

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

**ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE  
CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO, CARÇAÇA E ESCORES VISUAIS  
EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE  
SEXUAL**

Ludmilla Costa Brunes

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco

GOIÂNIA  
2017



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

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

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

**2. Identificação da Tese ou Dissertação**

Nome completo do autor: **Ludmilla Costa Brunos**

Título do trabalho: **Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais em um rebanho nelore sob seleção para precocidade sexual**

**3. Informações de acesso ao documento:**

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

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

Assinatura do (a) autor (a) <sup>2</sup>

Data: 20 / 03 / 2017

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

<sup>2</sup>A assinatura deve ser escaneada.

LUDMILLA COSTA BRUNES

**ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE  
CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO, CARCAÇA E ESCORES VISUAIS  
EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE  
SEXUAL**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Zootecnia junto a Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

**Área de Concentração:**  
Produção Animal

**Linha de Pesquisa:**  
Interface entre desempenho produtivo, reprodutivo, aspectos genéticos e ambientais na produção animal

**Orientador:**  
Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco –  
Embrapa/CNPq/UFG

**Comitê de orientação:**  
Prof. Dr. Fernando Sebastian Baldi Rey –  
UNESP/CNPq  
Dr. Marcos Fernando Oliveira e Costa –  
Embrapa Arroz e Feijão

GOIÂNIA  
2017

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

Costa Brunes, Ludmilla  
ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO, CARÇAÇA E ESCORES VISUAIS EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL [manuscrito] / Ludmilla Costa Brunes. - 2017.

CXC, 190 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco; co-orientador Dr. Fernando Sebastian Baldi Rey; co-orientador Dr. Marcos Fernando Oliveira e Costa .

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2017.

Bibliografia.

Inclui abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. avaliação genética. 2. características produtivas. 3. eficiência reprodutiva. 4. puberdade. 5. zebuínos. I. Ulhoa Magnabosco, Cláudio, orient. II. Título.

CDU 635

ATA NÚMERO **40** DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO (A) ALUNO **Ludmilla Costa Brunes** DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA DA ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Aos **23/02/2017**, a partir das **13h30min**, na sala de Reuniões do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, nesta Capital, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais em um rebanho Nelore sob seleção para precocidade sexual**", apresentado para obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**, junto à área de Concentração: Produção Animal. Os trabalhos foram instalados pelo (a) Presidente da Comissão Julgadora, Orientador (a) **Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco**, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora, **Prof. Dr. Raysildo Barbosa Lôbo - ANCP** e **Dra. Mariana Marcia Santos Mamede - Embrapa Cerrados**. Iniciando os trabalhos, o Presidente concedeu a palavra ao (a) candidato (a) **Ludmilla Costa Brunes**, para exposição em **QUARENTA MINUTOS** do seu trabalho. A seguir, o senhor Presidente concedeu a palavra, pela ordem, aos demais membros da banca, os quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o prazo máximo de **VINTE MINUTOS**, assegurando-se ao mesmo, igual prazo para responder aos Senhores Membros da Banca Examinadora. Ultimada a arguição, que se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou seu Julgamento, considerando o (a) candidato (a) **APROVADA** (aprovado/reprovado) pelos seus membros. Proclamados os resultados da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar lavrou-se a presente ata que, após lida e achada conforme vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

A Banca Examinadora aprovou a seguinte modificação no título da dissertação:

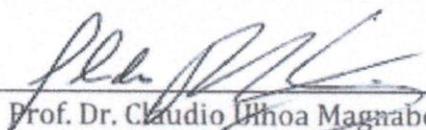
---

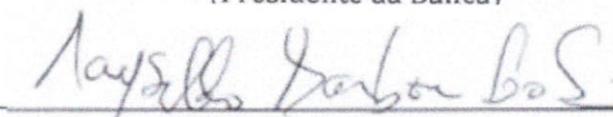
---

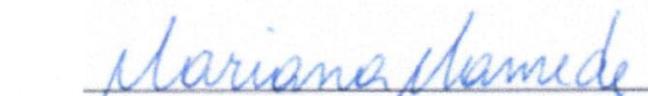
---

---

---

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cláudio Ulhoa Magnabosco  
(Presidente da Banca)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Raysildo Barbosa Lôbo - ANCP

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Mariana Marcia Santos Mamede - Embrapa Cerrados

*O pessimista se queixa do vento, o otimista espera que ele mude e o realista ajusta as velas.*

*William George Ward*

*E no que depender de mim, as coisas vão dar certo. Tem que dar. De um jeito ou de outro. Vou cair, vou levantar e vou seguir até cair de novo, e levantar, e cair, até não cair mais, e cair outra vez. Vai ter dor, vai ter decepção, vai ter sorriso e vai ter suor. Para as cargas mais pesadas terei os ombros mais fortes e nas grandes provações tirarei as melhores lições. Me permito errar e ser triste, mas que dure apenas o intervalo de dois sorrisos. Hoje foi melhor que ontem, mas ainda não é nem sombra do amanhã. Vou dar o melhor de mim. Sempre. E quando não for suficiente terei uma carta na manga, ou duas. Eu tenho um plano. Na minha vida não existem objetivos não alcançados, apenas momentaneamente incompletos. Sem medo de errar. Só pode dar certo. Vai dar. A felicidade se acha nos momentos de descuido.*

*Rafael Magalhães*

*Aos meus pais, Almir e Enia Brunos por acreditar, pelo apoio incondicional, pelo estímulo, compreensão e cumplicidade, pelo amor e por ser o vento sob minhas asas...  
A eles ofereço e dedico essa dissertação e todas as conquistas da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde, por tornar tudo possível, iluminar meu caminho e possibilitar chegar a mais esse momento envolto de bênçãos, me dando fé, coragem e perseverança, por colocar pessoas brilhantes na minha vida e que foram essenciais para minha formação profissional e pessoal.

Aos meus pais, Almir e Enia Brunes, pela educação moldada em seus exemplos de honradez, honestidade, dedicação, humildade e companheirismo; pelo apoio incondicional dando-me coragem para transpor barreiras e pelos sacrifícios que juntos fizeram para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida, por diversas vezes terem abdicado de suas próprias realizações em função das minhas; e, acima de tudo, por me ensinarem que podemos ter asas e alçar altos voos, mantendo firme nossas raízes. Nos momentos em que o mundo parecia desabar sobre meus ombros vocês me confortavam e estimulavam a seguir em frente. Amo Vocês!

A minha irmã Jackeline Brunes e meu cunhado Fabiano Torres pelo apoio e incentivo. Agradeço por vocês existirem na minha vida, pela amizade, companheirismo, apoio e valiosos conselhos. A minha sobrinha Alice Brunes que às vezes me fazia companhia durante as longas horas de escrita e condução das análises, rabiscava meus rascunhos e tentava me tomar o notebook. Com você a vida tem mais cor e alegria!

As minhas “desde sempre” amigas e irmãs do coração Géssica Fontenele e Karina Fontenele, pela amizade, lealdade, carinho, companheirismo de uma vida, além da vibração com as minhas conquistas e me apoiarem nos momentos de tribulação; e seus pais, Francisco das Chagas e Raimunda Veras, por me acolherem e aceitarem como parte de sua família, sempre estando presentes na minha vida. A minha afilhada Sophie Fontenele, que possui um lugar especial no meu coração e que a cada dia me transmite mais carinho e alegria.

Aos amigos Renato Pereira, Guilherme Silva, Victor Hugo, Rhayssa Fernandes, Leonardo Lopes e Eberte Silva pelo carinho, companheirismo, amizade, apoio em momentos difíceis, pela paciência em momentos de raiva, pelos abraços e conselhos, mas agradeço também pelas festas, risadas, pelas boas viagens e finais de semana, e por fazerem minha mais alegre.

A amiga iluminada Caroliny Lins, tenho muito a agradecer-lá por ter tido fundamental importância nesta etapa da minha vida, propiciando forças nas horas mais difíceis e incentivando a continuar seguindo rumo aos meus objetivos; por me apoiar quando eu estava certa, mas também abrir meus olhos nos momentos que errei, me fazer sorrir, escutar meus “esporádicos” choros, pelos valiosos conselhos e por me entender.

Ao meu orientador Dr. Cláudio Magnabosco, pelo conhecimento compartilhado com preciosas lições, oportunidade da concretização do meu sonho e a evolução dele; pelos incentivos e motivação, confiança depositada e acreditar mais em mim que eu mesma; por proporcionar abrir minha mente para uma visão diferente das coisas, mudando área de atuação e postura; pelo ombro amigo nas horas de desespero, pela paciência e, até mesmo, os puxões de orelha e por, sempre, me tirar da zona de conforto me fazendo evoluir e crescer cada dia mais. Todas as conquistas obtidas até aqui e as que ainda estão por vir são nossas. Receba meu reconhecimento e gratidão!

Ao meu co-orientador, Dr. Marcos Fernando, que transmitiu valiosos ensinamentos profissionais, além das grandes sugestões durante a elaboração desse trabalho e tantas atividades que foram realizadas durante o período do mestrado. Agradeço profundamente seus ensinamentos e sua segurança. Não foi somente um co-orientador no sentido acadêmico, mas também pessoal, através dos conselhos, força, carinho e gentileza

incondicional, e ainda por ter me ensinado que a calma é o primeiro passo para a resolução de qualquer problema. Muito obrigado!

Ao meu coorientador prof. Dr. Fernando Baldi, que admiro e sou muito grata pelos grandes ensinamentos transmitidos durante suas aulas, que a princípio me deixaram desesperada, mas ajudaram imensamente para formar a base do meu conhecimento, tendo sido essencial para a minha formação, contribuindo não só para meu desenvolvimento científico, mas também para o pessoal. Agradeço também pelo bom humor sem igual, pelo valioso auxílio na execução das análises genéticas e estatísticas e pela disponibilidade, que fez a distância quase inexistente e uma grande diferença nesse trabalho. Serei eternamente grata!

Aos colegas, funcionários e pesquisadores da Embrapa Cerrados e Embrapa Arroz e Feijão, em especial Adriano Crozara, Danilo Boaventura, Dr. Eduardo Eifert, Elimar Abreu, Hélio Santos Abbadia, Ely Olimpio de Abreu (Meleta), Francisco José de Oliveira (Chiquinho), Keity Lorrany, Marcus Vinicius Siqueira, Matheus Faggion, Nayanny Guimarães e Yuri Oliveira pela colaboração, troca de informações tão pertinentes à execução das nossas atividades me ensinando muito durante esses anos, pela convivência alegre, carinho e apoio; não esquecendo das belas Pilpetes, “velha” equipe embrapiana Débora Ribeiro, Flávia Martins, Gabriela Agapto e Letícia Mendes que fizeram os dias mais divertidos, os almoços mais animados, sempre acompanhado de muito companheirismo e apoio em todos os momentos, pela amizade e risadas compartilhadas.

Aos estagiários da Embrapa Arroz e Feijão, Ataulfo Junior, Fernando Nascimento, Luís Cândido e Marcelo Fernandes, pela amizade, carinho, paciência, incentivo, companheirismo, muitas e muitas horas de estágio, além de toda a contribuição e ajuda fundamentais para a realização de todas as atividades necessárias, aprendizado mútuo, disposição, e por serem exemplos de profissionalismo que espero levar sempre comigo. Aprendi algo com cada um de vocês. Lembrem-se, a capacidade e o potencial de vocês são infinitos!!!

Ao amigo Jairo Machado Filho e o Nelore Vera Cruz, em nome de Micheline Braga e Lucas Nathan, além toda a sua equipe, pela concessão do banco de dados e apoio nas coletas necessárias, confiança depositada, colaboração e gentileza; por nos permitir realizar esse trabalho da melhor forma possível acreditando no objetivo dele e abrindo as portas da Fazenda, fornecendo-nos o material mais valioso que eu poderia dispor para a realização dessa dissertação: os animais.

A associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, por terem cedido gentilmente o banco de dados para a realização desse trabalho.

A Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, tanto em nível estrutural como em nível pessoal, junto aos professores e funcionários que sempre nos auxiliam, além da oportunidade de realizar esse trabalho. Em especial, aos professores Alessandra Gimenez, Alexandre Coelho, Ângela Adamski, Cristiano Prado, Emmanuel Arnhold, José Henrique Stringhini, Victor Rezende e todos os demais, que sempre se esforçaram para transmitir seus conhecimentos e nos indicar os melhores caminhos, pelas cobranças e apoio que me fizeram crescer pessoal e profissionalmente e por terem, cada um à sua maneira, contribuído para minha formação durante o curso do mestrado.

Ao professor Aldi Fernandes e sua equipe, com a qual aprendi a gostar de pesquisa, pela amizade, longas conversas e orientações, desde a primeira semana de graduação, me ensinando os primeiros passos no meio científico.

Ao professor Arthur Mascioli, por ter me aceito como orientada para a realização do estágio de docência, pelos valiosos ensinamentos, correções dos meus vícios, carinho e amizade.

Aos amigos e colegas da pós-graduação, em especial a Emanuel Stival e Reginaldo Jacovetti, pelos ensinamentos compartilhados, troca de experiências, além das aulas mais animadas, convivência alegre e companheirismo.

À ANCP, FAPEG e CAPES pelo auxílio financeiro e concessão da bolsa de estudo para a condução do mestrado.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, torcendo e me apoiando.

**Muito obrigado!**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	5
2.1 Precocidade sexual e sua importância na produção animal.....	5
2.2 Puberdade e fatores que afetam o seu desencadeamento.....	8
2.3 Critérios de seleção para bovinos de corte .....	11
2.3.1 Características de crescimento.....	12
2.3.2 Características reprodutivas .....	14
2.3.3 Características de carcaça .....	19
2.3.4 Características visuais.....	20
2.4 Análise genética de características lineares .....	21
2.4.1 Parâmetros Genéticos .....	22
2.4.1.1 Herdabilidade.....	23
2.4.1.2 Correlação genética e fenotípica.....	24
2.4.2 Estimação de componentes de variância pelo método frequentista.....	26
2.4.2.1 Métodos da máxima verossimilhança (ML) e máxima verossimilhança restrita (REML).....	27
2.4.3 Tendências genéticas e fenotípicas .....	31
2.5 Análises Multivariadas .....	33
2.5.1. Análise discriminante .....	34
3. REFERÊNCIAS .....	37
<b>CAPÍTULO 2 – ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E CARCAÇA EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL</b> .....	50
1. INTRODUÇÃO .....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	54
2.1 Localização do experimento e descrição do banco de dados .....	54
2.2 Manejo reprodutivo, alimentar e sanitário dos animais .....	54
2.3 Variáveis analisadas .....	55
2.3.1 Características produtivas, reprodutivas e de carcaça .....	55
2.4 Análise e interpretação de dados .....	57

2.4.1 Modelo animal .....	57
2.4.2 Determinação dos parâmetros genéticos e fenotípicos .....	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
4. CONCLUSÃO .....	96
5. REFERÊNCIAS .....	97
<b>CAPÍTULO 3 – ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL.....</b>	<b>103</b>
1. INTRODUÇÃO .....	105
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	107
2.1 Localização do experimento e descrição do banco de dados .....	107
2.2 Manejo reprodutivo, alimentar e sanitário dos animais .....	107
2.3 Variáveis analisadas .....	108
2.3.1 Características reprodutivas .....	108
2.4 Análise e interpretação de dados .....	110
2.4.1 Modelo animal .....	111
2.4.2 Determinação dos parâmetros genéticos e fenotípicos .....	113
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	116
4. CONCLUSÃO .....	140
5. REFERÊNCIAS .....	141
<b>CAPÍTULO 4 – ESTUDOS DAS RELAÇÕES ENTRE OCORRÊNCIA DE PREENHIZ PRECOCE E CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARÇAÇA E ESCORES VISUAIS EM BOVINOS DA RAÇA NELORE, UTILIZANDO ANÁLISE DISCRIMINANTE MULTIVARIADA.....</b>	<b>145</b>
1. INTRODUÇÃO .....	147
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	149
2.1 Localização do experimento e descrição do banco de dados .....	149
2.2 Manejo reprodutivo, alimentar e sanitário dos animais .....	149
2.3 Variáveis analisadas .....	150
2.4 Análise de associação de características crescimento, carcaça e escores visuais sobre a ocorrência de prenhez precoce .....	153
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	155
4. CONCLUSÃO .....	166

5. REFERÊNCIAS .....	167
<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>172</b>

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 2 - ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E CARÇA EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL**

- FIGURA 1 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso ao nascer (PN) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014 .....85
- FIGURA 2 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso aos 120 e 210 dias de idade (P120 e P210) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....86
- FIGURA 3 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso aos 365 e 465 dias de idade (P365 e P450) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....87
- FIGURA 4 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para ganho em peso pré-desmame (GMDPRE) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....88
- FIGURA 5 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para ganho médio pós-desmame (GMDPOS) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....89
- FIGURA 6 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para área de olho de lombo (AOL) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....89
- FIGURA 7 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para espessura de gordura subcutânea entre a 12 e 13° costela (EG) e na garupa (EGP8) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....90
- FIGURA 8 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para marmoreio (MAR) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....91
- FIGURA 9 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso de carcaça quente (PCQ) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....92
- FIGURA 10 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso da porção comestível (PPC) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. 93
- FIGURA 11 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....94

### **CAPÍTULO 3 - ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL**

FIGURA 1 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade (PE365 e PE450) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....	133
FIGURA 2 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para período de gestação (PG) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....	134
FIGURA 3 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para período de serviço (PS) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....	135
FIGURA 4 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para intervalo de parto (IDP) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....	135
FIGURA 5 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para fertilidade real (FR) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014. ....	136
FIGURA 6 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para produtividade acumulada (PAC) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014... ..	137
FIGURA 7 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para relação do peso a desmama (RD) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014... ..	138
FIGURA 8 - Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.....	138
<b>CAPÍTULO 4 - ESTUDOS DAS RELAÇÕES ENTRE OCORRÊNCIA DE PREENHEZ PRECOCE E CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARCAÇA E ESCORES VISUAIS EM BOVINOS DA RAÇA NELORE, UTILIZANDO ANÁLISE DISCRIMINANTE MULTIVARIADA</b>	
FIGURA 1 - Avaliação Funcional do Programa Nelore Qualitas. ....	152

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 2 - ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E CARÇA EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL**

- TABELA 1 - Estatística descritiva das características de crescimento, carcaça e precocidade sexual em bovinos da raça Nelore. ....63
- TABELA 2 - Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as características de crescimento, carcaça e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore. ....66
- TABELA 3 - Correlações genéticas aditivas (acima da diagonal) e correlações residuais (abaixo da diagonal) com seus respectivos erros padrão (entre parênteses) entre características de crescimento, carcaça e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore. ....71

### **CAPÍTULO 3 - ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL**

- TABELA 1 - Estatística descritiva das características de reprodução e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore.....116
- TABELA 2 - Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore.....119
- TABELA 3 - Estimativas das correlações genética (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) e seus respectivos erros padrão (entre parênteses), entre as características reprodutivas e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore ... .....124

### **CAPÍTULO 4 - ESTUDOS DAS RELAÇÕES ENTRE OCORRÊNCIA DE PRENHEZ PRECOCE E CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARÇA E ESCORES VISUAIS EM BOVINOS DA RAÇA NELORE, UTILIZANDO ANÁLISE DISCRIMINANTE MULTIVARIADA**

- TABELA 1 - Estatística descritiva para características de crescimento e carcaça em fêmeas da raça Nelore. ....156
- TABELA 2 - Estatística descritiva para características de escores visuais em fêmeas da raça Nelore. ....157
- TABELA 3 - Resultados da análise discriminante para características de crescimento e carcaça entre fêmeas precoces e convencionais. ....158
- TABELA 4 - Resultados da análise discriminante para características funcionais entre fêmeas precoces e convencionais... .....163

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3P	Probabilidade de parto precoce
ANCP	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
AOL	Área de olho de lombo
BLUP	Melhor preditor linear não viesado
CIVP	Classe da idade da vaca ao parto
CV	Coefficiente de variação
EG	Espessura de gordura subcutânea
EGP8	Espessura de gordura na garupa
FR	Fertilidade Real
FSH	Hormônio Folículo estimulante
GC	Grupos de contemporâneos
GLM	General Linear Models
GMD	Ganho médio diário
GMDPOS	Ganho médio pós-desmame
GMDPRE	Ganho médio pré-desmame
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofina
IDP	Intervalo de Partos
IPC	Idade à primeira concepção
IPP	Idade ao Primeiro Parto
IVP	Idade da vaca ao parto
LH	Hormônio luteinizante
MAR	Marmoreio
MIVQUE	Estimador quadrático não viesado de variância mínima
ML	Máximo verossimilhança
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
PAC	Produtividade Acumulada
PCQ	Peso da carcaça quente
PE	Perímetro escrotal
PE365	Perímetro escrotal aos 365 dias de idade
PE450	Perímetro escrotal aos 450 dias de idade
PG	Período de Gestação
PN	Peso ao Nascer
PP	Prenhez precoce
PPC	Peso da porção comestível
PS	Período de serviço
RD	Relação do peso a desmama
REML	Máximo verossimilhança restrita

## RESUMO

A eficiência reprodutiva de bovinos, bem como a antecipação da puberdade, traz efeitos positivos nos índices zootécnicos e também na rentabilidade dos sistemas de produção. Assim, objetivou-se neste estudo estimar os parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas para características de crescimento, carcaça e reprodutivas, em um rebanho de bovinos da raça Nelore sob seleção para precocidade sexual, tendo como critério de seleção as características de idade à primeira concepção e ao primeiro parto. Além disso, objetivou-se também avaliar, através de análises multivariadas, dentre as características de crescimento, carcaça e escores visuais, quais discriminam a prenhez precoce. Foram estimados os parâmetros genéticos para as características de peso a nascer (PN), peso aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, ganho médio diário pré e pós-desmame (GMDPRE e GMDPOS), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), marmoreio (MAR), peso da carcaça quente (PCQ), peso da porção comestível (PPC), perímetro escrotal aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, período de gestação (PG), período de serviço (PS), intervalo de parto (IDP), fertilidade real (FR), produtividade acumulada (PAC), relação do peso à desmama (RD), idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP). Os dados foram fornecidos pela Fazenda Vera Cruz e pelo Programa de Melhoramento Genético Nelore Brasil, coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Os componentes de (co)variância foram obtidos por meio do método de Máxima Verossimilhança Restrita, disponível no pacote BLUPF90, em análises uni e bicaracterísticas, utilizando o modelo animal. As estimativas de herdabilidade obtidas para PN (0,39), P120 (0,32), P210 (0,31), P365 (0,33), P450 (0,34), GMDPRE (0,23), GMDPOS (0,27), AOL (0,39), EG (0,34), EGP8 (0,34), MAR (0,38), PCQ (0,39), PPC (0,39), PE365 (0,33), PE450 (0,33), PG (0,23), PS (0,34), IDP (0,23), FR (0,21), PAC (0,23), RD (0,25), IPC (0,21) e IPP (0,24) indicaram possibilidade de seleção genética e incorporação no rebanho. As estimativas de herdabilidade materna para PN (0,06), P120 (0,08), P210 (0,07), P365 (0,05), P450 (0,11), GMDPRE (0,12), GMDPOS (0,08), PE365 (0,07) e PE450 (0,03) indicaram efeitos genéticos das matrizes no desempenho das progênes até a fase pós-desmame, para características de crescimento. As correlações genéticas estimadas entre as características de crescimento, entre crescimento e carcaça, entre as características de carcaça e entre as reprodutivas apresentaram valores de moderada magnitude, sendo todos favoráveis. As características indicadoras de precocidade sexual apresentaram coeficientes de correlação genética variando de -0,51 a -0,15; de -0,62 a -0,33; e de -0,61 a 0,14, com as características de crescimento, carcaça e reprodutivas, respectivamente. Os coeficientes de correlação genética foram, na maior parte dos casos, favoráveis. As tendências genéticas obtidas no presente estudo demonstraram, de modo geral, a eficácia da utilização dos critérios de seleção adotados, com ganhos genéticos satisfatórios. A seleção para precocidade sexual, com base na idade à primeira concepção, deverá promover mudanças genéticas no sentido contrário nas características de crescimento, carcaça e reprodutivas, sendo este efeito desejável. As características de peso ao nascer, espessura de gordura, ossatura, musculatura, profundidade, inserção da cauda e garupa foram as que apresentaram maior poder de discriminação para a prenhez precoce. Assim, essas características podem ser utilizadas como critérios de direcionamento de manejo e tomada de decisões práticas, a fim de possibilitar que os animais expressem prenhez precoce, orientando o criador na seleção prática de fêmeas para precocidade sexual.

**Palavras-chave:** avaliação genética, características produtivas, eficiência reprodutiva, puberdade, zebuínos

## ABSTRACT

The reproductive efficiency in cattle herds, as well as the anticipation of puberty, has positive effects on zootechnical indexes and on the profitability of production systems. Thus, the aim of this study was to estimate the genetic parameters and the genetic and phenotypic trends for growth, carcass, and reproductive traits in a Nellore cattle herd under selection for sexual precocity, given age at first conception and age at first calving as selection criterion. Furthermore, this study also aimed to evaluate, using multivariate analyzes, which traits, among growth, carcass and visual scores, better discern early pregnancy. Genetic parameters were estimated for birth weight (BW), weight at 120 (W120), 210 (W210), 365 (W365) and 450 (W450) days of age, average daily gain pre-weaning and post-weaning (ADGP<sub>PRE</sub> e ADGP<sub>POS</sub>), rib eye area (REA), backfat thickness (BF), rump fat thickness (RF), marbling (MAR), hot carcass weight (HCW), weight of edible portion (WEP), scrotal circumference at 365 (SC365) and 450 (SC450) days of age, gestation length (LG), days open (DO), calving interval (CI), real fertility (RF), cumulative productivity (CP), relation to weaning (RW), age at first conception (AFC<sub>Co</sub>) and age at first calving (AFC<sub>Ca</sub>). Data were provided by Vera Cruz Ranch and the National Association of Breeders and Researchers (ANCP). The covariance components were estimated using the Restricted Maximum Likelihood method, available on BLUPF90 package, in univariate and bivariate analyzes using animal model. The heritability estimated for BW (0.39), W120 (0.32), W210 (0.31), W365 (0.33), W450 (0.34), ADGP<sub>PRE</sub> (0.23), ADGP<sub>POS</sub> (0.27), REA (0.39), BF (0.34), RF (0.34), MAR (0.38), HCW (0.39), WEP (0.39), SC365 (0.33), SC450 (0.33), LG (0.23), DO (0.34), CI (0.23), RF (0.21), CP (0.25), RW (0.26), AFC<sub>Co</sub> (0.21) and AFC<sub>Ca</sub> (0.24) indicated the possibility of genetic selection. The maternal heritability estimated for BW (0.06), W120 (0.08), W210 (0.07), W365 (0.05), W450 (0.11), ADGP<sub>PRE</sub> (0.12), ADGP<sub>POS</sub> (0.08), SC365 (0.07) and SC450 (0.03) indicated genetic effects of the dam on the progeny performance, until the post-weaning phase, for growth traits. The genetic correlations estimated within growth traits, between growth and carcass traits, within carcass traits and reproductive trait were favorable and of moderate magnitude. The traits that indicate sexual precocity showed genetic correlation coefficients ranging from -0.51 to -0.15, -0.62 to -0.33 and -0.61 to 0.14, between growth, carcass and reproductive traits, respectively. Genetic correlation coefficients were, in most cases, favorable. The genetic trends obtained showed, in general, the effectiveness of the adopted selection criteria with satisfactory genetic gains. Selection for sexual precocity, based on age at first conception, shall promote opposite direction genetic changes on growth, carcass and reproductive traits, which is the desirable effect. Birth weight, fat thickness, bone structure, musculature, rib depth, tail and rump insertion were the traits that presented greater discrimination power for early pregnancy. Thus, these traits can be used as such management targeting criteria and decision-making practices, in order to enable animals to express early pregnancy, guiding the breeders in selecting females for sexual precocity.

**Keywords:** genetic evaluation, productive traits, puberty, reproductive efficiency, zebu

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil destaca-se como um dos maiores fornecedores de carne bovina do mundo, possuindo o segundo maior rebanho de bovinos, com aproximadamente 215 milhões de animais, chegando a abater cerca de 43,3 milhões de cabeças<sup>1</sup>. Apesar dos números expressivos, o sistema de produção brasileiro ainda é considerado aquém do seu potencial e também de baixa rentabilidade, em decorrência dos custos de produção, baixa remuneração e baixos índices zootécnicos. Esse patamar é atribuído, além das deficiências de manejo sanitário, nutricional e reprodutivo, ao baixo potencial genético do rebanho<sup>2</sup>.

O rebanho brasileiro é constituído, principalmente, por raças zebuínas, que correspondem por 80% do efetivo bovino nacional. Dentre essas, a raça Nelore é a principal representante e equivale a 90% do rebanho zebuino brasileiro<sup>3</sup>. Isso porque essa raça apresenta grande potencial de adaptação ao ambiente tropical, em função da tolerância ao calor, resistência a parasitas e alto desempenho produtivo<sup>4</sup>. Por outro lado, animais zebuínos são considerados tardios sexualmente<sup>5</sup>.

Visando contornar esse problema, melhorar os índices reprodutivos, incrementar a produtividade e, conseqüentemente, a lucratividade, a pecuária de corte está passando por diversas transformações que tem como foco principal a busca por tecnologias que possibilitem atingir esses objetivos, principalmente, relacionadas ao potencial genético dos animais para a reprodução.

