growth, muscularity, feed efficiency and carcass traits of young beef bulls. *Livest Sci.* 2010 Apr;129(1–3):38–48.
  141. Crowley JJ, McGee M, Kenny DA, Crews DH, Evans RD, Berry DP. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. *J Anim Sci.* 2010 Mar 1;88(3):885–94.
  142. Durunna ON, Plastow G, Mujibi FDN, Grant J, Mah J, Basarab JA, et al. Genetic parameters and genotype  $\times$  environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. *J Anim Sci.* 2011 Nov 1;89(11):3394–400.
  143. Rolfe KM, Snelling WM, Nielsen MK, Freetly HC, Ferrell CL, Jenkins TG. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection. *J Anim Sci.* 2011 Nov 1;89(11):3452–9.
  144. Brunes LC, Baldi F, Lopes FB, Narciso MG, Lobo RB, Espigolan R, et al. Genomic prediction ability for feed efficiency traits using different models and pseudo-phenotypes under several validation strategies in Nelore cattle. *Animal.* 2020 Dec;100085.
  145. Boligon A., Mercadante ME., Baldi F, Lôbo R., Albuquerque L. Multi-trait and random regression mature weight heritability and breeding value estimates in Nelore cattle. *S Afr J Anim Sci.* 2010 Oct 21;39(1).
  146. Ferreira JL, Bresolin T, Lopes FB, Garcia JAS, Nepomuceno LL, Schmidt AB, et al. Modelos De Regressão Aleatória Para Característica De Crescimento Em Bovinos Da Raça Guzerá. *Ciência Anim Bras.* 2017;18.
  147. Pollak EJ, van der Werf J, Quaas RL. Selection Bias and Multiple Trait Evaluation. *J Dairy Sci.* 1984 Jul;67(7):1590–5.
  148. Torres-Júnior JRS, Henry M. Sexual development of Guzerat (*Bos taurus indicus*) bulls raised in a tropical region. *Anim Reprod.* 2005;2:114–21.

149. Silva MR, Pedrosa VB, Borges-Silva JC, Eler JP, Guimarães JD, Albuquerque LG. Genetic parameters for scrotal circumference, breeding soundness examination and sperm defects in young Nelore bulls. *J Anim Sci.* 2013 Oct 1;91(10):4611–6.
150. Kastelic J, Thundathil J. Breeding Soundness Evaluation and Semen Analysis for Predicting Bull Fertility. *Reprod Domest Anim.* 2008 Jul;43:368–73.
151. Ferreira Júnior RJ, Bonilha SFM, Monteiro FM, Cyrillo JNSG, Branco RH, Silva JAI V, et al. Evidence of negative relationship between female fertility and feed efficiency in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2018 Sep 29;96(10):4035–44.
152. Lawrence P, Kenny DA, Earley B, Crews DH, McGee M. Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior, and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake<sup>1</sup>. *J Anim Sci.* 2011 Oct 1;89(10):3248–61.
153. Owens FN, Dubeski P, Hanson CF. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J Anim Sci.* 1993 Nov 1;71(11):3138–50.
154. Gordo DGM, Baldi F, Lôbo RB, Filho WK, Sainz RD, Albuquerque LG. Genetic association between body composition measured by ultrasound and visual scores in Brazilian Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2012 Dec 1;90(12):4223–9.
155. Moraes GF de, Abreu LRA, Ferreira IC, Pereira IG. Genetic analysis of residual feed intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nelore herd. *Ciência Rural.* 2017;47(2).

## ANEXO A – Parecer de Aprovação do Projeto pelo Comitê de Ética Da UFG – CEUA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



Goiânia, 08 de março de 2021.

**PARECER CONSUBSTANCIADO REFERENTE AO ATENDIMENTO DE PENDÊNCIA DO PROTOCOLO N°. 087/20**

**I - Finalidade do projeto de pesquisa: Mestrado**

**II - Identificação:**

- Data de apresentação a CEUA:** 14/12/2020
- Data do atendimento da pendência:** 12/02/2021
- Título do projeto:** Parâmetros genéticos para eficiência alimentar e suas relações com características de importância econômica em bovinos Guzará e Tabapuã utilizando análises multicaracterísticas
- Pesquisador Responsável/ Unidade:** Letícia Silva Pereira/EVZ/UFG
- Pesquisadores Participantes:** Eduardo da Costa Eifert/Embrapa Cerrados
- Médico Veterinário/CRMV:** Marcos Fernando Oliveira e Costa /CRMV/GO- 3035
- Unidade onde será realizada a pesquisa:** Embrapa Arroz e Feijão - Rodovia GO-462, Km 12, CP 179. Zona Rural. Santo Antônio do Goiás/GO. CEP: 75735-00

**III – Respostas às pendências:**

Todas as pendências foram atendidas conforme solicitadas.

**VI - Parecer da CEUA:**

De acordo com a documentação apresentada à CEUA, o projeto foi considerado **APROVADO** pela *Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA* da Universidade Federal de Goiás.

**Informação aos pesquisadores:**

Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(s) pesquisador(es) responsável(is) deverá(ão) encaminhar à CEUA-PRPI-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Lei nº. 11.794 de 08/10/2008, e Resolução Normativa nº. 01, de 09/07/2010 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-CONCEA. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, a qual está prevista para finalizar suas ações até **31 de julho de 2022**.

**VII - Data da reunião: 08/03/2021.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada “Parâmetros genéticos para eficiência alimentar e suas relações com características de importância econômica em bovinos Guzerá e Tabapuã utilizando análises multicaracterísticas”, registrada com o protocolo nº 087/20, sob a responsabilidade de Cláudio Ulhôa Magnabosco e Leticia Silva Pereira que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), em reunião de 08/03/2021

- Finalidade: ( ) Ensino (x) Pesquisa Científica
- Vigência da autorização (início e fim): 08/03/2021 a 31/07/2022.
- Espécie/linhagem/raça: Bovina/Guzerá e Tabapuã
- Nº de animais autorizados: 89
- Peso/Idade: 399kg/Guzerá e 430 kg/Tabapuã - 20 meses
- Sexo: Macho
- Origem (fornecedor): Embrapa Arroz e Feijão