As características reprodutivas apresentam grande influência na rentabilidade de um rebanho de corte, chegando a ser, em índices de seleção, 13,46 vezes mais importantes economicamente do que características de crescimento<sup>6</sup>. Isso porque, a eficiência econômica dos sistemas de produção pecuários está vinculada a produção de bezerros e bezerras, sendo esses destinados à reposição do rebanho ou à produção de carne para venda, sendo, assim, fonte de receita<sup>7</sup>. Desta forma, a rentabilidade do sistema de produção, além da eficiência reprodutiva, também está associada à precocidade sexual, que permite antecipar o período de vida reprodutiva das fêmeas e aumentar o número de bezerros produzidos por matriz<sup>8</sup>, pois esse depende da idade de entrada na fase reprodutiva.

A identificação de fêmeas sexualmente maduras em idades mais precoces e que apresentem potencial para transmissão dessa característica para a sua progênie, traz grande

impacto econômico para o sistema produtivo. O aumento da precocidade sexual e da fertilidade de um rebanho refletem na lucratividade através da redução do ciclo de produção, aumento da permanência da fêmea no rebanho e a amortização dos custos de manutenção dos animais<sup>9</sup>. Isso se deve ao maior número de bezerros produzidos ao longo de toda a vida produtiva dos animais precoces<sup>10</sup> e à redução das categorias improdutivas (compostas pelas fêmeas de um e dois anos que ainda não entraram em reprodução) e do tempo de permanência dos animais nas fazendas, liberando áreas para outras categorias (como fêmeas em reprodução), reduzindo o custo por unidade e melhorando a qualidade do produto<sup>11</sup>.

A seleção para precocidade sexual também contribui para o aumento do potencial genético do rebanho, pois, permite, não só a obtenção de um maior número de animais, como também que o ciclo produtivo seja reduzido ao expor animais mais jovens à reprodução, o que, conseqüentemente, diminui o intervalo de gerações, contribuindo para o progresso genético<sup>12</sup>.

A melhoria da eficiência reprodutiva e o aumento da precocidade sexual podem ser obtidos ao se identificar e multiplicar os melhores genótipos dentro do rebanho e proporcionar as condições ambientais que permitam a expressão desses genes. Esta identificação é realizada pela adoção de características que possam ser utilizadas como critérios de seleção<sup>13</sup>. Assim sendo, a inclusão de características reprodutivas nos programas de melhoramento é essencial para a maximização da eficiência econômica dos rebanhos.

Apesar disso, as características reprodutivas são colocadas em segundo plano nos programas de seleção genética por parte dos produtores, que têm dado ênfase, principalmente, às características de desempenho. Dentre os motivos para as características reprodutivas não serem amplamente consideradas em programas de melhoramento genético estão a impossibilidade de mensuração em ambos os sexos; grande intervalo de geração, ao se tratar de fêmeas, resultando em baixa resposta à seleção; dificuldade de mensuração e interpretação; e baixa herdabilidade de algumas dessas características<sup>14,15</sup>.

Por outro lado, tem sido observado grande variabilidade genética no desempenho reprodutivo de bovinos, além de uma relação favorável entre as diferentes características reprodutivas e também entre essas características com as características de desempenho ponderal e carcaça, o que viabiliza a inclusão delas nos programas de seleção e também possibilita a obtenção de progresso genético do rebanho<sup>12,14,16-22</sup>.

Diante desse fato e associada à importância produtiva e econômica dessas características, a busca por eficiência reprodutiva e, conseqüentemente, precocidade e

fertilidade sexual apresentou maior adoção no meio científico, sendo aplicada também nos sistemas de produção e em larga escala. Surgindo, assim, a necessidade de avaliar os critérios que possam ser utilizados para identificação e seleção de animais precoces sexualmente e que apresentem maior eficiência reprodutiva.

Quando se deseja mensurar e elevar a eficiência reprodutiva de fêmeas, o critério mais confiável para os programas de melhoramento genético é a idade à puberdade, pois, além de ser indicador da precocidade sexual dos animais, também indica o início da atividade reprodutiva das fêmeas<sup>16</sup>. Além disso, essa característica apresenta herdabilidade moderada (0,31 de acordo com Laster et al.<sup>23</sup>; 0,40 para Martin et al.<sup>24</sup>; 0,47 para Splan et al.<sup>25</sup>), o que justifica a adoção da idade à puberdade como critério de seleção de novilhas, privilegiando-se aquelas que a manifestam o mais precocemente possível<sup>16</sup>.

A idade à puberdade é influenciada por fatores genéticos e ambientais, como manejo nutricional e reprodutivo. Assim, outras características como as relacionadas ao crescimento e a carcaça, podem estar associadas à antecipação da puberdade<sup>26</sup>, o que facilitaria a seleção para precocidade sexual. Isso porque os critérios de seleção genética diretos para a redução da idade à puberdade não são facilmente caracterizados, são de difícil mensuração e envolvem avaliações complexas para a coleta de informações<sup>27</sup>, como detecção do primeiro estro, palpações retais ou ultrassonografia e até mesmo dosagem circulante de prostaglandina para confirmação da primeira ovulação<sup>16</sup>.

Devido às dificuldades operacionais para implementação de programas de seleção para idade à puberdade, faz-se necessário à identificação de características indicadoras de precocidade sexual, que apresentem variabilidade genética, sejam de fácil mensuração e tenham correlação genética favorável com a idade à puberdade e outras características economicamente importantes<sup>28</sup>. Dentre essas, podem ser citadas a idade à primeira concepção e ao primeiro parto, que, além de atender a esses requisitos; são características mensuradas diretamente nas fêmeas e indicadoras do objetivo final da seleção para precocidade sexual, que é a redução da idade de entrada na reprodução com um parto viável, e também apresentam facilidade de avaliação genética e herdabilidade moderada, o que sugere possível ganho genético<sup>12,22,29-31</sup>.

Independente das características utilizadas como critério de seleção, faz-se necessário acompanhar a evolução genética dos rebanhos, a fim de verificar a eficácia do processo de seleção e também realizar os ajustes e redirecionamentos necessários. Esse monitoramento pode ser realizado através de estudos de tendência genética das características

selecionadas ao longo dos anos. Os resultados desses estudos permitem também assegurar que a pressão de seleção seja direcionada para os objetivos econômicos do rebanho, além de auxiliar na definição dos mesmos<sup>22,32</sup>.

É sabido que as características são influenciadas por uma série de fatores, de forma que, para se obter sucesso no programa de seleção é imprescindível conhecer as associações genéticas e fenotípicas entre as características avaliadas no rebanho. Essas relações são avaliadas, comumente, pela correlação genética e fenotípica entre as características utilizadas como critério de seleção. Além disso, e dado o avanço das técnicas de computação, o conhecimento das relações entre as características também podem ser obtidos através da utilização de análises multivariadas, pois estas consideram simultaneamente todas as características avaliadas, gerando interpretações que as análises univariadas não permitiriam<sup>33</sup>.

Diante do exposto, há a necessidade do desenvolvimento de pesquisas para estimação dos parâmetros genéticos de características relacionadas à precocidade sexual e, também, que verifiquem como a seleção voltada para precocidade se associa às demais características consideradas nos programas de seleção genética.

Nesse âmbito, objetivou-se com o presente estudo estimar os parâmetros genéticos e as tendências genéticas e fenotípicas para características de crescimento, carcaça e reprodutivas, em um rebanho de bovinos da raça Nelore sob seleção para precocidade sexual, tendo como critério de seleção as características de idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP). Além disso, objetivou-se avaliar, através de análises multivariadas, as características de crescimento, carcaça e escores visuais que melhor discriminam a prenhez precoce.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Precocidade sexual e sua importância na produção animal

A eficiência econômica dos sistemas de produção de bovinos está diretamente relacionado com a melhoria da eficiência reprodutiva e com a diminuição da idade à puberdade<sup>34</sup>. Em novilhas zebuínas tem sido observada idade à puberdade variando de 22 a 36 meses<sup>35</sup>. Isso reflete na idade ao primeiro parto, que nos rebanhos brasileiros varia de 34 a 45 meses<sup>14,31,36-38</sup>. A avançada IPP é uma das principais causas do baixo resultado econômico dos criatórios de bovinos em regiões de clima tropical, muitas vezes, atribuída ao atraso do aparecimento do primeiro cio fértil<sup>26,27,36,39</sup>, além da menor pressão de seleção exercida nos criatórios de zebuínos em comparação aos de taurinos<sup>40</sup>.

Porém, estudos vêm demonstrando que a elevada idade à primeira parição é resultado da exposição tardia das fêmeas à reprodução por parte dos produtores, manejo realizado a fim de que as novilhas atinjam condição e peso corporal adequados para que não haja comprometimento do desempenho futuro<sup>38,41</sup>. Isso ocorre porque algumas das características indicadoras de precocidade sexual apresentam baixa herdabilidade, são de difícil mensuração e interpretação. Assim, a determinação de uma idade ou peso para início da vida reprodutiva é encarada como um manejo mais fácil, apesar de não ser o mais vantajoso<sup>38</sup>. Os resultados obtidos nessas pesquisas permitem inferir que a entrada tardia na reprodução é fator mais relacionado ao manejo em que os animais são submetidos do que à fatores intrínsecos dos mesmos, como o potencial genético.

Por outro lado, existe alta variabilidade genética para idade à puberdade e ao primeiro parto e para prenhez precoce (PP)<sup>8,38,42</sup> em zebuínos, o que viabiliza a seleção e também a obtenção de ganhos genéticos para precocidade sexual. Além disso, a variabilidade genética de IPP e a herdabilidade são maiores quando as fêmeas são expostas ao reprodutor, ou inseminadas em menor idade, em torno de 12 a 18 meses de idade<sup>8,38</sup>; manejo que consiste no desafio de fêmeas, tal como o programa de seleção para precocidade sexual da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP)<sup>43</sup>.

O desafio para precocidade sexual, como o programa desenvolvido pela ANCP, consiste na exposição das novilhas a reprodução, entre 11 e 20 meses de idade. Todas as novilhas do rebanho são inseminadas ou expostas a touros durante a estação de monta e submetidas às mesmas condições ambientais. Ao final da estação de monta, é realizado

diagnóstico de gestação, mediante palpação retal ou avaliação de ultrassonografia, sendo que as novilhas prenhes são consideradas precoces e as demais convencionais<sup>43</sup>. Desse modo, as fêmeas precoces sexualmente são aquelas que apresentam aptidão para reprodução em menor idade, se comparada com a média da raça ou da população avaliada<sup>44</sup>. Os dados obtidos a campo dão origem e possibilitam a avaliação das características utilizadas como critério de seleção para precocidade sexual, tais como probabilidade de parto precoce (3P), idade à primeira concepção e ao primeiro parto<sup>22,26,31,37,43,45</sup>.

Apesar da eficiência reprodutiva e da precocidade sexual serem afetadas pelas condições de ambiente, a seleção genética pode resultar em benefícios econômicos de forma mais gradual que alterações no manejo, mas também mais duradouras, em consequência da alteração da frequência gênica do rebanho como um todo<sup>22,36</sup>, o que dá respaldo a seleção genética para precocidade sexual.

O desempenho produtivo das novilhas depende da idade em que essas entram em reprodução. Fêmeas que atingem a puberdade de forma antecipada também tendem a apresentar maior habilidade de permanência no rebanho<sup>46</sup>, visto que tem sido observada alta correlação genética entre prenhez precoce e a longevidade da vaca<sup>47</sup>. Assim, ao se selecionar para precocidade sexual, realiza-se seleção indireta para longevidade e quanto mais cedo as fêmeas apresentarem o primeiro parto maior será a duração da sua vida reprodutiva. Ademais, novilhas que atingem a maturação sexual mais jovens também tendem a apresentar menores intervalos de partos<sup>45</sup>. Desta forma, as vantagens econômicas advindas da seleção para precocidade sexual se baseiam, principalmente, no maior número de filhos por matriz<sup>38</sup>.

A seleção para precocidade sexual também resulta na amortização dos custos de criação e na redução dos custos de manutenção de novilhas em desenvolvimento, além da rápida recuperação do capital investido<sup>48</sup>. De fato, estudos de simulação desenvolvidos por Potter et al.<sup>49</sup> e Teixeira et al.<sup>50</sup> demonstram que há aumento na taxa de desfrute e na receita oriundos da antecipação da idade ao primeiro parto.

Em sistemas cujos os animais apresentam à primeira parição aos quatro anos de idade, são observadas taxas de desfrute em torno de 10%, enquanto em sistemas cuja a idade a primeira parição ocorre aos três anos de idade esse índice pode ser quase duplicado, e em sistemas com o primeiro parto aos 24 meses, a taxa de desfrute pode atingir 40%. Em consonância com esses estudos, Eler et al.<sup>31</sup> citam que a redução do primeiro parto de três para dois anos produz um aumento de 16% no retorno econômico do sistema de produção.

Com isso, rebanhos submetidos à seleção para antecipação do primeiro parto apresentam acréscimo na receita bruta da atividade e também na rentabilidade<sup>6,27,39,51</sup>.

Dada a necessidade de que as novilhas de raças de origem zebuínas atinjam pelo menos 65% do peso adulto para serem expostas à reprodução e possam emprenhar, gerar e vir a parir um bezerro sadio, são necessários manejos nutricional, sanitário e reprodutivo para que as fêmeas atinjam peso e condição corporal adequados<sup>52</sup>. A adoção de manejo com essa finalidade poderia resultar em maior custo de produção. Contudo, estudos demonstram que se a primeira prenhez acontecer aos 14 meses, ao invés dos 24 meses, os custos de produção diminuem, mesmo com manejo preparatório para as fêmeas<sup>46,53</sup>.

Mesmo em sistemas nos quais as fêmeas não são submetidas às condições que permitam atingir o peso mínimo para exposição à reprodução, ao serem adotados esse manejo e elevarem os custos variáveis advindos da alimentação, o custo do capital de formação da matriz será reduzido, pois ela entrará em reprodução de forma antecipada, gerando pelo menos um bezerro a mais ao final da vida reprodutiva. Sendo assim, quanto mais jovens as novilhas ficarem prenhes, mais compensador é para o sistema, em termos financeiros<sup>53</sup>.

Além dos benefícios econômicos e produtivos, a seleção para precocidade sexual possibilita redução no intervalo de gerações. Esse efeito é atribuído a possibilidade de as fêmeas serem utilizadas mais jovens, assim que atingem a puberdade<sup>54</sup>. Rebanhos sujeitos a seleção para precocidade e fertilidade sexual possuem maior disponibilidade de animais, seja para seleção ou para venda. Assim, o aumento da precocidade sexual também aumenta a eficácia dos programas de seleção genética, pois permite aumentar a intensidade de seleção, com a substituição de animais em menor período de tempo, renovando o material genético e aumentando a taxa de desfrute dos animais, o que leva ao aumento na produção e disponibilidade de carne e também da rentabilidade dos sistemas<sup>48</sup>.

A relação entre progresso genético e intervalo de gerações é inversamente proporcional, assim, a medida que reduz o intervalo de gerações, o progresso genético aumenta. Já a intensidade de seleção e o progresso genético apresenta relação diretamente proporcional, de forma que o aumento de um promove aumento simultâneo do outro e na mesma direção<sup>55,56</sup>. Desta forma, a maior intensidade de seleção em conjunto com a redução do intervalo de gerações reflete no maior progresso genético. Ademais, dada a influência das características relacionadas à precocidade sexual na produtividade, rentabilidade e no progresso genético, a adoção dessas como critérios de seleção e utilização em programas de

seleção genética é fundamental ao sucesso econômico, produtivo e genético dos sistemas de bovinos de corte<sup>6,22,31,44,53,57-59</sup>.

## **2.2 Puberdade e fatores que afetam o seu desencadeamento**

A puberdade é definida como um marco no qual os animais obtêm a capacidade de se reproduzir, apresentando o primeiro cio e ovulação nas fêmeas. Esse conceito não é sinônimo de maturidade sexual, embora sejam dependentes<sup>60</sup>. Mesmo que um animal já tenha se apresentado púbere com a primeira ovulação, a maturidade sexual só é atingida após três ou quatro ciclos estrais consecutivos e completos, acompanhados de sinais de estro. Assim, a maturidade sexual é um processo gradual que tem início com a puberdade, e a fertilidade aumenta nos ciclos estrais subsequentes<sup>61</sup>.

Ao atingir a puberdade, as fêmeas passam a apresentar ciclicidade ovariana, possibilitada devido o desenvolvimento folicular, que culmina na manifestação do estro e a capacidade de se tornar gestante<sup>62</sup>. Esta fase envolve a transição entre um período de inatividade ovariana para um no qual as ovulações ocorrem de forma regular<sup>63</sup>.

O desencadeamento da puberdade, seguida da maturidade sexual, é um processo ocasionado por um complexo mecanismo neuro-endócrino, controlado por uma série de eventos hormonais, sendo a etapa final de inúmeras alterações fisiológicas e morfológicas, afetadas por diversos fatores<sup>60</sup>. Para obtenção de animais mais precoces, seja através da seleção genética ou de técnicas de manejo, faz-se necessário o conhecimento desse processo e dos fatores de influência, a fim de determinar as técnicas de manejo mais adequadas e também as características que podem ser utilizadas como critérios de seleção. Dentre eles, podem ser citados fatores intrínsecos do animal, como o componente genético, racial, idade e condição corporal; e também fatores ambientais, nutricionais e reprodutivos, que podem ser manipulados através de práticas de manejo<sup>64</sup>.

Os processos que levam ao desencadeamento da puberdade ocorrem devido à diminuição da sensibilidade do hipotálamo ao feedback negativo de estradiol, ocasionada pela redução do número de receptores desse hormônio no hipotálamo e na adeno-hipófise. Essa redução, que ocorre progressivamente com o avançar da idade dos animais, permite o aumento da secreção de gonadotrofinas e também da resposta as mesmas, além do aumento do desenvolvimento folicular<sup>65,66</sup>, sendo provocada por sinais originados internamente que estão relacionados ao crescimento corporal, ou também dependentes de fatores externos<sup>67</sup>. As

alterações nas respostas dos neurotransmissores estimulatórios e inibitórios são resultados da maturação do eixo hipotalâmico-hipofisário, regulado pela idade e disponibilidade de energia<sup>66</sup>, que influenciam as taxas de crescimento e desenvolvimento corporal<sup>68</sup>.

No período que antecede a puberdade das fêmeas, o declínio progressivo da resposta hipotalâmica ao estradiol é seguido do aumento da estimulação hipofisária e da secreção de altas concentrações de hormônio luteinizante (LH), como resultado da secreção de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH)<sup>65</sup>. O aumento da pulsatilidade de LH atua nas gônadas favorecendo o crescimento de folículos antrais e a síntese de estradiol. Esse hormônio, por sua vez, induz o comportamento estral e a liberação de uma onda pré-ovulatória de LH, que resulta na ovulação<sup>66</sup>.

Para que a gestação, parto e lactação ocorram de forma normal é necessário que o animal esteja próximo de completar o desenvolvimento e crescimento, sinalizando assim que o gasto de energia com essas etapas da vida está diminuindo, podendo ser direcionadas à reprodução. Essa sinalização é realizada através da redução da sensibilidade do hipotálamo ao estradiol<sup>65,69</sup>. Desse modo, esses mecanismos endócrinos e alterações hormonais culminam na puberdade e ativação do sistema reprodutivo<sup>69</sup>.

Os mecanismos fisiológicos envolvidos na manifestação da puberdade estão diretamente relacionados com a composição genética dos animais. Um exemplo clássico são as diferenças reprodutivas entre zebuínos e taurinos, sendo os primeiros considerados mais tardios<sup>5</sup>. Via de regra, as diferenças entre essas subespécies são atribuídas a variação no ambiente onde elas foram originalmente exploradas, bem como ao processo de seleção ao qual elas foram submetidas, sendo os zebuínos submetidos à menor pressão de seleção para características relacionadas à precocidade e fertilidade sexual<sup>70</sup>. Com isso, as fêmeas zebuínas atingem a puberdade com peso e idade mais elevados, quando comparadas as fêmeas taurinas<sup>67,70</sup>.

Ademais, a puberdade é um processo complexo que envolve diferentes órgãos do corpo animal influenciados por fatores de origem hereditária, determinado pelo componente genético<sup>40</sup> e associado à taxa de crescimento e peso corporal, fatores os quais também são influenciados pelo potencial genético. Por outro lado, por terem sido submetidos a menor pressão de seleção, as raças zebuínas sofreram menor interferência humana apresentando maior variabilidade genética, que raças taurinas, com conseqüente maior potencial de seleção<sup>71</sup>.

Um dos principais fatores ambientais que influenciam a puberdade é o nível nutricional e, conseqüentemente, o peso corporal, principalmente, em situações onde as exigências nutricionais dos animais não são supridas, seja pela falta de forragem ou alimento suplementar<sup>36</sup>. Assim, condições de manejo alimentar e ambientais associadas à sazonalidade na disponibilidade e qualidade das pastagens podem prejudicar o ganho em peso, o desenvolvimento e o crescimento animal e, com isso, atrasar o início da vida reprodutiva e os demais ciclos estrais<sup>72</sup>.

A deficiência nutricional em novilhas exerce efeito negativo na secreção de hormônios ligados a reprodução pelo hipotálamo, atrasando a primeira ovulação. Por outro lado, a nutrição adequada influencia a reserva corporal que, por sua vez, influencia a secreção de hormônios reguladores dos efeitos relacionados com o desencadeamento da puberdade. A associação do desencadeamento da puberdade com a nutrição pode ser atribuída à influência dessa segunda sobre os pulsos de LH, provavelmente, pela modulação da liberação de GnRH, antecipando a manifestação da puberdade<sup>73</sup>.

Maiores taxas de ganho em peso durante a fase que antecede a entrada na reprodução proporcionam maior e mais rápido desenvolvimento do aparelho reprodutivo, levando à antecipação da puberdade, além de maiores taxas de prenhez e fertilidade. Portanto, o peso e o ganho em peso estão diretamente relacionados a idade à puberdade, de forma que o manejo das novilhas deve ser direcionado para estimular os mesmos e garantir que elas atinjam peso mínimo para conceberem<sup>66,68,70,71,73</sup>. De fato, Silva et al.<sup>74</sup>, ao avaliarem novilhas em diferentes idades de acasalamento, observaram que a antecipação da idade de entrada da reprodução de 24 para 18 meses de idade é biologicamente possível. Em adição, os autores citam que os índices reprodutivos podem ser melhorados se as fêmeas foram submetidas, na fase de recria, à um manejo nutricional que permita maiores ganhos em peso.

Embora os bovinos não sejam considerados animais sazonais, visto que o nível nutricional influencia a manifestação da puberdade e os sistemas brasileiros são baseados, principalmente, em pastagem sujeitas à sazonalidade de produção, a estação e mês de nascimento também apresentam impacto na idade das fêmeas à puberdade. Desta forma, para estabelecer a melhor época para a estação de monta, bem como para expor as fêmeas à reprodução devem ser levados em consideração os efeitos do mês e estação de monta<sup>36,75</sup>. De fato, Silveira et al.<sup>39</sup>, avaliando dados de bovinos da raça Nelore à pasto, observaram média de 41,93 meses para idade ao primeiro parto, com influência do mês de nascimento das novilhas, apresentando tendência de decréscimo na idade à primeira parição a partir de agosto (43,70

meses) e a menor idade em novembro (39,47 meses). Apesar de os autores atribuírem, parcialmente, esta diferença ao atraso da inseminação das novilhas que nasceram no início da estação de monta por parte dos produtores, a principal explicação é devido a sazonalidade da produção de forragens e variação no nível nutricional, sendo que as fêmeas nascidas no final da estação encontram melhores condições de qualidade e disponibilidade de pastagens. Assim, as condições climáticas influenciam o desencadeamento da puberdade nas fêmeas e a idade à primeira parição, evidenciando ser essas características dependentes das condições nutricionais, às quais os animais são submetidos.

O manejo reprodutivo ao qual as fêmeas são submetidas também influencia o desencadeamento da puberdade, por fatores como a idade em que as fêmeas são expostas aos machos, que atuam como bioestimulação para que as novilhas iniciem a vida reprodutiva<sup>59</sup>. O efeito da bioestimulação, que consiste na permanência de novilhas com touros ou fêmeas sexualmente maduras no período que antecede a estação de monta tem demonstrado ser uma alternativa viável para antecipar a idade à puberdade, através da estimulação da atividade reprodutiva pela ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal<sup>76</sup>.

O manejo e o status sanitário também exercem efeito sobre a idade à puberdade de novilhas, por estarem diretamente relacionados com o consumo, ganho em peso e peso corporal. Enfermidades prejudicam o desenvolvimento dos animais, principalmente, os jovens por serem mais susceptíveis e possuem sistema imune ainda em adaptação, com isso retardam a maturação corporal<sup>77</sup>.

### **2.3 Critérios de seleção para bovinos de corte**

A crescente importância econômica da bovinocultura de corte vem acompanhada da busca por novas técnicas de manejo e de melhoramento genético que resultam no aumento da eficiência dos animais. Para tal, são utilizadas características como critérios de seleção que possibilitam a identificação de animais com potencial genético superior e apresentem impacto na sustentabilidade produtiva e econômica do sistema de produção, sendo que esses critérios podem variar de acordo com o interesse do sistema produtivo.

Em trabalho clássico, Ponzoni e Newman<sup>78</sup> definiram critérios de seleção como sendo as características que devem ser mensuradas para possibilitar a avaliação dos animais e prever o valor genético dos mesmos. Desta forma, os critérios de seleção são as características utilizadas para avaliar os animais a fim de atender os objetivos de seleção, que,

por sua vez, são as características que apresentam importância econômica para o sistema de produção e, assim, a seleção genética tem como objetivo melhorar essas características.

### 2.3.1 Características de crescimento

Dentre os critérios de seleção utilizados para bovinos de corte, as características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento de bovinos, tais como peso corporal e ganho médio diário, têm recebido maior ênfase por parte dos melhoristas, sendo as primeiras a serem incluídas em programas de melhoramento genético<sup>79</sup>. A alta adoção destas características como critério de seleção justifica-se por elas serem de fácil obtenção e também apresentar herdabilidade de média a alta magnitude, o que resulta em elevado progresso genético. Além disso, é o objetivo final da produção de bovinos de corte: a produção de carne<sup>80</sup>.

No grupo de características de crescimento, geralmente, são englobados os pesos ao nascer (PN), aos 120 dias de idade (P120), à desmama (210 dias de idade – P210), ao ano (P365), ao sobreano (P450) e à idade adulta. A utilização dos pesos em diferentes idades ocorre devido ao impacto que cada fase da vida do animal tem no seu desempenho e no do rebanho como um todo. Para pesos, são observados valores de herdabilidade de média a alta magnitude (0,22 a 0,74<sup>14,81,82,83</sup>). Além disso, são positivamente correlacionados entre si e com algumas características reprodutivas, como, por exemplo, o perímetro escrotal, indicando que além de responder à seleção genética, também podem auxiliar na seleção indireta, provocando melhorias em outras características<sup>14,82,83</sup>.

O peso ao nascer é utilizado para monitoramento do peso dos bezerros, evitando o aumento excessivo e conseqüente problemas de parto<sup>37</sup>. Além disso, o peso ao nascimento apresenta relação com a taxa de sobrevivência à desmama, como também com os pesos nas demais fases de desenvolvimento, podendo auxiliar na seleção de animais precoces<sup>19</sup>. Essa característica possui variabilidade de origem genética e não genética, sendo afetada, além dos efeitos genéticos, por fatores ambientais como manejo nutricional, idade da vaca ao parto (IVP), ano e estação de nascimento e período gestacional, sendo este o período que está sob maior influência ambiental<sup>84</sup>.

Os pesos na fase que antecedem a desmama (120 e 210 dias de idade) são utilizados com o intuito de avaliar a habilidade materna das matrizes e o potencial de crescimento dos bezerros, verificando-se a manifestação do efeito dos genes do próprio animal para crescimento (efeito direto) e também do efeito dos genes da matriz que

influenciam o desempenho da progênie (efeito materno)<sup>85</sup>. A influência da matriz nos pesos pré-desmama, que forma o ambiente materno, para o bezerro é considerada uma influência ambiental, porém, as diferenças entre o potencial materno das matrizes são determinadas por fatores genéticos e do meio. Assim, a matriz influencia o crescimento de sua progênie através dos genes que transmite e do ambiente materno que ela proporciona<sup>86</sup>.

Os pesos ao ano e sobreano (P365 e P450) permitem avaliar o potencial de crescimento após o desmame e também próximo a idade de abate, resultando no aumento do peso da carcaça final e também no abate precoce. Nessa fase, avalia-se o potencial do próprio animal, em termos de ganho em peso, crescimento e peso corporal, embora possa ser observado efeito residual do componente genético materno, que vai decrescendo à medida que se aumenta a idade do animal<sup>85</sup>. Quando o objetivo é intensificar o processo de seleção, existe a tendência de selecionar animais que atinjam pesos desejados com a maior precocidade produtiva possível<sup>87</sup>.

O peso adulto também é utilizado como critério de seleção, a fim de evitar animais com elevado tamanho corporal, o que aumentaria as exigências de manutenção, eficiência biológica e também custos de produção. Além disso, elevados pesos corporais à idade adulta pode resultar em animais mais tardios, com maior idade à puberdade ou idade à determinada taxa de maturidade. Desta forma, a importância da seleção para peso adulto tem como objetivo é a obtenção de animais com tamanho corporal mediano<sup>88</sup>.

A seleção de bovinos para crescimento também pode ser realizada com base nos ganhos em peso, comumente, divididos em ganho pré (GMDPRE) e pós-desmama (GMDPOS). O ganho em peso no período que antecede a desmama apresenta grande influência da habilidade maternal e condições ambientais, enquanto o ganho no período pós-desmame é influenciado pela capacidade individual do animal, mas também apresenta influência ambiental considerável.

O cálculo dos ganhos em peso auxilia no processo de seleção dos animais, podendo ser utilizados como substitutos ou em conjunto com as medidas de peso, visando a escolha de animais mais precoces, além de demonstrar o potencial de velocidade de ganho em peso e crescimento. Animais que apresentam crescimento rápido necessitam de menos dias para atingirem peso ideal para abate e/ou reprodução, sendo mais eficientes e possibilitando reduzir a duração do ciclo de produção<sup>89</sup>. Os ganhos pré e pós-desmame apresentam herdabilidade mediana, variando entre 0,20 a 0,35<sup>22,30</sup>, o que sugere viabilidade de seleção para esta característica. Além disso, essas características apresentam correlações positivas

com pesos corporais em diferentes idades<sup>22</sup> e negativas com idade ao primeiro parto<sup>17</sup>, podendo levar a respostas indiretas satisfatórias.

### **2.3.2 Características reprodutivas**

O melhoramento genético de características reprodutivas tem sido, de maneira geral, mais lento devido à baixa herdabilidade e a dificuldade de mensuração dos critérios de seleção para estas características. Contudo, a influência da reprodução na rentabilidade do sistema de produção de bovinos de corte e também na eficiência dos animais, resultou na adoção de algumas características reprodutivas como critério de seleção, sendo essa adoção mais recente que as características ponderais<sup>90</sup>.

A característica reprodutiva mais utilizada como critério de seleção é o perímetro escrotal (PE), visto que esse apresenta facilidade de mensuração, diferentemente de outras características reprodutivas, e em adição, apresenta variabilidade genética, alta confiabilidade e repetibilidade e é utilizada como indicador da qualidade espermática e produção de sêmen, além de estar associado a libido de touros e, conseqüentemente, maior fertilidade<sup>8</sup>.

O crescimento do perímetro escrotal em bovinos é, comumente, avaliado aos 365 e 450 dias de idade (PE365 e PE450), sendo que esse crescimento é inicialmente lento, seguido por uma tendência linear quadrática, apresentando crescimento acelerado entre 7 e 18 meses de idade, e uma posterior redução no crescimento, após a puberdade. Dessa forma, a seleção para perímetro escrotal realizada aos 365 dias de idade está relacionada à precocidade sexual, e a seleção aos 450 dias está relacionada à maior capacidade reprodutiva e também à fertilidade sexual<sup>13</sup>.

O perímetro escrotal apresenta estimativa de herdabilidade mais alta que outras características reprodutivas, apresentando maior facilidade de seleção e incorporação no rebanho. Os valores para herdabilidade de PE variam de 0,30 a 0,74<sup>8,14,18,91</sup>. Essa característica apresenta correlação genética favorável com outras características reprodutivas e de crescimento, tais como idade ao primeiro parto e pesos corporais<sup>91</sup>.

Contudo, tem sido observado correlações de baixa magnitude em algumas populações e é uma característica mensurada apenas em machos, sugerindo a necessidade de inclusão de outras características associadas ao perímetro escrotal e que possam ser mensuradas diretamente nas fêmeas, possibilitando a seleção para fertilidade, precocidade e eficiência reprodutiva, atingindo a melhoria no desempenho reprodutivo do rebanho<sup>8,14</sup>.

De fato, trabalhos de pesquisas demonstram que o progresso genético poderia ser maior, se ao invés de utilizarmos o PE como critério de seleção, fosse utilizado características mensuradas diretamente nas fêmeas, como a IPP<sup>31</sup>. Dentre essas características, a idade à puberdade, idade ao primeiro parto e à prenhez precoce estão entre as que apresentam maior relevância econômica, visto que marca o início da fase púbere com o aparecimento do cio fértil e também da vida reprodutiva da fêmea, determinando a probabilidade de parto precoce<sup>42</sup>.

O início da vida reprodutiva da fêmea bovina é marcado pelo início da puberdade, fase na qual ocorre o aparecimento do primeiro cio fértil, obtendo a capacidade de se tornar prenhe<sup>16</sup>. A análise dessa característica no campo é de difícil realização, pois necessita de avaliações complexas para a coleta de informações, como a observação do primeiro cio fértil, por meio de palpação retal ou ultrassonografia, ou estudos hormonais<sup>16,27</sup>.

Devido às dificuldades para avaliação da idade à puberdade, tem surgido a necessidade da avaliação de outras características que apresentem maior facilidade de mensuração e que possam ser utilizadas como critério de seleção para precocidade sexual, tais como a prenhez precoce e as idades a primeira concepção e ao primeiro parto.

Muitos estudos científicos têm sido realizados envolvendo a ocorrência ou probabilidade de prenhez precoce como critério de seleção para precocidade sexual, que é uma característica de limiar obtida da seguinte forma: dado que todas as novilhas tiveram oportunidade de conceber, é atribuído 1 (sucesso) para as que conceberam e 0 (fracasso) para as que falharam<sup>31</sup>.

Apesar de já existirem metodologias apropriadas para obtenção de parâmetros genéticos para características binárias, essas avaliações necessitam de maior volume de dados e também maior recurso computacional, além de terem sido observados em alguns estudos dificuldades para atingir a convergência da cadeia de Gibbs, uma vez que o algoritmo utilizado se caracteriza como um processo iterativo<sup>92</sup>. Desta forma, a adoção da probabilidade de prenhez precoce como critério de seleção pode ser limitada ou inviabilizada em algumas populações.

Como alternativa, a prenhez precoce pode ser diferentemente abordada como a idade ao acasalamento ou à concepção, como, por exemplo, prenhez precoce aos 14 ou 16 meses. Estas características apresentam coeficientes de herdabilidade de média a alta magnitude, com valores em torno de 0,51<sup>43,74</sup>. Além disso, no caso de zebuínos, a idade à primeira concepção, assim como a idade ao primeiro parto, estão relacionadas geneticamente

com a idade à puberdade, principalmente, quando as fêmeas iniciam a vida reprodutiva antes dos 24 meses de idade<sup>93</sup>. Dessa forma, a seleção para essas características implicará em seleção para idade à puberdade, através de características mensuradas diretamente nas fêmeas.

Assim como a prenhez precoce, a avaliação da idade à primeira concepção exige diagnóstico de gestação para confirmação, contudo, pode ser avaliada geneticamente como uma característica linear, o que possibilita a obtenção dos parâmetros genéticos relacionados à característica com uma base de dados menor, facilitando a avaliação, principalmente, de jovens rebanhos.

Os modelos de avaliação genética lineares têm sido preferidos em relação aos modelos de limiar, seja pela facilidade de aplicação ou pelo menor tempo gasto em processamento<sup>92</sup>. Além disso, apresenta maior facilidade de interpretação, já que os valores genéticos de probabilidade de prenhez precoce são apresentadas em porcentagem<sup>37,43</sup>, enquanto os valores para idade à primeira concepção poderão ser apresentados na própria unidade da característica, meses ou dias<sup>31,74</sup>.

A idade ao primeiro parto também tem sido utilizada como indicadora de precocidade sexual, pois, além de estar relacionada com a idade à puberdade dos animais, apresenta facilidade de mensuração<sup>37</sup> e não implica em custo adicional para coleta dos dados, diferentemente de idade à primeira concepção, apesar dessa última poder ser avaliada em animais mais jovens<sup>36</sup>.

As estimativas de herdabilidade para IPP variam de 0,15 a 0,36<sup>14,22,30,42</sup>, sugerindo que, apesar de variável, pode haver progresso genético como resultado da seleção direta para essa característica, sendo esses, possivelmente, maiores do que se fosse realizada seleção indireta para precocidade sexual utilizando o PE<sup>31</sup>. A IPP também apresenta resposta genética correlacionada com outras características reprodutivas, como perímetro escrotal<sup>14,8</sup>, e produtivas, como peso à desmama, ao ano e ao sobreano, sendo estas negativas<sup>22,30,29</sup>, indicando que fêmeas com maiores potenciais de crescimento entrarão na fase reprodutiva com menores idades. Também tem sido observado correlações genéticas negativas e favoráveis entre IPP e produtividade acumulada (PAC)<sup>29</sup>, o que permite inferir que a antecipação da vida reprodutiva leva a maior tempo de permanência no rebanho e melhora a eficiência reprodutiva como um todo.

Outra característica relacionada à reprodução de bovinos e utilizada como critério de seleção é o período de gestação (PG), sendo que fêmeas com menores períodos apresentam vantagens reprodutivas sobre fêmeas com gestação mais longa, estando relacionada com o

peso do bezerro ao nascer e com a prevalência de parto distócicos, muitas vezes, associado à maciça seleção para peso à desmama, que leva ao aumento do tamanho corporal dos animais. Quanto menor o período de gestação menor o peso ao nascimento, apesar de poderem ser desmamados mais pesados, por terem, em média, um intervalo maior entre o nascimento e a desmama. Embora a duração da gestação não seja uma medida direta de fertilidade de bovinos, ela influencia o número de dias para o parto, intervalo de partos e também idade ao primeiro parto. Períodos curtos de gestação também possibilitam que as fêmeas consigam atingir maior eficiência reprodutiva, por terem maior tempo de descanso entre o parto e o início da gestação seguinte<sup>37</sup>.

O período de gestação é, muitas vezes, associado à características relacionadas ao crescimento e ao peso ao nascer, a fim de aumentar a eficácia de seleção, pois é uma característica que apresenta baixa variabilidade genética<sup>94</sup>. Apesar de ser observada, de maneira geral, baixa variabilidade para esta característica, tem sido possível obter progresso genético, com herdabilidade de cerca de 0,26<sup>8,14</sup>. Além disso, apresenta correlação genética favorável com outras características reprodutivas, como perímetro escrotal e intervalo de parto<sup>14,8</sup>.

O intervalo de parto (IDP), que está associado ao período de gestação e de serviço de uma matriz, também pode ser utilizado como critério de seleção de bovinos, principalmente, em relação à eficiência reprodutiva. O IDP é definido como o período entre dois partos consecutivos. Assim, sua magnitude determina, em parte, o número de crias que uma matriz pode produzir durante a vida reprodutiva<sup>95</sup>. São observados na literatura, grande variação no coeficiente de herdabilidade de IDP, entre 0,01<sup>96</sup> a 0,32<sup>97</sup>, indicando que há grande influência ambiental e relacionadas ao manejo dos animais, mas também devido a variabilidade genética, permitindo, assim, a seleção e alteração dessa característica no rebanho, através do melhoramento genético. Também tem sido observado correlação favorável com outras características reprodutivas, como PE, sendo essa de magnitude negativa (-0,37)<sup>98</sup>; e IPP, sendo essa positiva (0,47)<sup>99</sup>.

O período de serviço (PS), que compõe o IDP, também tem sido estudado como critério de seleção para eficiência reprodutiva. Esta característica é calculada com base no intervalo entre um parto e a próxima cobertura fértil, sendo o período almejado por volta de 60 dias, visando obter um bezerro por matriz ao ano. O PS apresenta coeficientes de herdabilidade medianos, cerca de 0,32<sup>36</sup>, e correlação de alta magnitude com características reprodutivas como IPP (0,63)<sup>36</sup>.

A fertilidade real (FR), proposta por Lobo<sup>100</sup>, é calculada a partir do IDP e do peso ao desmame, sendo uma importante característica para avaliação, não apenas da eficiência reprodutiva, mas também da habilidade materna e mortalidade pré-desmame. Esta característica apresenta herdabilidade de 0,06 a 0,16<sup>39,101</sup>, apresentando influência não só de fatores genéticos, mas também grande influência ambiental, como mês e estação de parição, ordem de parto, sexo do bezerro, entre outros<sup>97</sup>. Tem sido observada correlação genética negativa entre FR e características reprodutivas, como IPP e IDP e positiva com PE<sup>39</sup>, o que indica que fêmeas que apresentarem menor idade ao primeiro parto, entram em reprodução de forma precoce e apresentam menores intervalos de parto, também podem apresentar maior fertilidade real e bezerros mais pesados, o que é desejável do ponto de vista produtivo, reprodutivo e econômico. Além disso, a FR apresenta correlação positiva com características produtivas, como peso à desmama<sup>101</sup>.

A relação do peso a desmama (RD) também é uma característica que pode ser utilizada como critério de seleção tanto para habilidade materna quanto eficiência reprodutiva, pois é calculada como sendo a relação do peso do bezerro sobre o peso da vaca, no momento do desmame. As vacas de maior tamanho e peso corporal tendem a desmamar bezerros também de maior tamanho e peso. Assim, a avaliação apenas do peso do bezerro ao desmame pode resultar em animais de maior requerimento nutricional, e não necessariamente mais eficientes. Dessa forma, a avaliação da relação das diferenças entre o peso da matriz e peso do bezerro podem contornar esse problema, possibilitando a seleção de matrizes que desmamam maior proporção do seu próprio peso, sendo, assim, mais eficientes<sup>102,103,104</sup>. Esta característica tem apresentado herdabilidade de média magnitude<sup>104</sup>.

Assim como a RD, a produtividade acumulada pode ser utilizada como critério de seleção para eficiência reprodutiva, habilidade materna, e também peso do bezerro ao desmame e precocidade sexual. Essa característica é calculada levando em consideração o número de bezerros desmamados no período de vida reprodutiva da fêmea, indicando os quilos de bezerros produzidos ao ano<sup>105</sup> e apresenta como vantagem a possibilidade de avaliação mesmo em fêmeas jovens e/ou que apresente apenas um bezerro. Os coeficientes de herdabilidade para esta característica variam de 0,11 a 0,23<sup>75,106</sup>. Além disso, a PAC apresenta correlação negativa com IPP, indicando que a antecipação da idade ao primeiro parto leva a um maior tempo de permanência da fêmea no rebanho e também maior produção de bezerros ao longo da vida<sup>107</sup>.

Apesar de características como IPC, IDP, PS, FR e RD apresentarem pequena adoção como critérios de seleção para bovinos de corte, essas podem influenciar de forma expressiva a eficiência reprodutiva e a lucratividade de um rebanho, devendo, assim, serem estimados os parâmetros genéticos das mesmas, a fim de avaliar a eficácia e possibilitar a inclusão dessas como critérios de seleção.

### 2.3.3 Características de carcaça

Em resposta à busca por melhoria, padronização e rendimento do corte cárneo, produto final da cadeia da produção de bovinos, foi incluído nos programas de seleção características que permitem a identificação de animais superiores e que resultarão no atendimento desses objetivos de seleção, como as características de carcaça e composição frigorífica. As características comumente utilizadas para essa avaliação são área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea na costela (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), marmoreio (MAR), avaliadas *in vivo* através de ultrassonografia de carcaça, e também peso da carcaça quente (PCQ) e peso da porção comestível (PPC).

A AOL indica o grau de musculosidade e da porção comestível da carcaça, possibilitando avaliação do rendimento da mesma, por estar relacionada com a porcentagem de carne da carcaça e rendimento muscular. Esta característica também apresenta grande importância econômica, pois, representa o rendimento dos cortes de alto valor comercial<sup>108</sup>. Os coeficientes de herdabilidade observados na literatura para AOL são de baixa a alta magnitude, variando de 0,10 a 0,66<sup>109,110</sup>. Os resultados observados também demonstram que a AOL apresenta correlações genéticas favoráveis e positivas com características de produção<sup>83,111</sup> (como peso) e de carcaça (como EG e EGP8)<sup>83,111</sup>, além de correlações negativas com IPP e positivas com PAC e PE<sup>111</sup>, sendo esses resultados desejáveis do ponto de vista reprodutivo e produtivo.

A espessura de gordura subcutânea, seja mensurada na costela (EG) ou na garupa (EGP8), também é um indicativo da composição da carcaça, em especial, à porcentagem de gordura. Além disso, está associada à qualidade de carne, pois, protege a carne contra o enrijecimento e escurecimento e também redução do peso e da maciez provocados pela desidratação e pelo resfriamento, atuando como um isolante térmico e sendo essenciais no processo de industrialização<sup>20</sup>. A EG apresenta herdabilidade variando de 0,13 a 0,64<sup>21,111</sup>.

Além disso, assim como a AOL, a EG apresenta correlações favoráveis com características de produção, reprodução e carcaça<sup>83,110,111,21</sup>.

Outra característica mensurada com o auxílio da ultrassonografia de carcaça e que tem associação com a qualidade da mesma, é o marmoreio, que representa a gordura intramuscular, ou seja, a fração de tecido adiposo que está depositada à nível da fibra muscular, e que contribui de forma positiva com a palatabilidade e textura da carne<sup>112</sup>. O coeficiente de herdabilidade para marmoreio observado na literatura varia de 0,15<sup>113</sup> a 0,44<sup>114</sup>. As correlações genéticas entre marmoreio e características produtivas variam de nulas<sup>109</sup> à medianas, e com características de carcaça as correlações são de média magnitude<sup>109,113</sup>.

Outra característica relacionada a qualidade da carcaça e que está diretamente relacionada com o pagamento destinado ao produtor, é o PCQ, onde animais com carcaça mais pesada apresentam maior remuneração, sendo assim, é utilizada como característica classificatória em frigoríficos. Animais abatidos com maior peso apresentam vantagens competitivas, pois, demandam a mesma mão de obra e tempo de preparo que carcaças mais leves, porém, apresentam maior rendimento<sup>113</sup>. Os coeficientes de herdabilidade observados na literatura para PCQ em bovinos na raça Nelore apresentam valores de magnitude moderada, variando de 0,28 a 0,39<sup>113,115</sup>, sugerindo a possibilidade de seleção e incorporação da mesma no rebanho sob seleção e também progresso genético. O PCQ apresenta correlação genética moderada e positivas com características produtivas, como peso ao desmame e ao sobreano e também GMD<sup>20,113,116</sup>; e variando de -0,19 a 0,25<sup>20,113</sup> com características de carcaça, como AOL e EG.

O PPC também é um importante indicador da qualidade da carcaça, sendo mensurado com base no peso dos cortes cárneos<sup>117</sup>. Assim, a seleção para essa característica leva ao aumento do rendimento dos cortes comerciais, elevando o retorno econômico com o mesmo custo de produção<sup>118</sup>. O PPC apresenta herdabilidade de moderada magnitude (0,32)<sup>119</sup> e correlações positivas com AOL e EG<sup>117,119</sup>.

#### **2.3.4 Características visuais**

Como forma de selecionar animais cada vez mais harmônicos e condizentes com os sistemas de produção utilizados, tem sido proposto a inclusão de características visuais como critérios de seleção de bovinos de corte, pois essas possibilitam a identificação e seleção de animais que apresentam biótipos adequados ao sistema, maior desenvolvimento ponderal,

melhor conformação e também atendam aos desejos do mercado consumidor. Em adição, a avaliação visual dos animais apresenta baixo custo e facilidade de implementação e realização, o que possibilita a avaliação de um grande número de animais<sup>88</sup>.

Atualmente, existem diferentes metodologias para avaliação visual dos animais, entre eles o MERCOS, EPMURAS, SAM, CPMU e a avaliação realizada pelo programa Nelore Qualitas<sup>88,120-122,123</sup>. Essas metodologias apresentam semelhanças entre si e avaliam, principalmente, os escores de conformação, musculosidade e precocidade, tendo como objetivo geral identificar animais de melhor conformação produtiva e reprodutiva, estimar a proporção dos diferentes tecidos da carcaça (músculo, osso e gordura) dos animais e identificar potencial precoce para sexualidade e para acabamento, possibilitando a descrição física e produtiva do animal, a partir da avaliação visual<sup>88,120-122</sup>.

A associação de características visuais com a seleção genética é viável, podendo promover mudanças genéticas efetivas no rebanho, visto que apresentam estimativas de herdabilidade de média a alta magnitude, além de apresentarem correlações genéticas favoráveis com características produtivas, reprodutivas e de carcaça. Ademais, a avaliação das características visuais pode ter grande influência no sucesso de um programa de seleção para precocidade sexual. Isso porque animais de pequeno porte atingem a maturidade de forma antecipada, assim como o início do processo de deposição de tecido adiposo, sendo mais precoces<sup>4,18,34,88,92,122</sup>. Desta forma, as características visuais permitem a leitura crítica dos tipos biológicos, que variam de ultraprecoces a extremamente tardios, sendo os extremos indesejáveis e possivelmente evitados através da utilização da avaliação visual<sup>120</sup>.

## **2.4 Análise genética de características lineares**

O melhoramento genético animal é ferramenta imprescindível para o aumento da produtividade dos sistemas de produção de bovinos. Visto que, a seleção dos animais realizada com base no valor genético, permitindo a escolha dos animais que serão pais das próximas gerações, promove alterações nas frequências gênicas, levando ao melhoramento genético das características utilizadas como critérios de seleção e também do desempenho fenotípico dos animais<sup>124</sup>. A seleção dos animais é realizada baseando-se na análise genética de dados fenotípicos do indivíduo que levam à identificação dos animais superiores, através da predição do valor genético<sup>59</sup>.

Atualmente, as características utilizadas como critérios de seleção para bovinos de corte são, em sua maioria, lineares, representando dados quantitativos, de natureza contínua e distribuição normal. Para características lineares, o principal método de estimação dos parâmetros genéticos utilizado atualmente é a máxima verossimilhança restrita (REML), que utiliza, sob modelo misto, o melhor preditor linear não viesado (BLUP). O BLUP possibilita a predição dos valores genéticos de um animal, de forma acurada através da utilização de toda a informação disponível<sup>125</sup>.

Para escolha e utilização dos critérios de seleção, faz-se necessário a estimação dos parâmetros genéticos para essas características, sendo esses valores de fundamental importância na maximização da resposta à seleção e no sucesso do programa de seleção genética<sup>126</sup>.

#### **2.4.1 Parâmetros Genéticos**

Os valores fenotípicos observados podem ser mensurados diretamente nos animais, mas apenas os valores genéticos determinam sua influência na geração seguinte. Para que os dados fenotípicos sejam úteis em programas de melhoramento genético, faz-se necessário estimar os parâmetros genéticos para as características avaliadas a partir deles e de forma acurada. Estas informações possibilitam acelerar, na direção desejada, a alteração do mérito genético do rebanho<sup>18</sup>.

Os parâmetros genéticos são valores específicos de cada população ou rebanho, sendo alterados em consequência de seleção genética, mudanças no ambiente e até métodos de estimação. A estimação desses valores tem como objetivo auxiliar os criadores na busca da melhor estratégia de seleção, por meio da obtenção dos valores genéticos de cada animal<sup>18</sup>.

A determinação do valor genético é realizada através da estimação dos efeitos genéticos aditivos, não-aditivos e ambientais de caráter temporário ou permanente, que formam os componentes de variância, sendo o total deles a variância fenotípica, que é resultado da soma da variância aditiva direta, aditiva materna, não aditiva, ambiental e residual. A identificação desses fatores leva à estimativas acuradas tanto dos parâmetros quanto dos valores genéticos e também à quantificação dos fatores genéticos aditivos, permitindo identificar o potencial de transmissão das características para as gerações subsequentes<sup>127</sup>.

Os valores dos componentes de variância possibilitam estimar os coeficientes de herdabilidade e correlação genética das características avaliadas. Além disso, esses valores permitem prever as respostas à seleção, tanto diretas quanto indiretas, além de ser o primeiro pré-requisito para a estruturação de um programa de seleção genética animal<sup>30,87</sup>.

#### **2.4.1.1 Herdabilidade**

Os coeficientes de herdabilidade ( $h^2$ ) determinam a capacidade de transmissão da característica avaliada para a sua progênie, expressando quanto da variabilidade de uma característica é de origem genética e, assim, se possui resposta à seleção. Esse fato torna a  $h^2$  uma ferramenta de grande importância para a definição das estratégias de melhoramento genético<sup>128,129</sup>.

A  $h^2$  demonstra o grau da relação entre os valores genéticos e fenotípicos, que corresponde à proporção existente entre os fatores genéticos e ambientais que influenciam a expressão fenotípica das características avaliadas, demonstrando o nível de incorporação das características no rebanho devido a seleção. Diante disso, seu valor expressa a confiança que se pode ter no fenótipo do animal para predição do seu valor genético, determinando a porção herdável<sup>128,129</sup>.

A herdabilidade pode ser estimada em três tipos diferentes: no sentido amplo, restrito e maternal. No sentido amplo, é estimada pela razão da variância genética pela variância fenotípica. No sentido restrito, chamada de  $h^2$  direta, é dada pela razão da variância genética aditiva sobre a variância fenotípica, representando a fração das diferenças fenotípicas que será transmitida aos filhos. Para características que são influenciadas pelo componente genético materno, podem ser estimadas também a herdabilidade materna, através da razão da variância genética aditiva materna sobre a variância fenotípica<sup>129</sup>.

Os valores de herdabilidade, que podem variar de 0 a 1, são dependentes da frequência gênica e da variabilidade ambiental, e também podem variar de acordo com a população, sendo obtidos valores baixos de herdabilidade em sistemas nos quais há grande variância fenotípica, e valores altos quando a variância genética for maior. Assim, quando o coeficiente de  $h^2$  é baixo significa que grande parte da variação de uma característica é devida às diferenças ambientais entre os indivíduos. Já quando os coeficientes são de alta magnitude significam que as diferenças entre os animais são devidas, principalmente, ao componente genético, indicando que o ganho genético pode ser obtido a partir da seleção. Além disso,

quando os valores de  $h^2$  são altos infere-se que há alta correlação entre o genótipo e o fenótipo do indivíduo, de forma que a observação do fenótipo é um indicativo seguro do genótipo. Em contrapartida, quando os valores de  $h^2$  são baixos, faz-se necessário utilizar outras ferramentas de avaliação associada ao valor fenotípico, a fim de identificar os melhores genótipos<sup>87,129</sup>.

#### 2.4.1.2 Correlação genética e fenotípica

A medida que os sistemas de produção se tornam mais tecnificados e buscam cada vez maior produtividade, o processo de seleção genética passa a incluir mais características como critério de seleção, sendo o valor econômico e genético de um animal determinado com base no conjunto dessas características<sup>130</sup>. Dessa forma, é necessário conhecer as inter-relações genéticas e fenotípicas ou residuais entre as características utilizadas a fim de conduzir o processo de seleção de forma adequada e também verificar e controlar os efeitos da seleção de uma característica sobre as outras. Essas inter-relações são avaliadas pelo coeficiente de correlação ( $r$ ) entre as características, que é um conceito estatístico que mede o grau e a direção da associação linear entre duas características, podendo ser atribuída a efeitos genéticos e ambientais<sup>131</sup>.

A correlação entre características é um parâmetro que permite prever como uma característica varia em consequência da variação de outra, demonstrando o nível de relação entre as mesmas. Assim, conhecendo o coeficiente de correlação é possível prever para um animal que tem valor genético ou fenotípico elevado para uma característica, se terá ou não um valor genético ou fenotípico elevado para outra característica. De forma que, as informações obtidas para uma característica podem contribuir na determinação do mérito e resposta de outra<sup>132</sup>.

O coeficiente de correlação varia de -1 a 1. Se esse valor é próximo a 0 significa que as características apresentam correlação nula ou insignificante, e a seleção para uma não afetará a outra. Se o coeficiente de correlação é negativo e de alta magnitude, a seleção para a melhoria de uma resultará na redução de outra, já se o coeficiente de correlação é positivo e de alta magnitude, a seleção para uma característica resultará no aumento da outra. Ressaltando que, as correlações podem ser favoráveis ou desfavoráveis, independente da magnitude e direção, de acordo com o que se almeja das características<sup>87</sup>.

O valor da associação total entre duas características é denominada correlação fenotípica ( $r_p$ ), a qual pode ser decomposta nos componentes genéticos e ambientais<sup>131</sup>. A

correlação fenotípica pode ser mensurada diretamente utilizando medidas de dois caracteres em uma população<sup>131,133</sup>. Se as características apresentam baixa herdabilidade, a correlação fenotípica é atribuída, principalmente, aos efeitos ambientais. Por outro lado, se as características possuem alta herdabilidade, a correlação fenotípica tem grande influência genética. O ambiente provoca correlação entre duas características quando as duas são afetadas pelas mesmas variações ambientais, sendo que se os valores forem negativos, o ambiente favorecerá uma característica, enquanto levará a redução de outra, já se forem positivos, as duas características serão beneficiadas com a alteração do ambiente<sup>128,129,132</sup>.

Visando a seleção genética, é necessário separar as causas de correlação entre as características, visto que só o componente genético representa uma associação de natureza herdável. A correlação genética ( $r_g$ ) é obtida através da divisão da covariância entre os valores genéticos aditivos de duas características, pelo produto dos desvios padrão das duas características. Esse parâmetro entre duas características expressa a intensidade pela qual ambas são influenciadas pelos mesmos genes, sendo essa relação atribuída, principalmente, à pleiotropia, e também à ligação gênica, sendo essa uma causa transitória e observada em populações originadas de cruzamentos entre linhagens divergentes, que ocorre quando os genes estão muito próximos no cromossomo e agem conjuntamente. A correlação genética devido à ligação gênica é transitória, pois ela desaparece à medida que o crossing-over separa os genes que estavam, originalmente, próximos no cromossomo. Já a pleiotropia é a propriedade pela qual um gene pode afetar duas ou mais características, de modo que se o gene segregar, causará variação simultânea nas características que ele afeta<sup>129</sup>. A correlação genética também pode, em menor escala, ser devido a sinergia entre os genes, devido à complexidade genética que determina o genótipo do animal<sup>87,129,132</sup>.

A partir do conhecimento da correlação é possível realizar também seleção indireta para características cuja seleção direta é de difícil realização, seja em razão da baixa herdabilidade, dificuldade de mensuração ou identificação, expressão tardia ou restrita a um gênero, obtendo resposta correlacionada, que, em algumas situações, é maior que a seleção direta, norteador progressos genéticos mais expressivos. Assim, é possível aprimorar o mérito genético de um conjunto de características que agem simultaneamente, sendo possível visar a seleção de uma e obter o melhoramento de ambas. Mesmo em situações onde duas características apresentam correlação negativa, o resultado desse parâmetro genético pode nortear as estratégias de melhoramento, por permitir a identificação de possíveis mudanças indesejáveis em uma característica, em resposta à seleção para outra<sup>128,129,133</sup>.

#### 2.4.2 Estimação de componentes de variância pelo método frequentista

Dada a busca expressiva pela melhoria da produtividade dos sistemas, faz-se necessário identificar animais superiores para características de importância econômica. Essa identificação é possível através da predição dos valores genéticos dos animais, obtidos a partir dos componentes de variância. O método utilizado para estimação dos componentes de variância é um importante fator na obtenção dos parâmetros genéticos e, conseqüentemente, do valor genético de um animal para as características avaliadas, que deve apresentar alta acurácia, de forma que as diferenças entre o valor genético predito e real sejam minimizadas, sendo o aprimoramento desses métodos cada vez mais importante para a pecuária de corte. Além disso, o método utilizado para estimar os componentes de variância deve refletir o comportamento biológico das características em estudo<sup>134,135</sup>.

Várias metodologias foram propostas para essa estimação, sendo realizada, atualmente, através da utilização de modelos mistos, proposta por Henderson<sup>136</sup>. Esses modelos levam em consideração tanto os efeitos fixos, como sexo e grupo de manejo, quanto aleatórios, como o valor genético aditivo e maternal, sendo esses preditos a partir da utilização dos dados observados para ajuste do modelo considerado. Assim, os valores genéticos são preditos, obtendo o melhor preditor linear não viesado, associado à estimação dos efeitos fixos<sup>137</sup>.

A resolução de modelos lineares mistos tem sido obtida, principalmente, pela metodologia BLUP, que se baseia em um estimador que minimiza a variância do erro de predição<sup>137</sup>. A resolução do BLUP é obtida através da solução de um sistema de equações lineares obtidas pela utilização de recursos computacionais<sup>138</sup>.

Os modelos mistos apresentam como características: equação para cada indivíduo avaliado e cada grupo de contemporâneos; formação de uma matriz de parentesco, a qual conecta os grupos de contemporâneos por meio dos genes comuns entre touros e vacas, permitindo a comparação de animais de diferentes gerações; equação para grupos de contemporâneos que considera as diferenças de desempenho não genéticas entre os grupos, levando à predições mais acuradas; equações que geram como soluções as estimativas dos efeitos fixos, os valores genéticos preditos e o ganho genético para cada critério de seleção<sup>125</sup>.

Para obter esses preditores e estimadores, a metodologia dos modelos mistos parte do princípio que os componentes de (co)variância são previamente conhecidos. Visto que esses são, comumente, desconhecidos faz-se necessário estimá-los<sup>136</sup>. Dentre as metodologias

disponíveis para estimação dos componentes de (co)variância podem ser citados: os métodos de Henderson 1, 2, 3 e 4<sup>136</sup>; o estimador quadrático não viesado de variância mínima (MIVQUE)<sup>139</sup>; o método de máximo verossimilhança (ML)<sup>140</sup>; e o método da máximo verossimilhança restrita (REML)<sup>135</sup>. Os métodos ML e REML podem ser utilizados para dados desbalanceados, sendo mais flexíveis, diferentemente das demais metodologias de estimação de componentes de (co)variância, sendo essa uma vantagem, visto que as bases de dados para avaliação genética são, geralmente, desbalanceadas. Além disso, as características utilizadas como critério de seleção para bovinos são, em sua maioria, qualitativas e contínuas, podendo ser avaliadas de forma acurada pelos métodos ML e REML<sup>141,142</sup>.

#### 2.4.2.1 Métodos da máxima verossimilhança (ML) e máxima verossimilhança restrita (REML)

O método da máxima verossimilhança é uma técnica utilizada para obtenção de componentes de variância de uso amplo, por permitir a realização de inferências com propriedades altamente desejáveis, sendo esse o primeiro método a ser aplicado em modelos mistos<sup>136,140</sup>. A ML consiste na obtenção do ponto máximo de uma função de verossimilhança, que é a função densidade de probabilidade conjunta dos pontos amostrais, em relação aos efeitos fixos e aos componentes de variância para um dado modelo de análise, em que se conhece a distribuição dos dados e existem parâmetros a serem estimados. Esse máximo é obtido por derivação da função de verossimilhança (L) em relação ao parâmetro de interesse<sup>143</sup>.

Visando elucidar esta metodologia, parte-se da equação do modelo misto dado por<sup>144,145</sup>:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{e} \quad (1)$$

onde,  $\boldsymbol{\beta}$  é vetor dos efeitos fixos e o  $\mathbf{u}$  é vetor dos efeitos aleatórios, respectivamente  $\mathbf{Z}\mathbf{u}$  pode ser fracionado em<sup>144,145</sup>:

$$\mathbf{Z}\mathbf{u} = [\mathbf{Z}_1 \dots \mathbf{Z}_r] \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mathbf{u}_r \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^r \mathbf{Z}_i \mathbf{u}_i \quad (2)$$

No qual  $\mathbf{u}_i$  é o vetor para o fator aleatório  $i$ . O número de tais níveis, e ainda a ordem de  $\mathbf{u}_i$  é denotado por  $q_i$ . Portanto, os efeitos aleatórios  $\mathbf{u}_i$  possuem as propriedades a seguir<sup>144,145</sup>:

$$E(\mathbf{u}_i) = \mathbf{0} \text{ e } \text{var}(\mathbf{u}_i) = \sigma_i^2 \mathbf{I}_{q_i} \quad \forall i; \text{ e} \quad (3)$$

$$\text{COV}(\mathbf{u}_i, \mathbf{u}_h) = \mathbf{0} \text{ para } i \neq h. \quad (4)$$

Assim<sup>144,145</sup>:

$$\text{var}(\mathbf{u}) = \{ \sigma_i^2 \mathbf{I}_{q_i} \}_{i=1}^r \quad (5)$$

$$E(\mathbf{e}) = \mathbf{0}, \text{var}(\mathbf{e}) = \sigma_e^2 \mathbf{I}_N \text{ e } \text{cov}(\mathbf{u}_i, \mathbf{e}) = \mathbf{0} \quad \forall i. \quad (6)$$

Dessa maneira, tem-se que<sup>144,145</sup>:

$$E[\mathbf{y}] = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (7)$$

$$\mathbf{V} = \text{var}(\mathbf{y}) = \sum \mathbf{Z}_i \mathbf{Z}_i' \sigma_i^2 + \sigma_e^2 \mathbf{I}_N \quad (8)$$

A função de verossimilhança, considerando um vetor de dados  $\mathbf{y} \sim \mathbf{N}(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \mathbf{V})$ , pode ser representada como<sup>144,145</sup>:

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{V} | \mathbf{y}) = \frac{e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})' \mathbf{V}^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})}}{(2\pi)^{\frac{1}{2}N} |\mathbf{V}|^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

A estimação por máxima verossimilhança utiliza como estimadores de  $\boldsymbol{\beta}$  e  $\mathbf{V}$ , aqueles valores de  $\boldsymbol{\beta}$  e  $\mathbf{V}$  que maximizam  $\mathbf{L}$  ou  $\log \mathbf{L}$  que deve ser denotado por  $l$ <sup>144,145</sup>.

$$l = \log \mathbf{L} = -1/2N \log 2\pi - 1/2 \log |\mathbf{V}| - 1/2 (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})' \mathbf{V}^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \quad (10)$$

A maximização de  $\mathbf{L}$  consiste em primeiramente derivar  $\mathbf{L}$  em relação a  $\boldsymbol{\beta}$  e  $\mathbf{V}$ , igualando as equações a zero, que representam, o máximo de  $\mathbf{L}$ . As equações são solucionadas para  $\boldsymbol{\beta}$  e para cada componente de  $\mathbf{V}$  ( $\sigma_i^2$ ) e podem ser representadas como<sup>144,145</sup>:

$$\mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} = \mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{y} \quad (11)$$

$$\{ \text{tr}(\mathbf{V}^{-1}\mathbf{Z}_i'\mathbf{Z}_i) \}_{i=0,1,\dots,r} = \{ \mathbf{y}'\mathbf{P}_i\mathbf{Z}_i\mathbf{Z}_i'\mathbf{P}_i\mathbf{y} \}_{i=1}^r \quad (12)$$

Esta metodologia é iterativa, pode corrigir os efeitos de seleção, fornece sempre estimativas não-negativas de componentes de variância e elimina o viés atribuído às mudanças nas frequências gênicas, se o parentesco entre os indivíduos for considerado. Além disso, apesar de serem tendenciosos, os estimadores obtidos através da ML são consistentes, ou seja, convergem assintoticamente para o valor dos parâmetros, podendo ser adotados em dados amostrais não aleatórios<sup>140</sup>.

Por outro lado, em base de dados com um pequeno número de observações, as variâncias dos estimadores são subestimadas<sup>140</sup>. Além disso, o método de máxima verossimilhança, por assumir que a distribuição dos dados é conhecida, pressupõe que há distribuição multinormal na estimação dos componentes de (co)variância, resultando em estimadores viciados, tratando os efeitos fixos como conhecidos<sup>146</sup>. Além disso, os estimadores ML são viesados em decorrência da imposição de restrição de não negatividade e da perda de graus de liberdade devido à estimação dos efeitos fixos, não levando esta perda em consideração, resultando na subestimação da variância do erro e um viés na estimativa<sup>145,147</sup>.

Para contornar esses problemas, Patterson e Thompson, criaram o método da máxima verossimilhança restrita, a partir da ML. Esta metodologia maximiza apenas parte da função de probabilidade, que é independente dos efeitos fixos, mantendo as demais características da ML<sup>135</sup>. Com isso, as estimativas obtidas são idênticas as que seriam obtidas por análise de variância, se o delineamento fosse balanceado e ignorada as restrições de não negatividade. Diante disto, é considerado o estimador ideal para componentes de variância ao serem analisados dados desbalanceados<sup>143,148-150</sup>.

Em adição, quando a análise é realizada utilizando toda a matriz de parentesco e sob modelo animal, os estimadores como os de REML condensam as informações de todos os graus de parentesco para calcular os componentes de (co)variância da população, obtendo estimativas não viesadas, mesmo na presença de seleção<sup>148-150</sup>.

Para estimar os componentes de (co)variância, é utilizada a análise de substituição dos valores dos parâmetros dos componentes de variância por estimativas de máxima verossimilhança restrita, com procedimentos que permitiram obter o BLUP. Esta metodologia se baseia na estimação dos efeitos fixos e aleatórios, de maneira que a função densidade de probabilidade das observações é dada pela soma das funções densidade de probabilidade de cada parte. Em outras palavras, cada observação é dividida em duas partes consideradas independentes: efeitos fixos e efeitos aleatórios; e a função da densidade de probabilidade das

observações é resultado da soma desses efeitos. Assim, os componentes de variância relacionados aos efeitos aleatórios e fixos são determinados pela maximização de cada componente<sup>151</sup>. Além disso, permite a inclusão da matriz de parentesco viabilizando a realização de avaliações genéticas em larga escala e para características múltiplas, em modelos com dois ou mais fatores aleatórios<sup>152,153</sup>.

Na metodologia REML, a estimação dos componentes de variância é baseada nas combinações lineares dos elementos de  $y$ , no qual um conjunto de valores  $k'y$  que os vetores  $k'$  são estabelecidos de modo que  $k'y = k'X\beta + k'Zu$  não enquadra em nenhum termo em  $\beta$ , portanto:

$$k'X\beta = 0 \quad \forall \beta. \quad (13)$$

Assim,

$$k'X = 0. \quad (14)$$

A equação 12 é satisfeita por  $N - r$  dos valores lineares independentes de  $k'$ . Dessa forma, na utilização de um conjunto de vetores lineares independentes de  $k'$ , como linhas de  $K'$  fixamos a atenção para  $K'y$  para  $K' = TM$ , onde  $K'$  e  $T$  têm plena posição de linha  $N - r$ .

Na equações de REML, conhecendo que  $y \sim N(X\beta, V)$  e  $K'X = 0$ , tem-se:

$$K'y \sim N(0, K'VK) \quad (15)$$

Derivando a equação 11 da Máxima Verossimilhança, e alterando  $y$  por  $K'y$  e  $Z$  por  $K'Z$ ;  $X$  por  $K'X = 0$  e  $V$  por  $K'VK$ , temos:

$$\{c \operatorname{tr} (K' V^{-1} K)^{-1} K' Z_i Z_i' K\} \quad i = 1 \dots r = \{c y' K (K'VK)^{-1} K' Z_i Z_i' K (K'VK)^{-1} K'y\} \quad i = 1 \dots r \quad (16)$$

com:

$$P = V^{-1} - V^{-1} X (X' V^{-1} X)^{-1} X' V^{-1} = K (K'VK)^{-1} K' \quad (17)$$

Reduzindo essa equação, torna-se:

$$\{c \operatorname{tr} (P Z_i Z_i')\} \quad i = 1 \dots r = \{c y' P Z_i Z_i' P y\} \quad i = 1 \dots r \quad (18)$$

Por ser um método iterativo e que tem suas equações solucionadas através de sistemas de integração numérica, o REML demanda grande capacidade de memória e velocidade de recursos computacionais. Os sistemas de equações do REML são baseados no

algoritmo maximização da esperança (Expectation Maximization – EM), e o esforço computacional é demandando para inverter a matriz  $V$ , que inclui os componentes de variância a serem estimados. Todavia, o avanço na computação possibilitou o desenvolvimento de programas e a implementação de algoritmos mais eficientes, permitindo a utilização em larga escala do método REML<sup>154</sup>.

Um dos programas disponíveis para estimação de parâmetros genéticos é o programa BLUPF90, desenvolvido pelo professor Ignacy Misztal e seus colaboradores, com o objetivo de apresentar facilidade de atualização e utilização de linguagens mais acessíveis de programação, além da rapidez de convergência e eficiência computacional. Esse programa foi desenvolvido em linguagem Fortran90, e não Fortran77, sendo menos complexo, mas igualmente eficiente<sup>142,154</sup>.

O BLUPF90 pode ser utilizado para avaliação de características múltiplas com dados perdidos, diferentes modelos por característica, regressão aleatória, arquivos de pedigree separados e também efeitos de dominância. A versão inicial desse programa foi alterada gerando o REMLF90, esse, por sua vez, estima os componentes de variância utilizando o algoritmo EM acelerado (accelerated EM). O BLUPF90 também foi modificando, gerando o AIREMLF90, que utiliza o algoritmo Average-Information, como uma segunda derivada da função de verossimilhança, ao invés do algoritmo EM, proporcionando, a convergência com maior rapidez<sup>142,154</sup>.

A maximização da função densidade de probabilidade referente aos efeitos aleatórios, realizada pelo método REML, pode ser categorizada pelo uso de derivadas da função de verossimilhança da seguinte forma: método livre de derivadas, o qual não envolve a obtenção de derivadas; método da primeira derivada, que utiliza a técnica de matrizes esparsas; e o método da segunda derivada de REML, o qual não pode ser facilmente computado usando as técnicas de matrizes esparsas, pois requer a inversão de elementos fora da diagonal da matriz  $C$ <sup>142,154</sup>.

### **2.4.3 Tendências genéticas e fenotípicas**

Independente das características utilizadas como critérios de seleção para bovinos de corte, faz-se necessário acompanhar a evolução genética e fenotípica dos rebanhos, a fim de verificar a eficácia do processo de seleção, auxiliar na tomada de decisões, redirecionando o programa de seleção caso os objetivos não estejam sendo atendidos. Essa avaliação pode ser

realizada através da análise das tendências genéticas e fenotípicas das características selecionadas ao longo dos anos, bem como das características correlacionadas, pelas quais se avaliam as mudanças proporcionadas pelo processo de seleção<sup>22,155</sup>.

A avaliação das tendências genéticas permite identificar os ganhos genéticos alcançados pelo programa de seleção utilizado e quantificar a expressão dos genes de ação aditiva acumulada. Assim, essa avaliação indica os erros e acertos dos métodos de seleção adotados. Esse conhecimento fornece subsídios e direciona as avaliações dos animais e também os processos de seleção ao longo dos anos, orientando os criadores<sup>22,59</sup>. Esta avaliação é obtida através de análise de regressão<sup>156</sup>, que visa quantificar os efeitos da seleção no melhoramento genético da característica por unidade de tempo, como o ganho genético anual<sup>155</sup>.

A avaliação simultânea da evolução genética e fenotípica de uma população traz como vantagem a confirmação dos benefícios oriundos da seleção genética, nas observações fenotípicas, confirmando se há ou não progresso fenotípico em decorrência da melhoria do potencial genético dos animais, visto que nem sempre melhora no desempenho significa melhoria genética e vice-versa. As tendências fenotípicas, também obtidas através de análise de regressão<sup>156</sup>, demonstram as mudanças totais, tanto relacionadas ao genótipo quanto as de ambiente, no decorrer de um período. Desta forma, a avaliação fenotípica também permite observar as mudanças ambientais, como as alterações no manejo. Tornando, assim, determinante a avaliação periódica do progresso obtido<sup>22,58,155</sup>.

Laureano et al.<sup>22</sup> avaliaram as tendências genéticas para características de peso e GMD em animais da raça Nelore. Esses autores observaram tendências genéticas diretas crescentes para peso e ganhos, que foram de 0,171 (0,01); 0,219 (0,02); 0,186 (0,03) e 0,224 (0,02) kg/ano para P210, P365, GMDPRE e GMDPOS, respectivamente. Sena et al.<sup>58</sup>, avaliando a seleção para características produtivas na raça Nelore, observaram tendências genéticas para os efeitos direto e materno crescentes para P120 e P450, sendo os progressos genéticos superiores aos fenotípicos, resultado atribuído à várias influências ambientais sobre o desempenho. Resultados semelhantes foram observados por Lacerda<sup>155</sup>, que ao avaliar a tendência genética e fenotípica para características de crescimento em bovinos, observaram valores positivos para peso pré e pós-desmame. Esses resultados corroboram com os obtidos por Lira et al.<sup>81</sup>, revelando seleção de animais com desempenho genético superior ao longo dos anos e expressiva utilização de características de crescimento como critério de seleção para bovinos de corte.

Em relação às características reprodutivas, Laureano et al.<sup>22</sup>, observaram tendências PE e IPP de nulas a positivas (0,011 a 0,069 cm/ano), e de nulas a negativas (-0,003 a -3,024 dias/ano), respectivamente. Também avaliando características reprodutivas, Sena et al.<sup>58</sup> observaram tendência genética crescente para PE450 e decrescente para IPP, sendo esses resultados favoráveis do ponto de vista produtivo e reprodutivo, considerando que foram observados aumento na característica de perímetro escrotal, enquanto a IPP apresentou redução em decorrência da realização da seleção genética dos animais, com conseqüente incremento no potencial para precocidade sexual do rebanho. Em outro estudo, Moreira<sup>59</sup>, avaliando a seleção para características reprodutivas em bovinos da raça Nelore, observou ganho genético positivo e favorável para PE365 e PE450, e tendência no sentido favorável para IPP, mas sem ganho genético significativo. Esses resultados demonstram que essas características podem ser utilizadas como critério de seleção, mas que os ganhos genéticos oriundos delas devem ser avaliados a fim de confirmar a eficácia do programa de seleção.

Matarim<sup>119</sup>, avaliando as tendências genéticas anuais para características de carcaça, observou que a inclusão de AOL, EG e EGP8 nos critérios de seleção proporcionou melhorias no mérito do genético do rebanho, mas que as características relacionadas ao rendimento dos cortes cárneos não apresentaram progresso uniforme na população durante os períodos avaliados. Em contrapartida, Zuin<sup>21</sup>, realizando uma análise genética de características de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore, observou tendência genética linear decrescente para AOL, EG e EGP8. Esses resultados indicam que estas características são influenciadas pela seleção de forma positiva ou negativa, devendo ser avaliados os efeitos da seleção genética sobre elas.

## **2.5 Análises Multivariadas**

A manifestação fenotípica das características é influenciada por inúmeros fatores, de forma que nenhuma variável isolada consegue caracterizar e explicar de maneira adequada uma característica de importância econômica, e quando estas são analisadas por métodos univariados, os resultados obtidos podem ser incompletos ou pouco informativos, não sendo possível representar um fenômeno e como ele se comporta. Dessa forma, análises multivariadas, as quais permitem a avaliação de diversas características ou variáveis respostas, podem ser utilizadas para identificar e elucidar esses fatores, bem como as inter-relações entre eles<sup>157</sup>.

Análises multivariadas são técnicas estatísticas que utilizam simultaneamente as informações de todas as variáveis respostas na interpretação de um conjunto de dados ou uma característica alvo. Essas análises têm como objetivo o resumo, a representação, a análise e a interpretação de dados amostrados de populações nas quais para cada característica são avaliadas diversas variáveis respostas, contínuas ou não, permitindo combinar as múltiplas informações relacionadas à característica alvo<sup>158</sup>. Essas técnicas podem aprimorar os resultados de pesquisa, proporcionando economia relativa de tempo e de custo de avaliação, além de facilitar a interpretação das estruturas de dados simultaneamente<sup>157</sup>.

Em sistemas de produção animal, as análises multivariadas possibilitam o estudo do relacionamento entre as condições de ambiente e as características de desempenho animal e também a relação das características entre si. Desta forma, esses métodos, permitem um estudo global das variáveis analisadas, colocando em evidência as ligações, semelhanças ou diferenças entre elas, perdendo o mínimo de informação<sup>33,157</sup>.

Dentre as técnicas multivariadas utilizadas na produção animal podem ser citadas as análises de correlação canônica, de componentes principais, de correspondência, fatorial, análise de agrupamentos, análise discriminante, entre outras. Assim, há vários métodos de análises multivariadas com finalidades diferentes entre si, sendo a escolha dependente dos resultados e conhecimento que se pretende gerar, além da facilidade de análise e natureza dos dados<sup>33,157</sup>.

### **2.5.1. Análise discriminante**

A análise discriminante é uma técnica exploratória que permite a simplificação da estrutura de variabilidade dos dados avaliados e é utilizada para classificação de um determinado elemento em um grupo de variáveis. Essa técnica tem como objetivo confirmar ou verificar uma possível classificação ou separação entre os dados observada para a característica alvo da análise, e as demais características mensuradas, testando a significância da classificação. Em outras palavras, identifica quais variáveis podem determinar ou distinguir grupos dentro de um conjunto de observações para determinada característica<sup>33,157</sup>. Para aplicação dessa análise é necessário que os grupos sejam pré-definidos ou conhecidos à priori. Além disso, é necessário que os dados atendam dois pressupostos básicos, que são a existência de normalidade multivariada das variáveis explicativas e a presença de homogeneidade das matrizes de variância e covariância para os grupos<sup>159</sup>.

A análise discriminante constrói uma regra de classificação, ou seja, obtém uma combinação linear das variáveis independentes, que minimize a probabilidade de classificação incorreta dos indivíduos. Essa regra é construída com base na identificação das variáveis discriminantes, que são as variáveis respostas que têm o poder de discriminar os grupos. A identificação dessas variáveis possibilita estimar um conjunto de funções discriminantes, que classificam a característica alvo, ou novas observações, por possibilitar a utilização destas funções para o desenvolvimento de regras de classificação de futuras observações nos grupos<sup>159,160</sup>. Assim, possibilita a realização da seleção de animais com base em um grande número de características, discriminando as mais promissoras sob vários contextos<sup>161</sup>.

Desta forma, a análise discriminante permite conhecer dentre as variáveis avaliadas as que mais se destacam na discriminação dos grupos, gerando, a partir dos testes realizados, resultados como o lambda de Wilks, o Qui-quadrado e o auto-valor. O valor de Wilks' Lambda é usado para denotar a significância estatística do poder discriminatório do modelo de análise, sendo que seu valor pode variar de 0 a 1, e 1 é equivalente ao perfeito poder discriminatório enquanto 0 significa nenhum poder discriminatório. Assim como o valor de Wilks' Lambda, o partial lambda denota o poder discriminatório, mas nesse caso é a contribuição única da respectiva variável para a discriminação dos grupos, sendo esses valores equivalentes aos coeficientes de correlação parcial obtidos na regressão múltipla. Quanto menor o valor de partial lambda maior o poder discriminatório. O valor de F-remove indica sua significância estatística na discriminação dos grupos, ou seja, é uma medida que indica a diminuição da discriminação se a variável analisada fosse removida do grupo de variáveis. Assim, quanto maior o valor maior a importância atribuída a característica para discriminar os grupos de animais avaliados. Os valores p-level indicam o nível de significância, sendo que quanto menor o valor observado para p-level maior a significância e o poder da característica na discriminação dos grupos, desta forma, é o principal resultado da análise discriminante<sup>162</sup>.

A análise discriminante foi desenvolvida a partir da função discriminante linear de Fisher, que é uma combinação linear de características originais caracterizada por produzir separação máxima entre populações. Esta função produz o maior valor possível para o teste F usado na comparação das médias e minimiza as probabilidades de classificação equivocada<sup>157,161</sup>.

Semelhante a uma análise de regressão em termos de objetivos e características, a função geral da análise discriminante pode ser representada por meio da seguinte equação linear<sup>157,161</sup>:

$$Z_n = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (19)$$

Em que:

Z= variável dependente;

$\alpha$ = intercepto;

$X_i$ = variáveis explicativas; e

$\beta_i$ = coeficientes discriminantes para cada variável explicativa.

A utilização de análise discriminante vem se mostrando promissora em estudos relacionados à temas agropecuários, como nutrição e alimentação animal, fisiologia, melhoramento genético, tecnologia de alimentos, produção e qualidade de plantas, dentre outros, sendo mais comuns em espécies suínas e aves<sup>157</sup>. Por outro lado, apesar das análises multivariadas, como as discriminantes, apresentarem adequado potencial de uso para elucidação de características influenciadas por vários fatores<sup>161</sup>, os estudos realizados avaliando sistemas de produção de bovinos de corte ainda são escassos, sendo necessário à sua adoção a fim de identificar características que possam ser utilizadas como discriminantes ou classificatórias para outras características. Ademais, a adoção dessa metodologia para avaliação de características utilizadas como critérios de seleção pode apresentar resultados significantes, elucidando a relação dessas características e, assim, direcionar técnicas de manejo e também programas de seleção.

### 3. REFERÊNCIAS

1. Brasil. Rebanho bovino brasileiro cresce e chega a 212,3 milhões de cabeças de gado [Internet]. 2015 [acesso 15 nov 2016]. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/rebanho-bovino-brasileiro-cresce-e-chega-a-212-3-milhoes-de-cabecas-de-gado>.
2. Flores RS, Pacheco V, Euclides B, Paula M, Abrão C, Galbeiro S, et al. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. *Rev Bras Zootec*. 2008;37(8):1355–1365.
3. Rebanho Bovino Brasileiro. São Paulo: ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias de Carne; 2012.
4. Bianchini E, McManus C, Lucci CM, Fernandes MCB, Prescott E, Mariante ADS, Egito, AA de. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. *Pesq Agropec Bras*. 2006;41(9):1443–1448.
5. Sartori R, Bastos MR, Baruselli PS, Gimenes LU, Ereno RL, Barros CM. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Soc Reprod Fertil. Suppl*. 2010;67:357–375.
6. Brumatti RC, Ferraz JBS, Eler JP, Formigoni EIB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Arch Zootec*. 2011;60(230):205–213.
7. Lima J, Schraiber AD. Indução à redução da idade à puberdade de novilhas de corte com progestágenos. Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão; 2011; Cruz Alta, Brasil. Cruz Alta: UNICRUZ; 2011.
8. Pereira E, Eler JP, Ferraz JBS. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. *Pesq agropec bras*. 2002;37(5):703–708.
9. Silveira S, Siqueira JB, Eliza S, Guimarães F, Antônio T, Paula R De, Miranda Neto T, Guimarães JD. Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça Nelore criados em sistema extensivo. *Rev Bras Zootec*. 2010;39(3):503–511.
10. Lesmeister JL, Burfening PJ, Blackwell RL. Date of First Calving in Beef Cows and Subsequent Calf Production. *J Anim Sci*. 1973;36(1):1–6.
11. Beretta V, Lobato Piva FJ, Mielitz Netto GCA. Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários de cria diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho no Rio Grande de Sul. *Rev Bras Zootec*. 2001;30(4):1278–1286.
12. Forni S, Albuquerque LG De. Avaliação de fatores de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para a característica dias para o parto na raça Nelore. *Rev Bras Zootec*. 2006;35(4):1329–1335.

13. Gressler SL, Gressler MGM, Bergmann JAG. Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2014;66(4):986-994.
14. Boligon AA, Rorato PRN, Albuquerque LG De. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(3):565–571.
15. Costa RB, Camargo GMF, Dias IDPS, Irano N, Dias MM, Carvalheiro R, Boligon AA, Baldi FS, Oliveira HN, Tonhati H, Albuquerque LG. Genome-wide association study of reproductive traits in Nelore heifers using Bayesian inference. *Genetic Selec Evol.* 2015;47:67.
16. Marson EP, Ferraz JBS, Meirelles FV, Balieiro JCC, Eler JP, Figueiro LGG, Mourao GB. Genetic characterization of European-Zebu composite bovine using RFLP markers. *Genetic Mol Res.* 2005;4(3):496-505.
17. Castro-pereira VM De, Alencar MM De, Barbosa PF. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características de crescimento de machos e fêmeas da raça Canchim. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(4):1029–1036.
18. Yokoo MJT, Albulquerque LG, Lobo RB, Sainz RD, Carneiro Junior JM, Bezerra LAF, Araujo FR da C. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(6):1761–1768.
19. Lopes CRDA, Barbosa SBP, Pereira RGDA, Santoro KR, Lira AV De. Eficiência reprodutiva e influência de fatores de meio e de herança sobre a variação no peso ao nascer de bubalinos no estado de Rondônia. *Rev Bras Zootec.* 2008;37(9):1595–1600.
20. Pereira PMRC, Pinto MF, Abreu UGP de, Lara JAF de. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. *Pesq Agropec Bras.* 2009;44(11):1520–1527.
21. Zuin RG. Análise genética de características de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore. [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2010.
22. Laureano MMM, Boligon AA, Costa RB, Forni S, Severo JLP, Albuquerque LG. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2011;63(1):143–152.
23. Laster DB, Smith GM, Cundiff L V, Gregory KE. Characterization of biological types of cattle (Cycle II). II. Postweaning growth and puberty of heifers. *J Anim Sci.* 1979;48(3):500–508.
24. Martin LC, Brincks JS, Bourdon RM, Cundiff L V. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J Anim Sci.* 1992;70(12):4006–4017.

25. Splan RK, Cundiff L V., Vleck LD Van. Genetic parameters for sex-specific traits in Beef Cattle. *J Anim Sci.* 1998;76(9):2272–2278.
26. Almeida OM de, Pinho RO. Endocrinologia da puberdade em fêmeas bovinas. *Rev Cient Elet Med Vet.* 2013;11(20):33.
27. Albulquerque LG, Fries LA. Parâmetros genéticos da produção de leite e crescimento do bezerro até a desmama, como característica da vaca. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 1997; Juiz de Fora, Brasil. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia; 1997. p. 22–24.*
28. Oliveira MM de, Rota E de L, Dionello NJL, Aita MF. Herdabilidade e correlações genéticas do perímetro escrotal e idade ao primeiro parto com características produtivas em bovinos de corte : Revisão. *Rev Bras Agric.* 2007;3(2):141–146.
29. Grossi D do A, Frizzas OG, Paz CCP, Bezerra LAF, Lobo RB, Oliveira JA, Munari DP. Genetic associations between accumulated productivity, and reproductive and growth traits in Nelore cattle. *Lives Sci.* 2008;117:139-146.
30. Lira de T, Rosa EM, Garnerio VA del. Parâmetros genéticos de características produtivas e reprodutivas em zebuínos de corte. *Cienc Anim Bras.* 2008;9(1):1–22.
31. Eler JP, Santana Junior ML, Ferraz JBS. Seleção para precocidade sexual e produtividade da fêmea em bovinos de corte. *Estudos.* 2010;37(9/10):699–711.
32. Weber T, Rorato PRN, Lopes JS, Comin JG, Dornelles M de A, Araújo RO de. Parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas para características produtivas e de conformação na fase pré-desmama em uma população da raça Aberdeen Angus. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(5):832–842.
33. Hair Junior JF. *Análise Multivariada de Dados.* Porto Alegre: Bookman; 2006.
34. 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;37(2):247–253.
35. Souza EM, Milagres JC, Silva M de A, Regazzi AJ, Castro ACG. Influências genéticas e de meio ambiente sobre a idade ao primeiro parto em rebanhos de Gir Leiteiro. *Rev Bras Zootec.* 1995;24(6):926–935.
36. Azevedo DMMR, Martins Filho R, Lobo RNB, Malhado CHM, Lobo RB, Moura AAA de, Pimenta Filho EC. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2006;35(3):988–996.
37. Lobo RB, Bezerra LAF, Figueiredo LGG, Baldi F, Faria CU, Vozzi PA, Magnabosco CU, Bergmann JAG, Oliveira HN. Avaliação genética das raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã: Sumário 2010. Ribeirão Preto: ANCP; 2010.
38. Dias LT, Fato LE, Albulquerque LG de. Estimativa de herdabilidade para idade ao

- primeiro parto de fêmeas Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2004;33(1):97–102.
39. Silveira JC da, McManus C, Santos Mascioli A Dos, Silva LOC Da, Silveira AC Da, Garcia JAS, Louvandini H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do sul. *Rev Bras Zootec.* 2004;33(6):1432–1444.
  40. Matos MC. Associação genômica ampla para características reprodutivas em bovinos da raça Nelore. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias; 2013.
  41. Albuquerque LG de, Mercadante MEZ, Eler JP. Aspectos da seleção de *Bos indicus* para produção de carne. *Bol Ind Anim.* 2007;64(4):339–348.
  42. Eler JP, Silva JA, Evans JL, Ferraz JB, Dias F, Golden BL. Additive genetic relations between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2004;82:2519–2527.
  43. Vozi PA. Análise genético-quantitativa de características de precocidade sexual na raça Nelore. [Tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2008.
  44. Tanaka ALR. Eficiência reprodutiva de fêmeas Nelore. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2010.
  45. Luna-Nevarez P, Bailey DW, Bailey CC, Leeuwen DM van, Enns RM, Silver GA, Deatley KL, Thomas MG. Growth characteristics, reproductive performance, and evaluation of their associative relationships in brangus cattle managed in a chihuahuan desert production system. *J Anim Sci.* 2010;88(5):1891–1904.
  46. Formigoni IB, Ferraz JBS, Ribeiro S, Eler JP, Pedrosa VB, Mattos EC. Economic importance of stayability and heifer pregnancy in cowcalf production systems in Brazil: A bioeconomic simulation. *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*; 2006; Belo Horizonte, Brasil. Belo Horizonte: GALP; 2006.
  47. Melis MH Van, Oliveira HN, Eler JP, Ferraz JBS, Casellas J, Varona L. Additive genetic relationship of longevity with fertility and production traits in Nelore cattle based on bivariate models. *Genet Mol Res.* 2010;9(1):176–187.
  48. Schwengber EB, Bezerra LAF, Lôbo RB. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. *Ciência Rural.* 2001;31(3):483–486.
  49. Pötter L, Lobato JFP, Mielitz Netto CGA. Análises econômicas de modelos de produção com novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. *Rev Bras Zootec.* 2000;29(3):861–870.
  50. Teixeira RA, Albuquerque LG, Fries LE. Bio-economic comparisons among three ages at first breeding in Nelore heifers. *ARS Vet.* 2002;18(3):197–203.

51. Formigoni IB, Ferraz JBS, Silva JAIV, Eler JP, Brumatti RC. Análise econômica da prenhez aos 14 meses em rebanhos de cria Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2005;57(2):220-226.
52. Silva MD da, Barcellos JOJ, Prates ÊR. Desempenho reprodutivo de novilhas de corte acasaladas aos 18 ou aos 24 meses de idade. *Rev Bras Zootec.* 2005;34(6):2057–2063.
53. Monsalves FM. Valor econômico e impacto da seleção para precocidade reprodutiva de fêmeas na Raça Nelore. [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2008.
54. Mucari TB, Alencar MM de, Barbosa PF, Barbosa RT. Análise genética do período de gestação em animais de um rebanho Canchim: Estimção de parâmetros genéticos e escolha entre modelos animais alternativos. *Rev Bras Zootec.* 2011;40(6):1211–1216.
55. Bonifácio A, Leite J, A R, Faria LC de, Lobo RB. Progresso genético e intervalo de gerações na raça Brahman no Brasil. Ribeirão Preto: ANCP, 2009. [acesso em 10 jan 2017]. Disponível em: [http://www.ancp.org.br/up\\_artigos/351tico\).pdf](http://www.ancp.org.br/up_artigos/351tico).pdf).
56. Cardoso FF. Ferramentas e Estratégias para o Melhoramento Genético de Bovinos de Corte. Bagé: Embrapa Pecuária Sul; 2009. p.1-43.
57. Lanna DP. Fatores condicionantes a predisponentes da puberdade e idade de abate. *Artig. técnicos ESALQ.* Piracicaba: ESALQ, 2015. [acesso em 10 de jan 2017]. Disponível em: <http://marcadp.com.br/admin/modInformativo/arquivos/artigos/sim.pdf>.
58. Sena S, Matos ADS, Righetti C, Antonio L, Bezerra F, Lôbo RB. Parâmetros genéticos, tendências e resposta à seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazônia Legal. *Atas Saúd Amb. - ASA.* 2013;1(1):1–13.
59. Moreira LH, Buzanskas ME, Munari DP, Canova EB, Lobo RB, Paz CCP. Reproductive traits selection in Nelore Beef Cattle. *Cienc Agrotec.* 2015;39(4):355-362.
60. Sá Filho MF de, Baruselli PS. Buiatria para o século XXI: como incrementar a eficiência reprodutiva. *Vet Zootec.* 2011;18(4):116.
61. Gottschall CS. Controle do ciclo estral e taxa de prenhez em matrizes de corte bovinas: efeitos hormonais, genéticos e ambientais. [Tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, 2011.
62. Willians GL, Amstalden M. Understanding postpartum anestrus and puberty in the beef female. *Applied reproductive strategies in beef cattle*; 2010; San Antonio, Estados Unidos. San Antonio: ARSIBC; 2010. p.55–71.
63. Moran C, Quirke JF, Roche JF. Puberty in heifers: a review. *Anim Reprod Sci.* 1989;18(1):167–182.

64. Pereira JCC. Contribuição genética do zebu na pecuária bovina do Brasil. *Inf Agropec.* 2000;21(205):30–38.
65. Day ML, Imakawa K, Wolfe PL, Kittok RJ, Kinder JE. Endocrine mechanism of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Biol Reprod.* 1987;37:1054–1065.
66. Rawlings NC, Evans ACO, Honaramooz A, Bartlewskia PM. Antral follicle growth and endocrine changes in prepubertal cattle, sheep and goats. *Anim Reprod Sci.* 2003;78:259–270.
67. Emerick LL, Dias JC, Gonçalves PEM, Martins JAM, Leite TG, Andrade VJ, Vale Filho VR. Aspectos relevantes sobre a puberdade em fêmeas. *Rev Bras Reprod Anim.* 2009;33(1):11–19.
68. Maquivar MG. Nutritional regulation of precocious puberty in heifers. [Dissertação]. Ohio: The Ohio State University; 2011.
69. Semmelmann CEN, Lobato JFP, Rocha MG da. Efeito de sistemas de alimentação no ganho de peso e desempenho reprodutivo de novilhas Nelore acasaladas aos 17/18 meses. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(3):835–843.
70. Chenoweth PJ. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Aust Vet J.* 1994;71(12):422–426.
71. Nogueira GP. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Anim Reprod Sci.* 2004;82–83:361–372.
72. Coutinho LH, Rosário MF. *Biotechnology Animal. Estud. Avançados.* 2010;24(70):123–147.
73. Gasser CL, Grum DE, Mussard ML, Fluharty FL, Kinder JE, Day ML. Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *J Anim Sci.* 2006;84:3118–3122.
74. Silva JA V, Dias LT, Albuquerque LG. Estudo genético da precocidade sexual em Novilhas em um rebanho Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2005;34(5):1568–1572.
75. Azevêdo DMMR, Filho RM, Lôbo RNB, Lôbo RB, Moura AAAN De, Filho ECP, Malhado CHM. Produtividade acumulada (PAC) das matrizes em rebanhos Nelore do norte e Nordeste do Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2005;34(1):54–59.
76. Quadros SAF De, Lobato JFP. Bioestimulação e comportamento reprodutivo de novilhas de Corte. *Rev Bras Zootec.* 2004;33(3):679–683.
77. Nepomuceno D de D. Efeito do manejo nutricional sobre a maturação do eixo reprodutivo somatotrófico no início da puberdade de novilhas Nelore. [Tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de

- Queiroz"; 2013.
78. Ponzoni RW, Newman S. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Anim Prod.* 1989;49:35–47.
  79. Oliveira HN. Comparação de critérios de seleção em gado de corte. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária; 2003.
  80. Malhado CHM, Carneiro PLS, Santos PF, Azevedo DMMR, Souza AJC de, Mello PR. Curva de crescimento em ovinos mestiços Santa Inês x Texel criados no Sudoeste do Estado da Bahia. *Rev Bras Saude Prod Anim.* 2008;9(2):210–218.
  81. Lira TS de, Pereira L de S, Lopes FB, Ferreira JL, Lôbo RB, Santos GC de J. Tendências genéticas para características de crescimento em rebanhos Nelore criados na região do trópico úmido do Brasil. *Cienc Anim Bras.* 2013;14(1):23–31.
  82. Moreira HL, Canova ÉB, Munari DP, Bezerra L a. F, Lôbo RB, Paz CCP. Parâmetros genéticos para período de gestação e características de crescimento pré e pós desmame em bovinos Nelore. *Bol Indúst Anim.* 2015;72(2):130–135.
  83. Guimarães NC. Parâmetros genéticos de caracteres quantitativos relacionados à produtividade de rebanhos selecionados da raça Nelore. [Dissertação]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2016.
  84. Scarpati MTV, Lôbo RB. Modelos animais alternativos para estimação de componentes de (co)variância e de parâmetros genéticos e fenotípicos do peso ao nascer na raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 1999;28(3):512–518.
  85. Vieira HCM. Análise da estrutura genética de rebanhos da raça Guzerá de um Programa de Melhoramento Genético. [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias; 2004.
  86. Perotto DO. Efeito materno no melhoramento de gado de corte. In: Curso de Melhoramento de Gado de Corte. Campo Grande: Embrapa Geneplus; 2000.
  87. Pereira JCC. Melhoramento genético aplicado à produção animal. 5a ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora; 2008.
  88. Koury Filho W. Análise genética de escores de avaliações visuais e suas respectivas relações com desempenho ponderal na raça Nelore. [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2001.
  89. Marcondes CR. Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2000;52(1):83–89.
  90. MacNeil MD, Geary TW, Perry GA, Roberts AJ, Alexander LJ. Genetic partitioning of variation in ovulatory follicle size and probability of pregnancy in beef cattle. *J Anim Sci.* 2006;84(7):1646–1650.

91. Siqueira JB, Guimarães JD, Pinho RO. Relação entre perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. *Rev Bras Reprod Anim.* 2013;37(1):3–13.
92. Faria CU de, Magnabosco CU, Albuquerque LG de, Reyes ADL, Bezerra LAF, Lobo RB. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. *Pesq Agropec Bras.* 2008;43(7):835–841.
93. Notter DR. Maximizing fertility in animal breeding programs. Congresso Brasileiro de Produção Animal; 1995; Belo Horizonte, Brasil. Belo Horizonte: CBRA; 1995.
94. Bourdon RM, Brinks JS. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *J Anim Sci.* 1983;57(6):1412–1417.
95. Cavalcante FA, Martins Filho R, Campello CC, Lobo RNB, Martins GA. Intervalo de partos em rebanho Nelore na Amazônia Oriental. *Rev Bras Zootec.* 2000;29(5):1327–1331.
96. Oliveira Filho EB, Abreu UGP, Bianchini Sobrinho E. Avaliação genética quantitativa do intervalo entre partos em um rebanho Nelore, variedade pele rosa. 28º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 1991; João Pessoa, Brasil. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia; 1991. p.535.
97. Campello CC, Martins Filho R, Lobo RNB. Intervalo de partos e fertilidade real em vacas Nelore no Estado do Maranhão. *Rev Bras Zootec.* 1999;28(3):474–479.
98. Glessler SL, Bergmann JAG, Pereira CS, Vannia MP, Pereira JCC, Glessler MGM. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras zootec.* 2000;29(2):427–437.
99. Pereira JCC, Ayala JMN, Oliveira HN. Efeitos genéticos e não genéticos sobre a idade ao primeiro parto e o intervalo entre partos de duas populações da raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 1991;43(1):93–102.
100. Lobo RB. Programa de melhoramento genético da raça Nelore. Ribeirão Preto: ANCP; 2001.
101. Oliveira LR de. Estudo da influência de fatores genéticos e ambientais sobre as características produtivas e reprodutivas em um rebanho de bovinos Nelore no estado de Goiás. [Dissertação]. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária; 2007.
102. Edson LAR, Restle J, Rocha MA, Mizubuti IY, Silva L das DF da. Eficiência produtiva em vacas primíparas das raças Aberdeen Angus e Charolês. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(1):125–132.
103. Saueressig MG, Falcão RA, Serrano G, Régia K, Marcelino A, Paludo GR. Componentes Reprodutivos e Produtivos no Rebanho de Corte da Embrapa Cerrados. *Rev Bras Zootec.* 2002;31:648–657.

104. Boligon AA, Sala VE, Mercadante MEZ, Ribeiro EG, Cyrillo JNDSG, Albuquerque LG. Parâmetros genéticos para diferentes relações de peso ao nascer e à desmama em vacas da raça Nelore. *Ciência Rural*. 2013;43(4):676–681.
105. Lobo RB. Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore. Ribeirão Preto: ANCP; 1996.
106. Santana ML, Eler JP, Bignardi AB, Ferraz JBS. Genetic associations among average annual productivity, growth traits, and stayability: A parallel between Nelore and composite beef cattle. *J Anim Sci*. 2014;91(6):2566–2574.
107. Rezende M De, Bento J, Ferraz S, Meirelles FV. Estimativa de parâmetros genéticos para idade ao primeiro parto e produtividade acumulada de fêmeas em um rebanho da raça Nelore. VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal; 2008; São Carlos, Brasil. São Carlos: SBMA; 2008. p.1–3.
108. Gesualdi A, Queiroz AC De, Resende FD de, Alleoni GF, Razook AG, Figueiredo LA de, Gesualdi ACL de S, Detmann E. Desempenho produtivo e eficiência bioeconômica de bovinos Nelore e Caracu selecionados para peso aos 378 dias de idade recebendo alimentação à vontade ou restrita. *Rev Bras Zootec*. 2006;35(2):576–583.
109. Tonussi RL, Espigolan R, Gordo DGM, Magalhaes AFB, Venturini GC, Baldi F, Oliveira HN, Chardulo LAL, Tonhati H, Albuquerque LG. Genetic association of growth traits with carcass and meat traits in Nellore Cattle. *Genetic Molec Res*. 2015;14:18713-18719.
110. Marques EG, Magnabosco CU, Lopes FB, Silva MC. Estimativas de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais confinamento. *Biosc J*. 2013;29(1):159–167.
111. Mamede MMS. Análise genética para maciez de carne e suas relações com as características produtivas em bovinos Nelore mocho. [Tese]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2015.
112. Muller L. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. Santa Maria: UFSM; 1980.
113. Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Fernandes Junior GA, Bresolin T, Magalhaes AFB, Feitosa FLB, Baldi FS, Carvalheiro R, Tonhati H, Oliveira HN, Chardulo LAL, Albuquerque LG. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. *J Anim Sci*. 2016;94:1-7.
114. Riley DG, Chase CC, Hammond AC, West RL, Johnson DD, Olson TA, Coleman SW. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. *J Anim Sci*. 2002;80(4):955–962.
115. Rezende FM, Ferraz JBS, Groeneveld E, Mourao GB, Bonin MN, Oliveira PS, et al. Estimation of genetic and phenotypic Bulls, parameters for meat and carcass trait in Nellore. 60th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science.; 2009;

- Barcelona, Espanha. Barcelona: Wageningen Academic Publishers Abstract and Congress Management Application; 2009.
116. Ferriani L, Albuquerque LG, Baldi FSB, Venturini GC, Bignardi AB, Silva JA II V, Chud TCS, Munari DP, Oliveira JA. Parâmetros genéticos de características de carcaça e de crescimento de bovinos da raça Nelore. *Arch Zootec.* 2013;62(237):123–129.
  117. Luchiari Filho A. *Pecuária da carne bovina.* São Paulo; 2000.
  118. Tarouco JU, Lobato JFP, Tarouco AK, Massia GIDS. Comparação entre medidas ultrassônicas e da carcaça na predição da composição corporal em bovinos. Estimativas do peso e da porcentagem dos cortes comerciais do traseiro. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(6):2092–2101.
  119. Matarim DL. Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultrassom, com ênfase na gordura intramuscular, em bovinos Nelore. [Dissertação]. Pirassununga: Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos; 2015.
  120. Melo RAT de, Moura MMSC. Avaliação visual em programas de melhoramento genético. *Cad. pós-graduação FAZU.* 2012;2:2–6.
  121. Faria CU de, Magnabosco CU, Albuquerque LG, Reyes ADL, Saueressig MG, Lobo RB. Utilização de escores visuais de características morfológicas de bovinos Nelore como ferramenta para o melhoramento genético animal. Planaltina: Embrapa Cerrados; 2007.
  122. Koury Filho W, Albuquerque LG de, Alencar MM de, Forni S, Vasconcelos Silva JA de, Lôbo RB. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(12):2362–2367.
  123. Qualitas N. *Sumário de Touros de 2016.* Goiânia: Qualitas Agronegócios; 2016.
  124. Silva RCG da, Ferraz JBS, Meirelles FV, Eler JP, Balieiro JCC, Cucco DC, Mattos EC, Rezende FM, Silva SL. Association of single nucleotide polymorphisms in the bovine leptin and leptin receptor genes with growth and ultrasound carcass traits in Nelore cattle. *Genetic Molec Res.* 2012;11:3721-3728.
  125. Lobo RB, Bezerra LAF, Figueiredo LGG, Baldi F, Faria CU, Vozzi PA, et al. *Avaliação Genética de touros e matrizes da raça Nelore: Sumário 2004.* Ribeirão Preto: GEMAC - Departamento de Genética - FMRP - USP; 2004.
  126. Malhado CHM, Ramos AA, Carneiro PLS, Azevedo DMMR, Affonso PRA de M, Pereira DG, Souza JC de. Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas e produtivas de búfalas mestiças no Brasil. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 2009;29(4):830–839.
  127. Mucarl 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;32(6):1604–1613.
128. Cruz CD. *Princípios de genética quantitativa.* Viçosa: UFV; 2005.
  129. Falconer DS, Mackay TFCC. *Introduction to quantitative genetics.* 4a ed. New York: Longman Scientific & Technical; 1996.
  130. Garnero V, Fernandes MB, Fernando L, Figueiredo C, Lôbo RB. Influência da Incorporação de dados de Progênes na Classificação de Touros da Raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2002;2002(31):918–923.
  131. Ferriani L. Estimativas de herdabilidade das características de carcaça e crescimento e de suas correlações genéticas em animais da raça Nelore. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2006.
  132. Martins Filho R, Lobo RB. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nellore cattle. *Rev Bras Genet.* 1991;14:209–212.
  133. Cruz CD, Regazzi AJ. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.* 2ª ed. Viçosa: UFV; 1997.
  134. Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG, Reyes A, Bezerra LAF, Lobo RB. Abordagem bayesiana e frequentista em análise genética tricaráter para crescimento e reprodução de bovinos. *Ciência Anim Bras.* 2008;9(3):598–607.
  135. Patterson HD, Thompson R. Recovery of inter-block information when block size are unequal. *Biometrics.* 1971;58:545–554.
  136. Henderson CR. Sire evaluation and genetic trends. *J Anim Sci.* 1973;10–41.
  137. Jiang J. *Linear and generalized linear mixed models and their applications.* New York: Springer; 2007.
  138. Mrode RA, Thompson R. *Linear models for the prediction of animal breeding values.* 3ª ed. Boston: CABI; 2014.
  139. Rao CR. Minimum variance quadratic unbiased estimation of variance components. *J Mult Anal.* 1971;1:2567–275.
  140. Hartley HO, Rao JNK. Maximum likelihood estimation for mixed analysis of variance model. *Biometrika.* 1967;54:93–108.
  141. Magnabosco CU, Lobo RB, Famula TR. Bayesian inference for genetic parameter estimation on growth traits for Nelore cattle in Brazil, using the Gibbs sampler. *J Anim Breed Genet.* 2000;117:169–188.
  142. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. *Manual for*

- BLUPF90 family of programs [acesso em 03 jan 2017]. Disponível em: [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).
143. Resende MDV de, Duarte JB. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesq Agropec Trop*. 2007;37(3):182–194.
  144. Camarinha Filho JA. Nota Metodológica sobre Modelos Lineares Mistos. Paraná: UFPR; 2003.
  145. Searle SR, Casella G, McCulloch CE. Variance components. New York: John Wiley; 1992.
  146. Harville DA. Maximum Likelihood Approaches to Variance Component Estimation and to Related Problems. *J Am Stat Assoc*. 2009;72(358):320–338.
  147. Shaw RG. Maximum likelihood approaches applied to quantitative genetics of natural populations. New York: Evolution. 1987;41:812–826.
  148. Gianola D, Fernando RL. Bayesian methods in animal breeding theories. *J Anim Sci*. 1986;63:217–244.
  149. Sorensen DA, Kennedy BW. Estimation of genetic variances from unselected and selected populations. *J Anim Sci*. 1984;59:1213–1223.
  150. Werf JHJ Van der, Boer IJM de. Estimation of additive genetic variance when base populations are selected. *J Anim Sci*. 1990;68:3124–3132.
  151. Silva RM da, Souza JC de, Silva LOC da, Silveira MV da, Freitas JA de, Marçal MF. Parâmetros e tendências genéticas para pesos de várias idades em bovinos Nelore. *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim*. 2013;14(1):21–28.
  152. Barbosa L. Avaliação genética de suínos utilizando abordagens frequentistas e bayesianas. [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2007.
  153. Albuquerque LG de, Bergmann JAG, Oliveira HN de, Tonhati H, Lobo RB. Princípios de avaliação genética. Mossoro: UFERSA, 2011. [acesso em 13 jan 2017]. Disponível em: [http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/183/arquivos/principios de avaliacao genetica.pdf](http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/183/arquivos/principios_de_avaliacao_genetica.pdf).
  154. Sirol MLFG. Análise da heterogeneidade de variância em características de crescimento de bovinos da raça Nelore. [Tese]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007.
  155. Lacerda JJD, Carneiro PLS, Martins Filho R, Malhado CHM. Parâmetros e tendências genéticas para características de crescimento em bovinos da raça Nelore. *Rev Bras Saúde Prod Anim*. 2014;15(1):10-19.
  156. Kempthorne O. An Introduction to Genetic Statistics. New York: John Wiley & Sons; 1996.

157. Sartorio SD. Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; 2008.
158. Cruz CD, Regazzi AJ. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Imprensa universitária; 1994.
159. Mingoti SA. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG; 2005.
160. Reis E. Estatística Multivariada Aplicada. Lisboa: Edições Silabo; 1997.
161. Nobrega DM. Análise discriminante utilizando o software SPSS. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia; 2010.
162. Klecka WR. Discriminant Analysis. California: Sage Publications; 1980.

## CAPÍTULO 2 – ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E CARÇAÇA EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL

### RESUMO

Para a obtenção de animais mais eficientes e sistemas de produção mais rentáveis, faz-se necessário a utilização de várias características como critérios de seleção, englobando características produtivas, reprodutivas, de carcaça e indicadoras de precocidade sexual. Contudo, são escassos os estudos que avaliam a relação das características relacionadas à antecipação da entrada das fêmeas na reprodução com outras características de importância econômica, e também em relação ao efeito da seleção genética para antecipação da vida reprodutiva ao longo dos anos em um rebanho. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo estimar os parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas entre características de crescimento, carcaça e idade à primeira concepção e ao primeiro parto, em um rebanho da raça Nelore sob seleção para precocidade sexual. Foram estimados os parâmetros genéticos para as características de peso a nascer (PN), peso aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, ganho médio diário pré e pós-desmame (GMDPRE e GMDPOS), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), marmoreio (MAR), peso da carcaça quente (PCQ), peso da porção comestível (PPC), idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP). Os componentes de (co)variância foram obtidos por meio do método de Máxima Verossimilhança Restrita, disponível no pacote BLUPF90, em análises uni e bicaracterísticas, utilizando o modelo animal. As estimativas de herdabilidade estimadas para PN (0,39), P120 (0,32), P210 (0,31), P365 (0,33), P450 (0,34), GMDPRE (0,23), GMDPOS (0,27), AOL (0,39), EG (0,34), EGP8 (0,34), MAR (0,38), PCQ (0,39), PPC (0,39), IPC (0,21) e IPP (0,24) indicaram possibilidade de seleção genética e incorporação no rebanho. As estimativas de herdabilidade materna para PN (0,06), P120 (0,08), P210 (0,07), P365 (0,05), P450 (0,11), GMDPRE (0,12) e GMDPOS (0,08) indicaram efeitos genéticos das matrizes no desempenho das progênes até a fase pós-desmame, para características de crescimento. As correlações genéticas entre as características de crescimento variaram de 0,12 a 0,90, e entre as características de crescimento e carcaça de 0,11 a 0,73. As associações genéticas entre as características de carcaça variaram de 0,31 a 0,81. As características indicadoras de precocidade sexual apresentaram coeficientes de correlação genética variando de -0,51 a -0,15 e de -0,62 a -0,33, com as características de crescimento e carcaça, respectivamente. Os coeficientes de correlação genética foram, de modo geral, favoráveis. As tendências genéticas foram de -0,01 a 2,75 kg/ano para pesos corporais, 0,01 kg/ano para GMD, 0,44 cm<sup>2</sup>/ano para AOL, 0,09 mm/ano para EG, 0,01 mm/ano para EGP8, 0,02%/ano para MAR, 0,80 kg/ano para PCQ, 0,33 kg/ano para PPC, e -0,12 a -0,16 meses/ano para características indicadoras de precocidade sexual. A seleção para precocidade sexual com base na idade à primeira concepção deverá promover mudanças genéticas no sentido contrário nas características de crescimento e carcaça.

**Palavras-chave:** avaliação de carcaça, características produtivas, parâmetros genéticos, puberdade, zebuínos

## CHAPTER 2 – GENETIC QUANTITATIVE ANALYSIS FOR GROWTH AND CARCASS TRAITS IN A NELLORE CATTLE HERD UNDER SELECTION FOR SEXUAL PRECOCITY

### ABSTRACT

To obtain more efficient animals and more profitable production systems, it is necessary to use several traits as selection criteria, including productive, reproductive, carcass traits and sexual precocity indicators. However, there are few studies evaluating the relationship between productive traits and the early beginning of female into reproduction, and the effect of genetic selection on early reproductive life of a herd over the years. Thereby, the aim of this study was to estimate the genetic parameters and the genetic and phenotypic trends between growth, carcass traits and age at first conception and first calving, in a Nellore cattle herd under selection for sexual precocity. Genetic parameters were estimated for birth weight (BW), weight at 120 (W120), 210 (W210), 365 (W365) and 450 (W450) days of age, average daily gain pre-weaning and post-weaning (ADGPRE e ADGPOS), rib eye area (REA), backfat thickness (BF), rump fat thickness (RF), marbling (MAR), hot carcass weight (HCW), weight of edible portion (WEP), age at first conception (AFCo) and age at first calving (AFCa). The covariance components were estimated using the Restricted Maximum Likelihood method, available on BLUPF90 package, in univariate and bivariate analyzes using animal model. The heritability estimated for BW (0.39), W120 (0.32), W210 (0.31), W365 (0.33), W450 (0.34), ADGPRE (0.23), ADGPOS (0.27), REA (0.39), BF (0.34), RF (0.34), MAR (0.38), HCW (0.39), WEP (0.39), AFCo (0.21) and AFCa (0.24) indicated the possibility of genetic selection. The maternal heritability estimated for BW (0.06), W120 (0.08), W210 (0.07), W365 (0.05), W450 (0.11), ADGPRE (0.12) and ADGPOS (0.08) indicated genetic effects of the dam on the progeny performance, until the post-weaning phase, for growth traits. The genetic correlations estimated within growth traits ranged from 0.12 to 0.90, and between growth and carcass traits ranged from 0.11 to 0.73. The genetic associations estimated within carcass traits ranged from 0.31 to 0.81. The traits that indicate sexual precocity showed genetic correlation coefficients ranging from -0.51 to -0.15 and -0.62 to -0.33 with growth and carcass traits, respectively. Genetic correlation coefficients were, in most cases, favorable. The genetic trends were -0.01 to 2.75 kg/year for body weights, 0.01 kg/year for ADG, 0.44 cm<sup>2</sup>/year for REA, 0.09 mm/year for BF, 0.01 mm/year for RF, 0.02%/year for MAR, 0.80 kg/year for HCW, 0.33 kg/year for WEP, and -0.12 to -0.16 months/year for traits that indicate sexual precocity. Selection for sexual precocity based on age at first conception shall promote opposite direction genetic changes on growth and carcass traits.

**Keywords:** carcass evaluation, genetic parameters, productive traits, puberty, zebu

## 1. INTRODUÇÃO

A maior abertura no mercado mundial de carnes aliado a globalização e ao aumento da competitividade faz com que os criadores de bovinos de corte busquem ferramentas que permitam melhorar a qualidade do produto, a eficiência dos sistemas de produção, além da redução dos custos. Essas ferramentas estão ancoradas no aumento da eficiência dos animais, principalmente, baseando-se na melhoria de seu potencial genético.

Atualmente, tem se dado maior ênfase a características de crescimento em programas de melhoramento genético de bovinos de corte, sendo as relacionadas a qualidade de carcaça, fertilidade e precocidade sexual utilizadas em segundo plano. Características ponderais são mais utilizadas como critérios de seleção por serem de fácil mensuração, apresentarem valores de herdabilidade de média e alta magnitude, resultando em maiores ganhos genéticos ao longo das gerações, e também por estarem diretamente relacionadas a quantidade de carne produzida<sup>1</sup>.

De fato, quanto mais rápida for a taxa de crescimento dos animais, mais curto será o ciclo de seus produtos, o que reflete na redução dos custos de produção do sistema, levando, assim, a alta adoção dessas características em programas de seleção<sup>1</sup>. Por outro lado, a seleção exclusiva para peso pode resultar em animais mais tardios sexualmente e de elevado peso a idade adulta, o que levaria ao aumento das exigências de manutença e também aumento nos custos de produção, além de impactar negativamente nas características de carcaça<sup>2</sup>.

Em adição, a lucratividade do sistema produtivo está diretamente associada a antecipação da vida reprodutiva das fêmeas, por possibilitar um maior número de filhos por matriz e também maior longevidade produtiva. A seleção para precocidade sexual também resulta no maior progresso genético, por viabilizar a maior intensidade de seleção, devido a uma maior taxa anual de novilhas para reposição, além de reduzir o intervalo de gerações<sup>3,4,5,6</sup>.

Assim, considerar apenas características de crescimento não é suficiente para obter incremento no potencial genético de um rebanho e também sustentabilidade econômica do sistema de produção. Dessa forma, visando identificar animais mais harmônicos e mais eficientes, faz-se necessário a utilização de várias características como critérios de seleção, englobando características produtivas, reprodutivas e de carcaça.

A busca por tornar os sistemas de produção mais competitivos passa pela melhoria da segurança e qualidade de carne, devendo-se incluir características que permitam

atingir essas metas como critérios de seleção, sendo que, dentre os fatores que afetam a qualidade de carcaça, destacam-se o rendimento de cortes cárneos e a porcentagem de gordura subcutânea e intramuscular na carcaça<sup>7</sup>. Essas podem ser avaliadas de maneira objetiva pela técnica de ultrassonografia *in vivo*, sendo um método não invasivo e que pode ser avaliado em animais jovens<sup>8</sup>. A seleção para características ligadas à qualidade de carcaça tem como objetivo atender o mercado de carne nacional e internacional, sendo de grande importância para suprir o aumento da demanda da quantidade e qualidade de carne<sup>8,9</sup>.

A fim de selecionar animais com potencial para precocidade sexual e também otimizar a performance reprodutiva do rebanho tem sido proposto a utilização de características como idade à puberdade, que além de indicar o potencial para precocidade sexual dos animais também indica o início da vida reprodutiva das fêmeas<sup>10</sup>. No entanto, a mensuração da idade à puberdade em novilhas tem apresentado dificuldade de realização, por envolver complexas avaliações para a coleta de informações<sup>10,11</sup>, o que tem resultado na baixa adoção dessa característica como critério de seleção. Sendo assim, faz-se necessário identificar características que permitam a seleção eficiente e direta para precocidade sexual, a fim de incluí-las como critérios de seleção, permitindo a obtenção de ganho genético.

Como forma de otimizar a seleção genética para precocidade sexual podem ser utilizadas outras características que apresentem correlação alta e favorável com a idade à puberdade, sendo indicadoras de precocidade sexual, e que possam tornar a seleção mais efetiva. Dentre essas características podem ser citadas a idade à primeira concepção (IPC) e ao primeiro parto (IPP). A seleção exclusiva para IPC e/ou IPP pode ser lenta em decorrência da baixa herdabilidade, que varia de 0,14 a 0,19<sup>12,13</sup>, para IPP. Entretanto, tem sido observada grande variabilidade genética para estas características, demonstrando que a seleção para elas é viável<sup>12,13</sup>.

Em adição, os estudos ainda são escassos em relação a herdabilidade e correlação de idade à primeira concepção e ao primeiro parto com outras características de importância econômica e também em relação ao efeito da seleção genética para antecipação da vida reprodutiva ao longo dos anos em um rebanho, baseando-se nessas características. A obtenção dessas informações torna possível prever os efeitos da seleção para as características adotadas sobre os demais objetivos de seleção. Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo estimar os parâmetros genéticos e as tendências genéticas e fenotípicas entre características de crescimento, carcaça e idade à primeira concepção e ao primeiro parto, em um rebanho da raça Nelore sob seleção para precocidade sexual.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização do experimento e descrição do banco de dados**

Os dados referentes aos índices produtivos, reprodutivos e de carcaça utilizados nessa pesquisa foram fornecidos pela Fazenda Vera Cruz, localizada no município de Barra do Garças, situado no Estado de Mato Grosso e também pelo Programa de Melhoramento Genético Nelore Brasil, coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Foram utilizados dados de 4100 animais da raça Nelore, nascidos entre 2009 a 2015. As informações de genealogia, que compuseram a matriz de parentesco, foram fornecidas pela ANCP.

### **2.2 Manejo reprodutivo, alimentar e sanitário dos animais**

A duração da estação de monta adotada na fazenda foi de novembro a fevereiro, onde foi utilizada inseminação artificial em tempo fixo para todas as fêmeas, com repasse de touros por monta natural após a segunda oportunidade. As fêmeas foram expostas à reprodução a partir dos 11 meses de idade e após atingirem 250 kg de peso corporal na pesagem de outubro, que é a pesagem que antecede o início da estação de monta. As fêmeas que emprenharam até os 20 meses foram classificadas como precoces e as demais como convencionais.

O diagnóstico de prenhez foi realizado através de ultrassonografia, 28 dias após a inseminação artificial, para identificar as fêmeas que não emprenharam e submetê-las a outro protocolo de inseminação artificial. Ao final da estação de monta também foi realizado ultrassonografia com o objetivo confirmar o tempo de gestação e se houve algum problema relacionado à prenhez, como aborto e reabsorção fetal. No final de cada estação de monta, as vacas vazias foram descartadas, com exceção das nulíparas, as quais tiveram oportunidade de entrar na estação de monta seguinte. Além disso, procedeu-se o descarte de fêmeas por baixo desempenho, problemas reprodutivos e por aspectos sanitários. Os touros de repasse foram submetidos a exames andrológicos para confirmação da fertilidade e capacidade reprodutiva. A média anual de nascimentos foi de 378 e 337, para machos e fêmeas respectivamente.

O desmame foi realizado ao final do sétimo mês de vida, sendo que, na fase que antecede o desmame os animais ficaram em aleitamento com acesso a um cocho exclusivo

para bezerros no qual receberam uma ração suplementar (*creep feeding*) com consumo de 0,5% de matéria seca sobre o peso vivo, para ambos os sexos. Após o desmame, as fêmeas ficaram sob pastejo consumindo, também, 1% do peso vivo de concentrado comercial de alto consumo até estarem prenhes, quando passaram a receber concentrado de baixo consumo, sendo a quantidade de 0,2% do peso vivo. Em relação aos machos, após o desmame, passaram a receber dieta a base de silagem e concentrado comercial até os 13 meses de idade, com consumo médio de 1% do peso vivo, fase na qual foram transferidos para área de pastejo onde receberam suplementação de baixo consumo, até o momento de comercialização. As espécies forrageiras utilizadas foram *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, sendo adotados manejos de rotação de pastagens. As pesagens foram realizadas na fazenda, com os animais em jejum de 12 horas e em balanças eletrônicas, sendo realizadas a cada 3 meses.

O manejo sanitário adotado seguiu as recomendações técnicas do calendário profilático do órgão de defesa sanitária estadual e o controle de ectoparasitas e endoparasitas, além de medicação necessária para o tratamento de alguma doença foi estabelecido pelo médico veterinário responsável pela fazenda.

## **2.3 Variáveis analisadas**

### **2.3.1 Características produtivas, reprodutivas e de carcaça**

As matrizes foram divididas em dois grupos de acordo com a idade à prenhez, sendo considerada como precoce as fêmeas que emprenharam até os 20 meses e como convencional para fêmeas que emprenharam após essa idade. Nos animais avaliados foram analisadas IPC e IPP, como características indicadoras de precocidade sexual.

As características reprodutivas analisadas foram obtidas da seguinte forma:

- Idade à primeira concepção (IPC): idade, em meses, que a fêmea apresentou o primeiro diagnóstico positivo para prenhez;
- Idade ao primeiro parto (IPP): idade, em meses, que a fêmea apresentou a primeira parição;

Também foram analisadas as seguintes características relacionadas ao desempenho ponderal: peso corporal ao nascimento (PN), peso padronizado aos 120 dias de idade (P120), peso padronizado aos 210 dias de idade (P210), peso padronizado aos 365 dias de idade (P365), peso padronizado aos 450 dias de idade (P450), ganho médio pré-desmama

(GMDPRE) e ganho médio pós-desmama (GMDPOS). O peso padronizado foi calculado de acordo com a seguinte fórmula<sup>14</sup>:

$$\text{Peso padronizado} = Pa + \text{GMD} \times da \quad (1)$$

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.

O ganho médio diário, necessário tanto para o ajuste dos pesos às idades-padrão quanto para avaliação da própria característica, foi obtido de acordo com a seguinte fórmula<sup>29</sup>:

$$\text{GMD} = (Pp - Pa) / (Ip - Ia) \quad (2)$$

Em que:

Pp = peso posterior à idade padrão;

Pa = peso anterior à idade padrão;

Ip = idade do animal, em dias, na pesagem posterior; e

Ia = idade do animal, em dias, na pesagem anterior.

Em relação as características de carcaça, foram coletadas imagens de ultrassom da área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8) e marmoreio (MAR). Essas medidas foram tomadas no músculo *Longissimus dorsi* entre a 12° e 13° costela (AOL, EG e MAR) e na garupa entre o íleo e o ísquio, medida na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris* (EGP8). A ultrassonografia foi realizada utilizando aparelho ALOKA 500V, com sonda linear de 17,2 cm, de 3,5 MHz e um acoplador acústico com um sistema de captura de imagens (Blackbox, Biotronics Inc., Ames, IA, EUA). Posteriormente, as imagens coletas foram interpretadas pelo laboratório Aval Serviços Tecnológicos S/C, que utiliza o “Biosoft Toolbox software” (Biotronics Inc., Ames, IA, EUA)<sup>8</sup>.

As características de Peso da Carcaça Quente (PCQ) e Peso da Porção Comestível (PPC) foram estimadas por meio de equações, onde foram utilizadas as medidas fenotípicas de AOL, EG, EGP8 e peso medido no momento das avaliações de ultrassonografia<sup>15</sup>.

## **2.4 Análise e interpretação de dados**

Para a execução das análises de desempenho e genéticas foram realizadas restrições ao banco de dados, objetivando-se garantir a consistência do mesmo. A edição, consistência e análise descritiva dos dados foram realizadas com a utilização do software estatístico SAS<sup>16</sup>. Na consistência dos dados, foram eliminadas as medidas que estavam a três e meio desvios padrão acima ou abaixo da média do seu grupo de contemporâneos (GC) para as características avaliadas. Desconsiderou-se também os grupos de contemporâneos com menos de quatro animais e também os touros com menos de cinco filhos.

Os dados foram previamente analisados, utilizando-se o procedimento General Linear Models (GLM) do pacote estatístico SAS<sup>16</sup>, para se estudar os fatores não genéticos que influenciaram as características em questão, sendo identificados os efeitos significativos. A partir dessa análise, definiu-se os grupos de contemporâneos e as covariáveis que foram incluídas nos modelos para análise genética. Com base nesses resultados, os grupos de contemporâneos foram constituídos por animais nascidos no mesmo ano e estação de nascimento, com o mesmo sexo e lote de manejo no momento de mensuração e/ou avaliação de cada característica. A estação de nascimento dos animais foi agrupada em quatro classes, sendo a primeira de janeiro a março; a segunda de abril a junho; a terceira de julho a setembro; e a quarta de outubro a dezembro.

Testou-se a conectabilidade entre os grupos de contemporâneos, com base no número total de laços genéticos, tendo-se considerado como restrição a existência de no mínimo 10 laços, usando o programa AMC<sup>17</sup>. A conectabilidade dos GCs constituiu-se de um arquipélago com maior número de laços genéticos e todos os GC a ele conectados.

Após a análise do relatório final do programa AMC, realizou-se a preparação dos arquivos de dados e de pedigree, incluindo somente GC conectados. Nas análises genéticas, foram consideradas 4081 observações de animais da raça Nelore e um arquivo com pedigree de 11.198 animais e seis gerações, utilizados na composição da matriz de parentesco.

### **2.4.1 Modelo animal**

As análises genéticas foram realizadas segundo o modelo animal separadamente (unicaráter) e em conjunto (bicaráter). Na análise unicaracterística, as características que apresentaram efeito materno foram analisadas por meio do modelo animal I, foram elas: PN,

P120, P210, P365, P450, GMDPRE e GMDPOS. Esse modelo incluiu como efeitos aleatórios os efeitos genéticos direto, materno, ambiente permanente e residual; além dos efeitos fixos (GC e classe da idade da vaca ao parto (CIVP)) e idade da vaca ao parto (IVP) (efeito linear e quadrático) como co-variável. Já para aquelas características cujo efeito materno não foi considerado (AOL, EG, EGP8, MAR, PCQ, PPC, IPC e IPP), as análises foram realizadas por meio do modelo II. Nesse modelo, incluiu-se as mesmas covariáveis, efeitos fixos e efeitos aleatórios, com exceção do efeito materno e de ambiente permanente. Além disso, para as características da carcaça foi considerado o efeito linear e quadrático da idade do animal.

Os modelos utilizados nas análises foram sugeridos por Mrode<sup>18</sup>:

$$\text{Modelo I: } y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3mpe + e \quad (3)$$

Em que:

$y$  = vetor de observações de cada característica (PN, P120, P210, P365, P450, GMDPRE e GMDPOS);

$\beta$  = vetor dos efeitos fixos (GC, CIVP e IVP como covariável);

$a$  = vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;

$m$  = vetor de efeitos genéticos aditivos maternos;

$mpe$  = vetor de efeitos de ambiente permanente;

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

$Z_1, Z_2, Z_3,$  = matrizes de incidência dos efeitos genéticos direto, genéticos materno e de ambiente permanente, respectivamente;  $e$

$e$  = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

$$\text{Modelo II: } y = X\beta + Za + e \quad (4)$$

Em que:

$y$  = vetor de observações de cada característica (AOL, EG, EGP8, MAR, PCQ, PPC, IPC e IPP);

$\beta$  = vetor dos efeitos fixos (GC, CIVP e IVP como covariável);

$a$  = vetor dos efeitos genéticos aditivos direto;

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

$Z$  = matriz de incidência dos efeitos genéticos direto;  $e$ ,

$e$  = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

A idade da vaca ao parto foi agrupada em 6 classes: menor que 30; 30,1 a 36; 36,1 a 48; 48,1 a 70; 70,1 a 120; e maior que 120 meses de idade, definidos baseando-se no agrupamento das matrizes do rebanho de acordo com a idade de parição. Para as características: AOL, EG, EGP8, MAR, PCQ, PPC, IPC e IPP não foram utilizados efeitos materno e de ambiente permanente, pois foi verificado, em análises prévias, que a contribuição desses efeitos na variância fenotípica foram inferiores a 3%.

A estrutura básica da matriz de (co)variância para as análises utilizada, pode ser descrita como:

$$\begin{aligned} E[a] &= 0, E[m] = 0, E[mpe] = E[e] = 0, \\ E[ya,m,mpe] &= X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3mpe \end{aligned} \quad (5)$$

$$Var \begin{bmatrix} a \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_d\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Em que:

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva direta;

$\sigma_m^2$  = variância genética aditiva maternal;

$\sigma_{am}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos direto e maternal;

A = matriz de parentesco entre os animais;

$\sigma_{mpe}$  = variância do ambiente permanente;

$\sigma_e^2$  = variância residual;

$I_d, I_n$  = matrizes identidade de ordem apropriada, com d = número de vacas (mães dos animais com dados) e

N = número total de animais com dados.

Foram executadas também análises bicaráter, com o objetivo principal de estimar as covariâncias e correlações genéticas e residuais entre as características estudadas. Desse modo, foram combinadas duas a duas, assumindo as covariâncias entre os efeitos maternal e direto como zero. Para tal, foi utilizado o modelo matricial bicaracterístico descrito abaixo.

$$E \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1\beta \\ X_2\beta \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a_1 \\ m_1 \\ p_1 \\ e_1 \\ a_2 \\ m_2 \\ p_2 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a_1}^2 & A\sigma_{a_1m_1} & 0 & 0 & A\sigma_{a_1a_2} & A\sigma_{a_1m_2} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a_1m_1} & A\sigma_{m_1}^2 & 0 & 0 & A\sigma_{a_2m_1} & A\sigma_{m_1m_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_d\sigma_{p_1}^2 & 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{p_1p_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_1}^2 & 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_1e_2} \\ A\sigma_{a_1a_2} & A\sigma_{a_2m_1} & 0 & 0 & A\sigma_{a_2}^2 & A\sigma_{a_2m_2} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a_1m_2} & A\sigma_{m_1m_2} & 0 & 0 & A\sigma_{a_2m_2} & A\sigma_{m_2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_N\sigma_{p_1p_2} & 0 & 0 & 0 & I_d\sigma_{p_2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_1e_2} & 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix}$$

Em que:

$\sigma_{a_1}^2$  = variância genética aditiva direta para a característica 1;

$\sigma_{m_1}^2$  = variância genética aditiva materna para a característica 1;

$\sigma_{am}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos direto e maternal;

$\sigma_{a_2}^2$  = variância genética aditiva direta para a característica 2;

$\sigma_{m_2}^2$  = variância genética aditiva materna para a característica 2;

$\sigma_{a_1a_2}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos diretos para a característica 1 e 2;

$\sigma_{m_1m_2}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos maternos para a característica 1 e 2;

A = matriz de coeficientes de parentesco;

$\sigma_p^2$  = variância dos efeitos de ambiente permanente;

$\sigma_e^2$  = variância residual;

$\sigma_{p_1p_2}$  = covariância entre os efeitos permanentes para a característica 1 e 2;

$\sigma_{e_1e_2}$  = covariância entre os efeitos residuais para a característica 1 e 2;

A estrutura geral de (co)variância dos efeitos aleatórios do modelo animal bicaráter utilizada foi a mesma utilizada para análises unicaráter.

#### 2.4.2 Determinação dos parâmetros genéticos e fenotípicos

Para as características lineares e para a combinação de duas características lineares, os componentes de (co)variância necessários para à estimação dos parâmetros genéticos das características estudadas, bem como as soluções para efeitos fixos e aleatórios incluídos no modelo, foram estimados, utilizando o modelo animal, pelo método da máxima verossimilhança restrita, que utiliza algoritmo livre de derivadas, disponível no pacote REML

(Restricted Maximum Likelihood) e AIREML (Average-Information - Restricted Maximum Likelihood), do pacote de programas BLUPF90<sup>19</sup>, utilizando o critério de convergência  $10^{-12}$ . Visando assegurar a convergência no máximo global da função de verossimilhança, foram executadas várias reinicializações até a obtenção de estabilização dos resultados estimados, utilizando-se como valores iniciais os obtidos nas análises anteriores.

As estimativas de (co)variância obtidas pelo software REMLF90 foram utilizadas como valores iniciais para o software AIREMLF90<sup>19</sup>. Como alternativa ao erro padrão, foram obtidos os desvios padrão para os coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas, utilizando a partir de sua distribuição normal assintótica multivariada, proposta por Meyer e Houle<sup>20</sup>. Os valores dos erros padrão foram, então, divididos pelo número de observações obtendo-se os desvios padrão.

A partir dos componentes de variância estimados, foram derivados os coeficientes de herdabilidade, correlações genéticas e residuais. Os coeficientes de herdabilidade direta ( $h^2$ ) das características analisadas foram estimados por meio da seguinte fórmula<sup>21</sup>:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2} \quad (7)$$

Os coeficientes de herdabilidade materna ( $h^2_m$ ) das características analisadas foram estimados por meio da seguinte fórmula<sup>21</sup>:

$$h^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2} \quad (8)$$

As correlações genéticas ( $r_{axy}$ ) entre as características foram estimadas por<sup>22</sup>:

$$r_{A(X,Y)} = \frac{Cov_{T(X,Y)}}{\hat{\sigma}_{T(X)}\hat{\sigma}_{T(Y)}} \quad (9)$$

Em que:

$Cov_{t(x,y)}$  = covariância genética e

$\sigma_{t(x)}$  e  $\sigma_{t(y)}$  = desvio padrão da variância genética para característica x e y.

As correlações residuais foram obtidas com base na equação número 9, porém, utilizando os valores de covariância e variâncias residuais das características.

Para o cálculo das tendências genéticas foram utilizados os valores genéticos diretos de cada indivíduo obtidos nas análises unicaracterísticas. Os valores genéticos dos animais foram, então, agrupados por ano de nascimento, para cálculo dos valores genéticos anuais médios, sendo esses ponderadas pelo número de observações, para o período de 2009 a

2014. A partir das médias dos valores genéticos, foi calculado a regressão em relação ao ano de nascimento dos animais, utilizando-se o PROC REG do SAS<sup>16</sup>, seguindo tendência linear e quadrática, sendo a variável dependente os valores genéticos para as características analisadas, enquanto a variável independente foi o ano de nascimento dos animais.

Para tal, foi utilizada a seguinte equação de regressão:

$$Y_i = b_0 + b_1x_i + e_i \quad (10)$$

Em que:

$Y_i$  = Valor genético para as características avaliadas do  $i$ ésimo ano de nascimento;

$b_0$  = intercepto;

$b_1$  = coeficiente angular da reta;

$x_i$  =  $i$ ésimo ano de nascimento; e

$e_i$  = erro aleatório.

Para efeitos comparativos, foi obtida também a tendência fenotípica da população, através da regressão dos valores fenotípicos, sobre o ano de nascimento do indivíduo, com base na mesma equação utilizada para análise das tendências genéticas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontram-se o número de observações, as médias, os desvios padrão, os coeficientes de variação e valores mínimos e máximos para as características de crescimento, carcaça e indicadores de precocidade sexual.

Tabela 1 – Estatística descritiva das características de crescimento, carcaça e precocidade sexual em bovinos da raça Nelore

Característica	Nº	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Mínimo	Máximo
PN (kg)	4081	34,10	2,92	8,56	23,00	45,00
P120 (kg)	3158	134,03	18,43	13,75	68,00	193,21
P210 (kg)	3222	203,67	28,59	14,04	102,00	308,00
P365 (kg)	2846	283,85	48,63	17,13	132,00	433,00
P450 (kg)	2157	324,15	55,51	17,12	172,00	481,00
GMDPRE (kg)	3070	0,79	0,20	25,32	0,07	1,71
GMDPOS (kg)	2051	0,54	0,21	38,92	0,04	1,36
AOL (cm <sup>2</sup> )	1906	55,87	9,85	17,63	24,46	96,07
EG (mm)	1844	2,63	1,35	51,55	0,27	8,83
EGP8 (mm)	1299	3,41	1,77	52,05	1,02	12,74
MAR (%)	1137	2,24	0,83	37,05	1,00	4,94
PCQ (kg)	1952	207,83	42,31	20,36	93,95	358,65
PPC (kg)	1952	82,15	17,23	20,97	34,06	143,75
IPC (meses)	1695	22,03	5,95	27,01	10,33	40,95
IPP (meses)	1490	33,14	5,62	16,97	20,13	48,33

Nº: número de observações; CV: coeficiente de variação; PN: peso ao nascer; 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; GMDPRE: ganho médio diário pré-desmame; GMDPOS: ganho médio diário pós-desmame; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; MAR: marmoreio; PCQ: peso carcaça quente; PPC: peso da porção comestível; IPC: idade à primeira concepção; IPP: idade ao primeiro parto.

A média de peso ao nascer observada no presente estudo (Tabela 1) encontra-se acima da média da raça Nelore avaliada pelo Programa Nelore Brasil<sup>15</sup>, mas está dentro do intervalo apresentado na literatura<sup>24-27</sup>. O PN foi a característica que apresentou o menor coeficiente de variação. De fato, a baixa variabilidade para PN tem sido relatada na literatura<sup>24-27</sup>, similar a desse estudo.

As médias para peso aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade encontrados foram de 134,03; 203,67; 283,85 e 324,15 kg, respectivamente. Os valores apresentados na literatura para P120 variaram de 119 a 131 kg<sup>14,15,24,28-30</sup>; para P210 variaram de 173 a 191 kg<sup>7,14,15,24,28</sup>; para peso aos 365 variaram de 210 a 249 kg<sup>7,13,15,24,25,30</sup>; e para P450 variaram de 250 a 291 kg<sup>7</sup>.

15,24,28,30. Os valores observados (Tabela 1) são superiores aos relatados na literatura, sendo esta diferença atribuída a seleção genética pela qual o rebanho avaliado vem sendo submetido, que tem como alguns dos critérios de seleção os pesos corporais, promovendo assim incremento no desempenho fenotípico do rebanho e elevando as médias de peso corporais. Os coeficientes de variação observados indicam que a dispersão dos dados em relação a média é de baixa magnitude e corroboram com os valores observados na literatura<sup>7, 13,14,15,24,25,28-30</sup>.

Os valores para ganho médio diário pré-desmame observados no presente estudo foram superiores aos ganhos pós-desmame (Tabela 1). Esse resultado é explicado pelo fato de que os ganhos em peso na fase que antecede a desmama tendem a ser maiores que na fase pós-desmame, pois a fase que vai do nascimento a puberdade é a etapa da vida do animal na qual a exigência de manutença é menor e o crescimento e, conseqüentemente, o ganho em peso é mais acentuado, tendendo a desacelerar à medida que aumenta a idade do animal<sup>31</sup>. O mesmo comportamento foi observado por Laureano et al.<sup>32</sup> e Marcondes et al.<sup>33</sup>, com médias de 0,66 e 0,73 para GMDPRE e 0,48 e 0,49 para GMDPOS, respectivamente. Apesar disso, esses autores observaram médias de ganho em peso ligeiramente inferiores aos do presente estudo, que foram de 0,79 e 0,54 kg, para GMDPRE e GMDPOS, respectivamente. Os valores superiores aos da literatura, observado nesse estudo, podem ser atribuídos ao potencial genético dos animais e maior variabilidade genética aditiva no rebanho avaliado, além das condições ambientais, as quais os animais são submetidos, com bom nível de alimentação durante todo o ciclo de vida, levando a maiores GMD. Ainda assim, os coeficientes de variação observados nesta pesquisa foram semelhantes aos apresentados na literatura<sup>32,33</sup>.

A média observada para AOL nesta pesquisa (Tabela 1) foi superior as apresentadas por Mamede<sup>7</sup>, Yokoo et al.<sup>8,34,35</sup> e Barbosa et al.<sup>36</sup>, os quais observaram valores variando de 42,57 a 48,38 cm<sup>2</sup>. Ainda assim, a média obtida encontra-se próximo aos valores apresentados por Guimarães<sup>24</sup>, cuja média observada para AOL foi de 56 cm<sup>2</sup>, avaliando rebanhos da raça Nelore. As médias para EG e EGP8 foram de 2,67 e 3,42 mm, valores que encontram-se dentro do intervalo apresentado na literatura, que variam de 1,40 a 3,29 e 1,95 a 3,46 mm, para EG e EGP8, respectivamente<sup>7,8,24,34-36</sup>. Assim, os valores médios obtidos no presente estudo para AOL, EG e EGP8, encontram-se em concordância com os apresentados na literatura, ressaltando que os resultados observados se apresentaram próximos aos maiores valores relatados, demonstrando que o rebanho avaliado apresenta bons índices de precocidade de acabamento e também rendimento de carcaça.

Dentre os coeficientes de variação observados para essas características, os maiores valores foram observados para EG e EGP8, fato também relatado por Mamede<sup>7</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Yokoo<sup>35</sup>, Barbosa et al.<sup>36</sup> e Zuin<sup>37</sup> para a raça Nelore, cujos estudos apresentaram maior variabilidade absoluta e relativa para as características relacionadas ao acabamento de carcaça. Esta maior variação pode ser atribuída a variabilidade genética entre os animais e também a fatores ambientais que influenciam as características, além da recente adoção de características de carcaça como critério de seleção, fazendo com que haja, ainda, maior variabilidade entre os animais.

Para marmoreio obteve-se média de 2,24% (Tabela 1), valor esse que encontra-se próximo aos relatados na literatura, como os apresentados por Lobo et al.<sup>38</sup> e Tonussi<sup>39</sup>, que avaliou essa característica através de metodologia *post-mortem*. Para PCQ foi observado média de 207,83 kg estando, o valor observado, dentro do intervalo relatado na literatura, que foi de 204 a 270 kg<sup>38,39</sup>. Já para PPC foi observado valor médio de 82,15 kg, sendo esse valor próximo a média da raça Nelore, avaliada pelo Programa Nelore Brasil<sup>38</sup>. O coeficiente de variabilidade dessas características foram de moderada magnitude, valores semelhantes aos apresentados por outros autores<sup>39</sup>.

Os valores observados para características indicadoras de precocidade sexual, IPC e IPP, no presente estudo (Tabela 1) encontram-se abaixo da média apresentada na literatura. Para IPP, Laureano et al.<sup>32</sup> observaram valor médio de 34 meses, Guimarães<sup>24</sup> observou valor médio de 36,01 meses, Mamede<sup>7</sup> observou valor médio de 37,98 meses, assim como Bertazzo et al.<sup>40</sup> que observaram valor médio de 38,72 meses. Contudo, foram semelhantes aos valores observados por Pereira et al.<sup>12</sup>, em fêmeas expostas à reprodução aos 14 meses, confirmando a redução da IPC e da IPP, ao trabalhar com manejo reprodutivo expondo as fêmeas em idades mais jovens, permitindo assim que essas expressem seu potencial para precocidade sexual.

Os coeficientes de variação obtidos para IPC e IPP apresentaram valores de 27,01 e 16,97% e esses encontram-se próximos aos observados na literatura<sup>7,24,40,41</sup>. Assim, indicam mediana variação dos dados em relação à média e também variabilidade fenotípica entre os animais com possibilidade de seleção.

As estimativas dos componentes de variância, herdabilidades e seus respectivos erros padrão para características de crescimento, carcaça e indicadoras de precocidade sexual estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as características de crescimento, carcaça e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore

Características	Parâmetros Genéticos								
	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_m$	$\sigma^2_{pe}$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_p$	$h^2_d$	EP- $h^2_d$	$h^2_m$	EP- $h^2_m$
PN (kg)	0,98	0,22	0,07	2,18	3,45	0,39	0,06	0,06	0,03
P120 (kg)	102,00	24,28	42,09	146,57	314,94	0,32	0,03	0,08	0,02
P210 (kg)	199,05	46,23	64,54	331,64	641,46	0,31	0,04	0,07	0,03
P365 (kg)	214,58	33,29	48,25	354,35	650,48	0,33	0,03	0,05	0,02
P450 (kg)	316,90	98,80	15,94	505,49	937,13	0,34	0,07	0,11	0,02
GMDPRE (kg)	0,10	0,05	0,05	0,22	0,42	0,23	0,02	0,12	0,02
GMDPOS (kg)	0,08	0,03	0,02	0,18	0,31	0,27	0,02	0,08	0,00
AOL (cm <sup>2</sup> )	20,07	-	-	33,03	53,10	0,39	0,04	-	-
EG (mm)	0,59	-	-	1,16	1,74	0,34	0,03	-	-
EGP8 (mm)	0,67	-	-	1,32	1,99	0,34	0,05	-	-
MAR (%)	0,23	-	-	0,38	0,62	0,38	0,16	-	-
PCQ (kg)	165,63	-	-	261,59	427,21	0,39	0,08	-	-
PPC (kg)	60,91	-	-	95,55	156,46	0,39	0,08	-	-
IPC (meses)	3,61	-	-	13,34	16,95	0,21	0,08	-	-
IPP (meses)	4,27	-	-	13,40	17,67	0,24	0,08	-	-

$\sigma^2_a$ : variância genética aditiva direta;  $\sigma^2_m$ : variância genética aditiva materna;  $\sigma^2_{pe}$ : variância genética ambiente permanente;  $\sigma^2_e$ : variância residual;  $\sigma^2_p$ : variância fenotípica;  $h^2_d$ : herdabilidade direta; EP-  $h^2_d$  : erro padrão da herdabilidade direta;  $h^2_m$ : herdabilidade materna; EP-  $h^2_m$ : erro padrão da herdabilidade materna; PN: peso ao nascer; 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; GMDPRE: ganho médio diário pré-desmame; GMDPOS: ganho médio diário pós-desmame; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; MAR: marmoreio; PCQ: peso carcaça quente; PPC: peso da porção comestível; IPC: idade à primeira concepção; IPP: idade ao primeiro parto.

Os valores das estimativas de variância genética aditiva direta ( $\sigma^2_a$ ), genética aditiva materna ( $\sigma^2_m$ ), ambiente permanente ( $\sigma^2_{pe}$ ), residual ( $\sigma^2_e$ ) e fenotípica ( $\sigma^2_p$ ) encontram-se próximos dos valores reportados por outros autores, tal como apresentado por Garner et al.<sup>14,29</sup>, Araújo et al.<sup>25</sup>, Boligon et al.<sup>26</sup>, Lopes et al.<sup>27</sup>, Lira et al.<sup>30</sup>, Laureano et al.<sup>32</sup> e Marcondes et al.<sup>33</sup> para características de crescimento, por Mamede<sup>7</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Yokoo et al.<sup>8,34,35</sup>, Barbosa et al.<sup>36</sup>, Tonussi<sup>39</sup> e Matarim<sup>42</sup> para características de carcaça, e por Mamede<sup>7</sup>, Pereira et al.<sup>12</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Boligon et al.<sup>13,43,44</sup> para características indicadoras de precocidade sexual. De maneira geral, para todas as características avaliadas, houve moderada variabilidade genética aditiva, sendo que essas podem ser utilizada com eficiência em programas de melhoramento genético, possibilitando a identificação e seleção de animais superiores.

A variância de ambiente permanente é atribuída ao efeito maternal, ou seja, da vaca, provavelmente pelo ambiente intra-uterino, comportamento materno e nível alimentar pré-parto. Assim, o ambiente materno pode promover diferenças permanentes entre os animais<sup>33</sup>. Verificou-se, nesse estudo (Tabela 2), que esse fator influenciou todas as características de peso e ganho em peso, sendo os valores de variância proporcionais a magnitude da característica.

Além disso, diferentemente de outros estudos<sup>7,24,33</sup>, nos quais foram observados redução do efeito de ambiente permanente a medida que avançava a idade dos animais, nesse estudo a redução não foi observada, de forma que os valores se mantiveram próximos nas diferentes idades nas quais o peso foi avaliado (Tabela 2). Esse fato pode ser atribuído a baixa idade média do rebanho e também das matrizes, culminando com a maior influência materna no desempenho da progênie. Além disso, a inclusão do efeito maternal em análises de peso pós-desmame tem sido reportado por outros autores como Laureano et al.<sup>32</sup>, cujo trabalho mostrou que esse efeito influenciou as características de crescimento pós-desmama. Assim, sua inclusão nos modelos utilizados nas análises genéticas faz-se necessária, a fim de evitar a sub ou superestimação da variância genética aditiva direta ou da variância residual.

Os valores de variância residual para peso apresentaram aumento a medida que a idade do animal avançou (Tabela 2), resultado já esperado, por se tratar de animais criados, predominantemente, a pasto, estando, assim, sujeitos a diversos efeitos ambientais, além do menor controle e manejo pelo qual os animais mais velhos são submetidos, em comparação a animais mais jovens. Com base nesses valores, infere-se que há a necessidade de melhoria do ambiente e também mais controle das condições ambientais a fim de uniformizar o ambiente no qual os animais avaliados são submetidos.

Para PN foi observado valor de herdabilidade de 0,39 (Tabela 2), estando próximo ao reportado por Araújo et al.<sup>25</sup>, Boligon et al.<sup>26</sup> e por Lopes et al.<sup>27</sup>. Valores medianos de herdabilidade também foram obtidos para os pesos aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade, que foram 0,32; 0,31; 0,33 e 0,34, respectivamente. As estimativas de herdabilidade obtidas são semelhantes as apresentados por Garnero et al.<sup>14</sup>, Araújo et al.<sup>25</sup> e Lira et al.<sup>30</sup>. Contudo, os coeficientes de herdabilidade observados para peso a desmama (P120 e P210) foram superiores aos obtidos por Mamede<sup>7</sup>, Guimarães<sup>24</sup> e Garnero et al.<sup>29</sup>, cujos trabalhos apresentaram valores de herdabilidade para essas características variando de 0,20 a 0,21. A maior magnitude observada no presente estudo pode ser atribuída a maior proporção da variância aditiva em relação a ambiental, considerando que os animais são submetidos a

manejo padronizado e comprova o pequeno efeito do ambiente, em comparação com o genótipo, sobre o desempenho. Outro fator que pode ter contribuído para o maior coeficiente de herdabilidade é o processo de seleção pelo qual o rebanho foi submetido, que tem características de peso e habilidade materna como alguns dos critérios de seleção. Além disso, os dados avaliados no presente estudo são oriundos de apenas um rebanho, o que também pode ter resultado em menor variância ambiental e fenotípica para o peso ao nascer e demais características avaliadas.

A semelhança entre os valores de herdabilidade observados para os pesos nas diferentes idades permite inferir que os genes que controlam os pesos corporais contribuem de maneira semelhante para a variância aditiva direta e também fenotípica. Sendo os valores observados atribuídos ao componente genético aditivo do rebanho e, não apenas a influência ambiental.

As herdabilidades maternas observadas para pesos foram de 0,06; 0,08; 0,07; 0,05; 0,11, para PN, P120, P210, P365 e P450 (Tabela 2), respectivamente, valores próximo aos apresentados por Garnero et al.<sup>14</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Araujo et al.<sup>25</sup> e Garnero et al.<sup>29</sup>. Apesar da importância da inclusão dos efeitos maternos nos modelos de análise genética, verificada pela proporção da herdabilidade materna em relação à direta, os baixos valores desse parâmetro podem ser atribuídos a maior ação gênica aditiva direta do que a ação do genótipo materno<sup>30</sup>. Ainda assim, apesar da baixa magnitude, o efeito materno se mostrou presente podendo ser utilizado associados a outras características para seleção e, conseqüentemente, obtenção de maiores ganhos genéticos para habilidade materna.

As herdabilidades estimadas para ganhos em peso foram de média magnitude (Tabela 2), sendo semelhantes as reportadas por Laureano et al.<sup>32</sup> e Marcondes et al.<sup>33</sup>. Porém, foram inferiores as observadas para pesos corporais, fato justificado pela maior influência ambiental sobre os ganhos, considerando que essas características são diretamente e em maior significância influenciadas pela dieta ofertada. Ainda assim, há boa participação da variância genética aditiva na transmissão dessas características, confirmando a possibilidade de seleção como forma de aumentar o progresso genético destas no rebanho.

Para ganho em peso, os coeficientes de herdabilidade materna (Tabela 2) foram próximas dos valores obtidos por Laureano et al.<sup>32</sup> e Marcondes et al.<sup>33</sup>. Apesar de valores de baixa magnitude, faz-se necessário a inclusão desse efeito na análise genética, evitando a super ou subestimação dos efeitos genéticos aditivos e residuais, conforme relatado para pesos corporais.

Os valores de herdabilidade de média a alta magnitude para pesos e ganhos em peso pré e pós-desmame, aliadas a baixa estimativa de herdabilidade materna, indicam menor dependência da progênie para obter maiores pesos através da contribuição das matrizes e também que parte considerável da variância fenotípica é devido a ação genética aditiva. Assim, dado as estimativas de herdabilidade para pesos e ganho em pesos, os valores fenotípicos para essas características podem ser utilizados como indicadores do valor genético aditivo direto, além de poder utilizar essas características como critério de seleção promovendo ganho genético significativo.

Em relação aos erros padrão observados no presente estudo para pesos e ganhos em peso, esses foram de baixa magnitude, demonstrando baixa variabilidade entre as médias amostrais e alta precisão das estimativas.

Os valores de herdabilidade para AOL relatados na literatura apresentam grande amplitude variando de 0,29 a 0,64<sup>7,8,24,34-37</sup>, estando o valor observado no presente estudo (0,39) dentro do intervalo apresentado na literatura (Tabela 2). Os coeficientes de herdabilidade para EG e EGP8 foram de 0,34 e 0,34, respectivamente, enquanto os valores apresentados na literatura variam de 0,13 a 0,52<sup>7,8,24,34-37</sup> e 0,24 a 0,65<sup>7,8,24,34-37</sup>, para EG e EGP8, respectivamente.

Os coeficientes de herdabilidade observados para MAR, PCQ foram 0,38 e 0,39 (Tabela 2), valores próximos aos apresentados por Tonussi<sup>39</sup>, enquanto o valor obtido para PPC foi de 0,39, valor próximo ao apresentado por Matarim<sup>42</sup>.

Os valores obtidos nesse trabalho para características de carcaça são similares à diversos relatos de vários autores, que apresentam valores de herdabilidade de média a alta magnitude para essas características. Contudo, é importante ressaltar que os parâmetros genéticos nessas características em populações envolvendo a raça Nelore são resultados de diferentes métodos de estimação, envolvem avaliações realizadas por diferentes metodologias e mensuradas em várias idades, além de empregar diferentes equipamentos e técnicos, o que pode levar a variação nos resultados observados. Ainda assim, os valores obtidos para essas características indicam que existem diferenças genéticas aditivas entre os indivíduos, de forma que a seleção pode ser um instrumento efetivo para se obter mudanças genéticas no rebanho sob seleção, promovendo assim rápido progresso genético.

O valor da herdabilidade para idade à primeira concepção obtido no rebanho avaliado foi de 0,21, (Tabela 2) estando dentro do intervalo observado na literatura para prenhez precoce, avaliada como característica binária, cuja amplitude é de 0,20 a 0,54<sup>13,15,45-</sup>

<sup>47</sup>. O coeficiente de herdabilidade obtido no presente estudo para a idade ao primeiro parto foi de magnitude moderada, sendo, superior aos valores relatados por Mamede<sup>7</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Silva et al.<sup>48</sup> e Pereira et al.<sup>12</sup>, cuja amplitude varia de 0,09 a 0,16. Por outro lado, foi próximo ao valor apresentado por Boligon et al.<sup>13</sup>, cujo estimativa de herdabilidade foi de 0,25.

A superioridade obtida no presente estudo para herdabilidade de características indicadoras de precocidade sexual pode ser atribuída a seleção para precocidade sexual a qual o rebanho avaliado foi submetido, sendo as fêmeas expostas à reprodução a partir dos 11 meses. Assim, se as novilhas forem expostas e a idade a concepção ou ao parto mensuradas em idades precoces, serão obtidas maiores estimativas de herdabilidade, fato confirmado por Boligon et al.<sup>13</sup> e Mattar et al.<sup>41</sup>. Além disso, conforme já mencionado, os dados avaliados no presente estudo são oriundos de apenas um rebanho, o que pode ter resultado na menor variância ambiental e maior herdabilidade.

Diante dos valores de herdabilidade obtidos para IPC e IPP, podemos considerar que essas características também sofrem influência ambiental, como pelo manejo reprodutivo ao qual as fêmeas são submetidas. De forma que o desafio de fêmeas e a exposição precoce à reprodução permitem que elas expressem seu potencial para precocidade e também é eficaz na redução da idade ao primeiro parto de fêmeas, conforme observado também por Boligon et al.<sup>13</sup>. Além disso, os valores obtidos para herdabilidade para IPC e IPP indicam que boa parte da variância fenotípica das características estudadas podem ser atribuída aos efeitos aditivos dos genes e assim ser utilizadas como critério de seleção, transmitido a progênie e incorporada ao rebanho, promovendo progresso genético para precocidade sexual em novilhas da raça Nelore.

De maneira geral, os valores observados para os erros padrão da herdabilidade apresentadas no presente estudo para características de carcaça e indicadoras de precocidade sexual são de baixa magnitude, demonstrando baixa variabilidade entre as médias amostrais e boa precisão das estimativas.

As estimativas das correlações genéticas e correlações residuais entre as características de crescimento, carcaça e indicadoras de precocidade sexual estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Correlações genéticas aditivas (acima da diagonal) e correlações residuais (abaixo da diagonal) com seus respectivos erros padrão (entre parênteses) entre características de crescimento, carcaça e indicadores de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore

Características	PN	P120	P210	P365	P450	GMDPRE	GMDPOS	AOL	EG	EGP8	MAR	PCQ	PPC	IPC	IPP
PN	-	0,69 (0,15)	0,57 (0,19)	0,55 (0,17)	0,50 (0,13)	0,24 (0,13)	0,21 (0,01)	0,17 (0,12)	0,11 (0,19)	0,22 (0,08)	0,10 (0,01)	0,30 (0,11)	0,32 (0,14)	-0,17 (0,04)	-0,15 (0,19)
P120	0,30 (0,03)	-	0,90 (0,01)	0,81 (0,11)	0,78 (0,11)	0,54 (0,01)	0,34 (0,02)	0,47 (0,15)	0,25 (0,04)	0,39 (0,11)	0,15 (0,08)	0,49 (0,11)	0,50 (0,17)	-0,41 (0,15)	-0,48 (0,07)
P210	0,25 (0,03)	0,79 (0,04)	-	0,69 (0,01)	0,83 (0,08)	0,63 (0,01)	0,29 (0,01)	0,60 (0,13)	0,26 (0,21)	0,51 (0,19)	0,14 (0,15)	0,52 (0,01)	0,56 (0,13)	-0,40 (0,04)	-0,45 (0,06)
P365	0,19 (0,05)	0,51 (0,01)	0,63 (0,12)	-	0,89 (0,01)	0,28 (0,01)	0,29 (0,01)	0,65 (0,02)	0,24 (0,21)	0,48 (0,19)	0,16 (0,02)	0,69 (0,12)	0,61 (0,14)	-0,43 (0,03)	-0,49 (0,01)
P450	0,19 (0,03)	0,51 (0,04)	0,61 (0,12)	0,93 (0,05)	-	0,12 (0,01)	0,42 (0,05)	0,73 (0,04)	0,30 (0,16)	0,68 (0,04)	0,17 (0,09)	0,69 (0,05)	0,57 (0,01)	-0,51 (0,03)	-0,43 (0,04)
GMDPRE	0,18 (0,03)	0,19 (0,04)	0,53 (0,12)	0,38 (0,01)	0,32 (0,04)	-	0,28 (0,03)	0,32 (0,01)	0,44 (0,27)	0,33 (0,16)	0,12 (0,08)	0,49 (0,12)	0,48 (0,06)	-0,25 (0,02)	-0,28 (0,02)
GMDPOS	0,13 (0,01)	0,11 (0,03)	0,39 (0,12)	0,11 (0,05)	0,33 (0,01)	0,18 (0,12)	-	0,42 (0,03)	0,53 (0,01)	0,36 (0,01)	0,16 (0,09)	0,50 (0,01)	0,52 (0,02)	-0,29 (0,03)	-0,33 (0,01)
AOL	0,07 (0,03)	0,15 (0,05)	0,42 (0,12)	0,37 (0,03)	0,39 (0,01)	0,28 (0,11)	0,19 (0,11)	-	0,38 (0,13)	0,36 (0,12)	0,56 (0,15)	0,68 (0,07)	0,68 (0,06)	-0,62 (0,19)	-0,60 (0,11)
EG	-0,14 (0,03)	0,15 (0,02)	0,46 (0,01)	0,38 (0,05)	0,32 (0,01)	0,12 (0,01)	0,01 (0,05)	0,63 (0,04)	-	0,81 (0,07)	0,57 (0,18)	0,62 (0,09)	0,67 (0,09)	-0,45 (0,15)	-0,48 (0,14)
EGP8	-0,35 (0,01)	0,04 (0,02)	0,17 (0,12)	0,06 (0,01)	0,05 (0,04)	0,03 (0,11)	0,06 (0,08)	0,17 (0,16)	0,65 (0,04)	-	0,48 (0,18)	0,73 (0,09)	0,74 (0,09)	-0,39 (0,15)	-0,43 (0,14)
MAR	0,06 (0,01)	0,05 (0,11)	0,08 (0,19)	0,14 (0,05)	0,05 (0,01)	0,14 (0,02)	0,02 (0,23)	0,06 (0,11)	0,34 (0,01)	0,29 (0,05)	-	0,31 (0,11)	0,43 (0,12)	-0,33 (0,12)	-0,37 (0,06)
PCQ	0,18 (0,02)	0,33 (0,02)	0,28 (0,08)	0,27 (0,01)	0,25 (0,04)	0,36 (0,11)	0,26 (0,07)	0,14 (0,01)	0,24 (0,02)	0,21 (0,01)	0,20 (0,02)	-	0,60 (0,01)	-0,45 (0,17)	-0,42 (0,09)
PPC	0,50 (0,04)	0,31 (0,09)	0,26 (0,01)	0,25 (0,05)	0,23 (0,03)	0,34 (0,15)	0,23 (0,02)	0,12 (0,03)	0,22 (0,06)	0,19 (0,03)	0,25 (0,06)	0,87 (0,11)	-	-0,40 (0,14)	-0,41 (0,15)
IPC	-0,63 (0,04)	-0,25 (0,02)	-0,72 (0,11)	-0,84 (0,06)	-0,79 (0,04)	-0,30 (0,04)	-0,21 (0,03)	-0,52 (0,11)	-0,49 (0,06)	-0,53 (0,06)	-0,22 (0,16)	-0,41 (0,11)	-0,36 (0,05)	-	0,96 (0,13)
IPP	-0,52 (0,14)	-0,21 (0,01)	-0,51 (0,12)	-0,71 (0,05)	-0,61 (0,04)	-0,22 (0,12)	-0,15 (0,12)	-0,33 (0,01)	-0,55 (0,02)	-0,41 (0,03)	-0,17 (0,03)	-0,35 (0,01)	-0,35 (0,11)	0,78 (0,13)	-

PN: peso ao nascer; 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; GMDPRE: ganho médio diário pré-desmame; GMDPOS: ganho médio diário pós-desmame; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa; MAR: marmoreio; PCQ: peso carcaça quente; PPC: peso da porção comestível; IPC: idade à primeira concepção; IPP: idade ao primeiro parto.

Os valores das correlações genéticas entre os pesos em diferentes idades (PN, P120, P210, P365 e P450) foram de alta magnitude (Tabela 3), demonstrando que grande parte dos genes responsáveis pelo maior potencial para peso nas idades mais jovens continuam influenciando os animais em idades superiores. Em outras palavras, esses valores indicam que os genes que influenciam o PN, também influenciam o P120, P210, P365 e P450, na mesma direção. Desta forma, a seleção para animais mais pesados em idades jovens resultará em animais mais pesados também nas idades subsequentes, reduzindo o tempo que o animal gastará para chegar ao peso de abate, com conseqüente redução dos custos e do ciclo de produção.

Além disso, observou-se redução nos coeficientes de correlação a medida que a diferença entre as idades de mensuração dos pesos aumenta, fato atribuído a maior distância temporal entre as mensurações. Isso pode ser atribuído também aos valores de correlação residual observados, os quais apresentam alta magnitude, demonstrando que há também associação genética não-aditiva ou de ambiente, entre as características de peso, sendo essas, afetadas, em grande parte, pelas mesmas condições ambientais.

Resultados semelhantes aos do presente estudo, para correlação genética e residual entre pesos, foram obtidos por Mamede<sup>7</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Boligon et al.<sup>13</sup> e Marcondes et al.<sup>33</sup>, com valores observados variando de 0,15 a 0,97.

É importante ressaltar que dado a correlação alta e positiva entre os pesos corporais, incluindo o PN, a seleção para altos pesos pode resultar também no aumento do PN com conseqüente aumento de problemas reprodutivos, como partos distócicos<sup>26</sup>, devendo o aumento excessivo dessa característica deve ser evitado. Além disso, as correlações genéticas estimadas indicam que pode haver aumento excessivo no peso adulto, devendo também ser evitado, do ponto de vista prático, pois resulta em animais com maior exigência de manutenção, o que ocasiona maior custo de produção<sup>26</sup>.

As estimativas de correlação genética entre GMDPRE e pesos pré e pós-desmame foram positivas e de magnitude moderada, sendo que os maiores valores foram obtidos para os P120 e P210 (Tabela 3). Esse fato era esperado considerando que esses pesos são mensurados em idade próxima ao GMDPRE, além de o P210 ser utilizado para cálculo do GMDPRE. Resultados semelhantes foram obtidos por Laureano et al.<sup>32</sup>, cuja correlação encontrada entre ganho em peso pré e pós-desmama e pesos pré-desmama variaram de 0,43 a 0,54.

Para a associação do GMDPOS e pesos corporais também foram observadas correlações genéticas positivas e de moderada magnitude (Tabela 3), sendo os maiores valores observados para P450, fato já esperado visto que esse peso é utilizado para predição do ganho pós-desmame.

Dessa forma, a seleção para pesos corporais pode favorecer, indiretamente, a seleção para ganho em peso e vice-versa, sendo que os animais que ganham mais peso seriam também os mais pesados até a desmama ou até o abate, comportamento atribuído à influência de um mesmo grupo de genes sobre essas características. O mesmo comportamento foi observado para as correlações residuais entre GMDPOS e pesos, indicando que alterações no ambiente que levem a aumento do ganho médio pós-desmame resultarão no aumento dos pesos corporais e vice-versa.

As correlações genéticas dos pesos corporais em diferentes idades com AOL, EG e EGP8 foram positivas e de moderada a alta magnitude, sendo os menores valores observados para PN e apresentando tendência de aumento à medida que a idade do animal avança (Tabela 3). Esses resultados eram esperados dado a curva de crescimento dos animais, pois, o esqueleto do animal se desenvolve primeiro, seguido pela musculatura e tecido adiposo. Assim, em idades mais jovens, o animal apresentará maior desenvolvimento da musculatura até atingir a maturidade, passando a depositar maior quantidade de gordura após essa etapa<sup>49</sup>, o que reflete na maior associação dos pesos em maiores idades e as características de rendimento e acabamento de carcaça.

Além disso, AOL apresentou, de maneira geral, maior correlação com os pesos que EG e EGP8. Esses resultados podem ser atribuídos a relação dos pesos com o crescimento muscular enquanto a AOL está relacionada com o desenvolvimento do tecido muscular, estando ambas associadas com o rendimento cárneo. Assim, esses resultados confirmam que há uma proporção de genes que levam ao aumento do peso também estão relacionados com o aumento do rendimento de carcaça. Desta forma, espera-se que a seleção para pesos corporais possa resultar em resposta também na AOL, na mesma direção. Esse mesmo comportamento pode ser esperado para EG e EGP8, porém em menor magnitude, assim a seleção para aumento do peso leva ao aumento do rendimento e acabamento de carcaça.

Esses resultados também podem ser atribuídos, parcialmente, a seleção pela qual o rebanho vem sendo submetido, apesar dos poucos anos de condução, que tem como objetivo a precocidade sexual, o que pode ter melhorado a precocidade de crescimento e de acabamento, além de aumentar a correlação entre essas características, resultando em crescimento

acelerado e deposição de gordura na carcaça antecipada, de modo que os animais atingirão tanto o peso quanto as características de carcaça desejáveis ao abate, em menor idade.

Tonussi<sup>39</sup> observaram resultados distintos dos obtidos no presente estudo, apresentado correlação negativa entre AOL, EG, P210 e P450, cujos valores variaram de -0,40 a -0,15. Por outro lado, os resultados obtidos nesse estudo vão de encontro aos relatados por Pena et al.<sup>50</sup>, nos quais os autores estimaram correlação positiva entre pesos, AOL, EG e EGP8. Assim como Silva et al.<sup>51</sup>, que obtiveram correlação genética positiva entre pesos e AOL. Correlações positivas em características de carcaça e peso pré e pós-desmame também foram observados por Zuin<sup>37</sup>, Magnabosco<sup>52</sup> e Caetano et al.<sup>53</sup>, confirmando os resultados obtidos no presente estudo.

Os valores das correlações residuais entre AOL, EG, EGP8 e PN foram de baixa magnitude. Já entre os demais pesos corporais, os valores foram positivos e de moderada magnitude com AOL e EG, com tendência de aumento a medida que a idade do animal avança. Enquanto entre os pesos e EGP8 foram de baixa magnitude (Tabela 3). Esses resultados refletem a grande influência ambiental a qual essas características estão sujeitas, sendo os fatores de influência diferentes para os pesos e as características de espessura de carcaça na garupa. Esses resultados também foram relatados por Mamede<sup>7</sup> e Guimarães<sup>24</sup>.

As estimativas das correlações genéticas entre pesos e marmoreio foram positivas, mas de baixa magnitude (Tabela 3), indicando que apenas uma pequena parte dos genes responsáveis pela expressão dos pesos corporais, são também responsáveis pelo MAR. Assim, pode ser esperada uma pequena resposta oriunda na seleção para peso no marmoreio, e vice-versa. Resultados semelhantes foram encontrados por Tonussi<sup>39</sup>, cujas medidas foram avaliadas *post-mortem*, e Splan et al.<sup>54</sup>.

Os valores de correlação residual entre características de peso e marmoreio apresentaram magnitude semelhante aos das correlações genéticas. Esses resultados permitem inferir que há uma discrepância entre os fatores ambientais e genéticos não-aditivos que influenciam os pesos e o marmoreio, podendo ser atribuídos ao fato de o MAR não ter sido adotado como critério de seleção no rebanho avaliado. Além disso, a deposição de gordura intramuscular (marmoreio) tem início após a deposição de gordura subcutânea, devendo ser avaliadas após os animais apresentarem pelo menos 3 mm de espessura de gordura carcaça, quando utilizada a técnica de ultrassonografia<sup>52</sup>. No presente estudo, os animais passaram por essa avaliação com média de 2,67 mm de EG (Tabela 3), desta forma, é provável, que boa parte dos animais avaliados ainda não haviam começado a deposição de gordura

intramuscular. Diante disso, para se obter progresso para essas características todas devem ser incluídas como critério de seleção, tanto os pesos quanto o marmoreio.

As correlações genéticas entre PCQ e os pesos corporais foram de moderada a alta magnitude e positivas (Tabela 3), sendo os valores superiores observados para as maiores idades de mensuração, indicando que parte dos mesmos genes afetam essas características na mesma direção, de forma que a seleção para os pesos corporais em diferentes idades leva a uma resposta correlacionada no mesmo sentido no peso de carcaça. Esses resultados já eram esperados visto que ambas características estão relacionadas com crescimento dos animais, sendo indicadoras do peso corporal. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram apresentados por Tonussi<sup>39</sup>, cuja amplitude da correlação entre PCQ e pesos foi de 0,48 a 0,55, em bovinos da raça Nelore; e também Ferriani<sup>55</sup>, cujo valor encontrado foi de 0,68 entre PCQ e P450.

O mesmo comportamento da correlação genética foi observado para a correlação residual entre pesos e PCQ (Tabela 3), esses valores refletem que estas características são influenciadas por fatores ambientais semelhantes. Dessa forma, melhorias ambientais que levem ao aumento dos pesos corporais promoverão, também, aumento do peso da carcaça.

As estimativas de correlação genética entre pesos corporais e PPC foram positivas e de moderada a alta magnitude (Tabela 3), sinalizando que pode ser obtido ganho genético para PPC, ao se selecionar os pesos corporais e vice-versa. Valores positivos entre PPC e peso vivo, porém de maior magnitude, foram relatados por Matarim<sup>42</sup>. A diferença entre esse autor e o presente trabalho pode ser atribuído ao fato de que no estudo apresentado por Matarim<sup>42</sup> o peso foi avaliado no dia da avaliação por ultrassonografia, dessa forma, pode ter resultado em maior associação entre as características.

Os valores de correlação residual entre pesos e PPC foram semelhantes ao das correlações genéticas (Tabela 3), demonstrando que há fatores ambientais atuando simultaneamente sobre as duas características, de forma que mudanças no ambiente que alterem os pesos dos animais também irão alterar o peso da porção comestível da carcaça.

O resultado de correlação genética entre ganhos pré e pós-desmame, foram positivos e de moderada magnitude (Tabela 3), demonstrando que os ganhos em peso em diferentes idades são afetados parcialmente pelos mesmos genes, além disso que os animais que apresentarem maior ganho pré-desmame serão, provavelmente, os que apresentarão maior ganho também na fase posterior a desmama. Esses resultados vão de encontro aos

apresentados por Caetano et al.<sup>53</sup>, cujo valor observado foi de 0,18; e Boligon et al.<sup>43</sup>, cuja correlação estimada foi de 0,30.

As correlações residuais entre os ganhos pré e pós-desmame foi de moderada magnitude (Tabela 3), demonstrando que são afetadas por alguns fatores ambientais semelhantes, resultado esperado considerando a diferença de idade de mensuração das duas características.

Os ganhos em peso pré e pós-desmame apresentaram correlação positiva com AOL (Tabela 3), resultados semelhantes ao observado por Caetano et al.<sup>53</sup>, cuja magnitude variou de 0,33 a 0,41. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de que, assim como o peso corporal, o ganho em peso está relacionado com o crescimento e desenvolvimento muscular, podendo afetar o rendimento de carcaça. Desta forma, os ganhos em peso são influenciados por parte dos genes que também influenciam a AOL. De modo que, a seleção para uma característica pode ser utilizada para obter respostas de seleção indireta para outra no mesmo sentido.

A associação residual entre AOL e ganho em peso foi positiva e de moderada magnitude (Tabela 3) demonstrando que fatores ambientais que possibilitam elevar o ganho em peso também elevam parcialmente o rendimento de carcaça, sendo essa uma importante informação a fim de direcionar o manejo dos animais, para obter as mudanças desejadas nessas características.

Foi observado correlação positiva de GMDs com EG e EGP8 (Tabela 3), resultados positivos, porém de menor magnitude, também foram apresentados por Tonussi<sup>39</sup> e Caetano et al.<sup>53</sup>, cuja amplitude varia de 0,08 a 0,36. A deposição de tecido animal é realizada de forma escalonada, começando com o esquelético, muscular e por fim adiposo. Considerando que animais com maior ganho em peso apresentam também maior peso corporal atingindo peso mínimo para a maturidade de forma antecipada, o aumento do ganho em peso, culminando com a finalização do crescimento animal, pode levar a antecipação e também o aumento da espessura de gordura subcutânea na costela e na garupa, sendo estas características influenciadas por uma boa proporção dos mesmos genes.

As correlações residuais entre ganho pré e pós-desmame, EG e EGP8 (Tabela 3), apesar de positivas, foram de menor magnitude que as genéticas, demonstrando maior influência comum do componente genético aditivo do que do ambiental e genético não-aditivo, mas que, ainda assim, há fatores ambientais influenciando simultaneamente estas características.

As estimativas de correlação genética obtidas no presente estudo entre ganhos em peso pré e pós-desmame e marmoreio foram de baixa magnitude (Tabela 3), sendo inferiores ao valor apresentado por Tonussi<sup>39</sup>, avaliando a correlação de marmoreio com ganho em peso ao sobreano. Ainda assim, pode ser observada uma pequena resposta da seleção para ganho em peso no marmoreio e vice-versa. Esta variação entre os resultados obtidos na literatura pode ser atribuída ao fato de que a gordura intramuscular é um dos últimos tecidos a serem depositados na carcaça devendo ser observado maior correlação para medidas avaliadas nos animais mais velhos ou com o desenvolvimento completo, assim, para o ganho pré-desmama o valor observado para correlação genética tende a ser menor. O mesmo comportamento foi observado para as correlações residuais entre marmoreio e ganho em peso.

As características relacionadas à composição da carcaça, PCQ e PPC, se mostraram positivas e altamente correlacionadas geneticamente com o ganho em peso pré e pós-desmame (Tabela 3). Esse comportamento já era esperado, considerando que o ganho em peso influencia os pesos corporais e área de olho de lombo, assim apresentam uma relação genética com o peso da carcaça após o abate e também com a porção comestível da carcaça. Correlação genética positiva e de alta magnitude entre PCQ e GMDPOS também foi observado por Tonussi<sup>39</sup>, confirmando os resultados obtidos no presente estudo. Valores semelhantes entre estas características foram obtidas para correlação residual, demonstrando que tanto o PCQ, o PPC e os ganhos em peso podem ser influenciadas pelas mesmas condições ambientais.

Com base nos coeficientes de correlação estimados e de maneira geral, a seleção para ganhos em peso também poderá trazer incremento positivo nas características de qualidade e composição de carcaça.

Foram encontradas correlações positivas e de moderada magnitude para AOL com EG e EGP8 (Tabela 3). Resultados semelhantes foram reportados por Mamede<sup>7</sup>, Guimarães<sup>24</sup>, Zuin et al.<sup>37</sup> e Caetano et al.<sup>53</sup> que estimaram correlações positivas entre AOL, EG e EGP8, em bovinos da raça Nelore, com amplitude variando de 0,21 a 0,49. Assim, pode-se inferir que uma grande proporção de genes que afetam o rendimento de carcaça também apresenta influência sobre a espessura de gordura, apesar de o crescimento muscular e adiposo não acontecerem de forma simultânea, sendo que a deposição do tecido muscular ocorre primeiro<sup>49</sup>. Dessa forma, a seleção para AOL promoverá um aumento na espessura de gordura subcutânea na carcaça. Associação residual positiva e de moderada a alta magnitude também

foi observada para AOL com EG e EGP8, confirmando uma parcial e semelhante influência ambiental nas características relacionadas a carcaça.

A correlação entre AOL e MAR observada foi positiva e moderada (Tabela 3), indicando uma associação entre o rendimento muscular e a deposição de gordura intramuscular, provocados por influência de um grupo de genes que afetam simultaneamente as duas características. Matarim<sup>42</sup> encontraram resultados contrastante com o presente estudo, obtendo valor moderado e negativo (-0,23). Entretanto, são poucos os estudos avaliando a associação genética entre essas duas características, bem como a adoção dessas características como critério de seleção. Dessa forma, ainda pode haver grande variabilidade entre as características, o que pode ter resultado nas variações observadas com os valores relatados na literatura. Além disso, a correlação residual observada entre essas características apresentou valor próximo de zero, confirmando a baixa semelhança entre condições ambientais que as afetam.

Foi observada correlação positiva e de alta magnitude entre PCQ, PPC e AOL (Tabela 3). Esses resultados podem ser atribuídos a relação entre o desenvolvimento, crescimento e rendimento muscular, assim como observados para pesos corporais e AOL. Dessa forma, há uma grande proporção de genes que influenciam tanto o rendimento e o peso da carcaça, quanto o peso da porção comestível, sendo que a seleção genética para uma característica promoverá mudanças na mesma direção nas demais. Assim é possível inferir que a seleção para área de olho de lombo pode contribuir, de forma indireta, para aumento do peso e do rendimento de cortes comerciais e vice-versa. Além disso, a correlação positiva entre PPC e AOL observada no presente estudo já era esperado, considerando que enquanto a primeira representa o rendimento de cortes comerciais e a segunda representa o rendimento de carcaça, sendo assim, são medidas complementares. Esses resultados corroboram com os apresentados por Matarim<sup>42</sup>, que observou relação positiva e de alta magnitude entre PPC e AOL (0,73).

As correlações residuais entre PCQ, PPC e AOL apresentaram o mesmo comportamento que as correlações genéticas (Tabela 3), sendo, contudo, de menor magnitude. Esses resultados sugerem que fenotipicamente, animais que apresentam maior rendimento de carcaça poderão ser os mesmos a apresentar maior espessura de gordura e corroboram com os apresentados por Gordo<sup>56</sup>, cujas medidas foram avaliadas *post-mortem*, que observou correlação fenotípica positiva (0,24) entre PCQ e AOL.

Considerando que a EG e a EGP8 correspondem a mensuração da espessura de gordura em diferentes pontos do animal (Tabela 3), era esperado que a correlação entre estas características fosse alta e positiva, conforme observado no presente estudo, assim são afetadas em grande parte pelos mesmos genes. Esses resultados corroboram com os apresentados por Matarim<sup>42</sup>, cuja correlação observada foi de 0,68 entre EG e EGP8; e também por Zuin<sup>37</sup>, que observou valor de 0,64. O valor observado é satisfatório do ponto de vista comercial e de qualidade de carne, pois é necessário uma quantidade mínima e uniforme de gordura na carcaça a fim de atuar como isolante térmico para proteger a carcaça de resfriamento excessivo e evitar o encolhimento das fibras musculares, com consequente endurecimento da carne<sup>34</sup>.

O marmoreio apresentou correlação positiva e de moderada magnitude com EG e EGP8 (Tabela 3). As estimativas da correlação genética entre PCQ, EG e EGP8 foram de 0,62 e 0,63, respectivamente. Esses resultados corroboram com os apresentados por Gordo<sup>56</sup>, cujas medidas foram avaliadas *post-mortem* e valor de correlação entre PCQ e espessura de gordura foi de 0,25. Já as correlações genéticas entre PPC e espessura de gordura foram altas e positivas, 0,67 e 0,74, para EG e EGP8 (Tabela 3), respectivamente. Desta forma, infere-se que essas características são afetadas parcialmente pelo mesmo grupo de genes. Portanto, a seleção para espessura de gordura provoca respostas indiretas nas características de gordura intramuscular, peso da carcaça e rendimento dos cortes cárneos.

Em relação as correlações residuais entre EG, EGP8, MAR, PCQ e PPC foram observados valores positivos e, em geral, de moderada magnitude (Tabela 3). Demonstrando, assim que as mesmas técnicas de manejo e alteração do ambiente podem influenciar as características em questão.

A correlação genética entre MAR e características relacionadas a composição de carcaça foi positiva e de moderada magnitude, sendo de 0,31 e 0,43 para PCQ e PPC, respectivamente. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de que animais com o maior crescimento e peso devem, provavelmente, ter completado o desenvolvimento corporal, aumentando o peso dos animais ao abate, mas também a deposição de gordura intramuscular<sup>52</sup>. Além disso, o rendimento e peso dos cortes cárneos podem estar associados com a gordura intramuscular, dado a influência que esta pode apresentar no aumento do peso dos cortes cárneos. Diante desses resultados, infere-se que há uma associação genética entre estas características, de modo que o aumento no PCQ ou PPC aumentará a gordura intramuscular depositada na carcaça.

Assim como as demais características de carcaça, a correlação genética entre PCQ e PPC foi alta e positiva demonstrando que há um grupo de genes que afetam simultaneamente essas de características, de forma que a seleção para aumento de uma trará aumento na outra, e vice-versa. Esses resultados podem ser atribuídos a ligação que ambas características têm com a composição de carcaça, sendo observado que o aumento no peso ao abate e da carcaça está relacionado ao aumento dos cortes cárneos.

Apesar dos resultados obtidos no presente estudo, a pouca adoção e avaliação de características, como marmoreio, peso de carcaça quente e peso da porção comestível para bovinos da raça Nelore, demonstram que a inclusão e utilização destas características em programas de seleção deve ser realizada com cautela, buscando o equilíbrio de ganho genético entre elas, devendo ser orientadas por ponderados econômicos e/ou produtivos, bem como o objetivo do sistema produtivo. Além disso, faz-se necessário a realização de mais estudos a fim de elucidar os efeitos genéticos que podem estar atuando sobre elas.

Os valores observados entre características relacionadas com precocidade sexual e pesos corporais foram negativos e de mediana a alta magnitude, sendo os maiores valores observados para P365 e P450 (Tabela 3). Esses resultados indicam que a seleção para peso pode antecipar a maturidade sexual e, conseqüentemente, a idade à primeira concepção e ao parto, dada a associação genética favorável entre essas características, sendo que as fêmeas com maior potencial para crescimento são, comumente, as mais precoces. Correlações negativas entre pesos, IPP e prenhez precoce também foram relatados na literatura, apresentando grande amplitude, variando de -0,50 a -0,14<sup>53,43,44,57</sup>.

A magnitude observada no presente estudo para correlação genética entre pesos, IPP e IPC, pode ser atribuída a seleção pela qual o rebanho vem sendo submetido, que tem como objetivo a redução da maturidade sexual dos animais. Visto que, conforme Boligon et al.<sup>44</sup> demonstrou, as correlações genéticas sofrem influência do critério de seleção adotado para o rebanho, tal como a que favorece os animais precoces, podendo diminuir a variância das características. Em adição, Marson et al.<sup>10</sup> mostraram que a inclusão do peso da novilha como co-variável no modelo de avaliação de probabilidade de prenhez diminui os valores dos parâmetros genéticos, como a herdabilidade, demonstrando assim que o peso é de grande importância para o início da vida reprodutiva e que parte da variação genética para características relacionadas a maturidade reprodutiva pode ser devido a variação genética do peso corporal.

As associações residuais entre pesos, IPC e IPP (Tabela 3) apresentam valores negativos variando de média a alta magnitude, indicando que fatores ambientais podem afetar a entrada das fêmeas em reprodução, reduzindo a idade de entrada, esses valores corroboram com os observados na literatura<sup>53,43,44,57</sup>.

Os coeficientes obtidos para correlação entre IPC, IPP e ganhos em peso (Tabela 3) demonstram que a melhoria nos ganhos pode resultar na diminuição da idade à primeira concepção e ao primeiro parto, dado os valores negativos que foram obtidos (-0,25 a -0,33). Desta forma, infere-se que o componente genético aditivo para ganho em peso pode ser também, parcialmente, responsável pela precocidade sexual. Resultados semelhantes foram apresentados por Boligon et al.<sup>43,44</sup>, entre IPP e ganhos em peso. Assim, infere-se que as fêmeas com maior potencial para ganho em peso são também as mais precoces sexualmente, sendo esse efeito mais acentuado na fase pós-desmame. Desta forma, os ganhos em peso podem ser utilizados como critério de seleção para fêmeas precoces e vice-versa, trazendo o benefício de não elevar o peso adulto, com consequências negativas sobre o custo de manutenção<sup>44</sup>, visto que animais de maior tamanho também consumirão mais alimento, efeito que pode ser observado ao utilizar os pesos corporais como critério de seleção<sup>24</sup>.

As correlações residuais entre ganhos em peso, IPP e IPC observadas foram negativas e de moderada magnitude (Tabela 3), demonstrando que fêmeas que apresentam elevado ganho em peso apresentam maturidade sexual de forma antecipada, sendo o efeito mais acentuado ao se avaliar o GMDPRE. De fato, Abud<sup>58</sup> afirma que o manejo que leva ao aumento o ganho em peso e da condição corporal do animal, mesmo no período de acasalamento, proporciona maiores taxas de prenhez no primeiro acasalamento.

A estimativa da correlação genética e residual entre as características de carcaça e precocidade sexual foram, de maneira geral, negativas e de alta magnitude (Tabela 3). Assim, indicam que é possível melhorar a deposição de gordura e o rendimento muscular, com consequente redução da idade à primeira concepção e ao primeiro parto, através da seleção para uma destas características, dado a influência simultânea de uma grande proporção de genes a estas características. Esses resultados vão de encontro aos apresentados por Caetano et al.<sup>53</sup>, Shiotsuki et al.<sup>59</sup> e Yokoo<sup>60</sup>, cuja amplitude de correlação varia de -0,04 a -0,35, sendo de menor magnitude que o observado no presente estudo.

As associações genéticas para EG com IPC e IPP foram de -0,49 e -0,48; e entre EGP8, IPC e IPP foram -0,39 e -0,43, respectivamente (Tabela 3). Andrade<sup>45</sup>, avaliando a IPC, como característica binária, apresentou relação positiva, porém de baixa magnitude,

entre EG e IPC, indicando que a maior espessura de gordura resulta em animais com maior probabilidade de parto precoce. Bergfeld et al.<sup>61</sup> relatam que a seleção para características de carcaça, como a espessura de gordura afetam significativamente na vida reprodutiva das fêmeas bovinas. De fato, Caetano et al.<sup>53</sup> e Shiotsuki et al.<sup>59</sup> observaram correlação negativa entre IPP e espessura de gordura mensurada na costela e na garupa, confirmando os resultados obtidos no presente estudo e demonstrando que maior deposição de gordura subcutânea pode indicar um acabamento mais precoce, resultando também em animais mais precoces sexualmente.

A associação entre precocidade sexual e de carcaça era esperada visto que animais que apresentam maturidade sexual em menor idade também começam a depositar tecido adiposo de forma antecipada<sup>49</sup>. Assim, tanto o rendimento quanto a espessura de carcaça favorecem animais que venham apresentar a primeira concepção e o primeiro parto em menor idade.

As estimativas das correlações residuais entre IPC, IPP, AOL, EG e EGP8 foram negativas e de moderada magnitude (Tabela 3), assim, animais mais precoces em termos de terminação de carcaça os são também sexualmente. Demonstrando que há fatores ambientais e genéticos não-aditivos que influenciam simultaneamente essas características, sendo que quando há aumento das características relacionadas a carcaça há também redução das características indicadoras de precocidade sexual, de forma que alterações no ambiente que modifiquem um grupo irão modificar na direção oposta o outro grupo.

Os valores de correlação genética obtidos no presente estudo entre IPC, IPP e MAR foram de -0,33 e -0,37 (Tabela 3). Esses resultados indicam que parte dos genes de ação aditiva que atuam sobre IPP e IPC atuam sobre MAR e vice-versa, de forma antagonista, assim a seleção para aumento do marmoreio resultará em animais mais precoces. Andrade<sup>45</sup> observou valor de 0,20 entre MAR e IPC, avaliada como característica de limiar, assim também indica que o aumento do marmoreio resulta na redução da idade à primeira concepção, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Esses resultados podem ser atribuídos a uma possível influência positiva que o aumento do marmoreio e as reservas de gordura podem apresentar sobre o desencadeamento da puberdade e sobre as características de precocidade sexual, causando redução da idade ao primeiro parto<sup>62</sup>. Além disso, a deposição de gordura muscular ocorre após todo o crescimento e desenvolvimento muscular do animal ter sido completado, juntamente com a deposição de tecido adiposo, logo depois de o animal atingir a maturidade<sup>52</sup>. Dessa forma,

animais mais precoces sexualmente atingem a maturidade em menor idade, dando início a deposição de gordura intramuscular também mais jovem, justificando os resultados obtidos no presente estudo.

As correlações residuais entre IPC, IPP e MAR foram negativas, porém de menor magnitude que as genéticas (Tabela 3), demonstrando que uma pequena proporção de fatores ambientais influencia simultaneamente essas características.

As correlações genéticas entre IPC, IPP, PCQ e PPC obtidas no presente estudo foram negativas e de moderada magnitude (Tabela 3). Esses resultados demonstram que há uma ação de antagonismo entre genes que influenciam as características indicadoras de precocidade sexual e composição da carcaça, ou seja, fêmeas com menor idade à primeira concepção e ao primeiro parto tendem a apresentar maior peso de carcaça quente e também maior rendimento de cortes comerciais. O mesmo comportamento foi observado para as correlações residuais entre essas características, de forma que, fatores ambientais que elevam o peso de carcaça e também os pesos dos cortes comerciais resultam na redução da idade à primeira concepção e ao primeiro parto.

As pesquisas que relacionam características de composição frigorífica e características indicadoras de precocidade sexual são escassas na literatura, dificultando a comparação dos resultados. Ainda assim, dada a inter-relação genética e fenotípica entre características de crescimento e de composição frigorífica, cujo valor de correlação demonstra que quando há aumento da primeira há redução da segunda, os resultados obtidos do presente estudo para PCQ e PPC podem ser atribuídos aos mesmos efeitos dos pesos, visto que animais com maior desenvolvimento e que atingem maturidade sexual de forma antecipada apresentam maiores pesos corporais em idades mais jovens, o que reflete no maior peso após o abate e peso de cortes comerciais.

Apesar de poucos estudos realizados que permitam a comparação do presente estudo para a relação entre as características de carcaça, os valores obtidos são considerados satisfatórios do ponto de vista produtivo, visto que significam que a seleção para precocidade sexual com a redução da idade ao primeiro parto das fêmeas resultará na melhoria das características de carcaça e vice-versa. Assim, fêmeas precoces também apresentarão maior rendimento de carcaça, grau de acabamento, gordura intramuscular, peso após o abate e também rendimento de cortes cárneos, avaliados pela AOL, EG e EGP8, MAR, PCQ e PPC, respectivamente.

A correlação genética entre IPC e IPP obtida no presente estudo foi positiva e de alta magnitude (Tabela 3). Esse fato era esperado visto que uma está diretamente relacionada a outra. Dessa forma, essas características são afetadas por um grande número de genes semelhantes, assim, a seleção genética para redução da idade à primeira concepção leva a redução da idade ao primeiro parto e vice-versa. Em adição, quando o objetivo de seleção é o aumento da precocidade sexual, poderia ser utilizado a idade à primeira concepção como critério de seleção, pois a mensuração dessa característica pode ser realizada em idades mais jovens que a idade ao primeiro parto, reduzindo o tempo necessário para a avaliação dos animais.

Correlações genéticas favoráveis entre IPC, avaliada como prenhez precoce, uma característica de limiar, e IPP também foram observadas por Shiotsuki et al.<sup>59</sup>. Contudo, os valores observados no presente estudo apresentam magnitude superior, fato que pode ser atribuído a seleção para precocidade sexual pela qual o rebanho vem sendo submetido que pode ter levado a alteração da composição genética do rebanho, visto que, conforme afirmado por Boligon et al.<sup>44</sup> as correlações genéticas sofrem influência dos critérios de seleção adotado para o rebanho.

A correlação residual entre IPC e IPP também foi positiva (Tabela 3), porém de menor magnitude que a genética, refletindo a grande influência ambiental a qual características reprodutivas estão sujeitas, que são, parcialmente, diferentes, fazendo com que mesmo que as fêmeas emprenhem elas podem não vir a parir. Dessa forma, devem ser adotadas técnicas de manejo que ofereçam melhor ambiente para as fêmeas já prenhes a fim de possibilitar que a gestação seja levada até o final, culminando com um parto viável.

De modo geral, os erros padrão das estimativas das correlações genéticas e residuais foram de baixa magnitude, confirmando a alta precisão dos valores obtidos (Tabela 3).

Ao avaliar e estimar os parâmetros genéticos para características utilizadas como critério de seleção, faz-se necessário avaliar o ganho genético obtido em decorrência da utilização dessas, demonstrando a viabilidade ou não da inclusão das características como critério de seleção em programas de melhoramento genético. Além disso, é importante realizar a avaliação simultânea das tendências genéticas e fenotípicas, visto que progresso genético não significa, necessariamente, melhoria fenotípica e vice-versa. Nas análises para obtenção das tendências genéticas e fenotípicas verificou-se mudança quadrática significativa ( $P < 0,01$ ) para todas as características avaliadas.

As tendências genética e fenotípica para peso ao nascer estão apresentadas na Figura 1. Os resultados de tendência genética obtida para PN não apresentam tendência linear, sendo observada oscilação do ganho genético anual, com aumento e redução do valor genético durante os anos. Isso demonstra que o rebanho avaliado está mantendo os valores para PN próximo a média, reflexo da seleção genética para aumento ou redução do peso, ou que a seleção genética para manutenção do PN mediano. Resultados semelhantes foram observados por Holanda et al.<sup>63</sup> ao avaliarem a tendência genética para pesos ao nascer em bovinos Nelore.

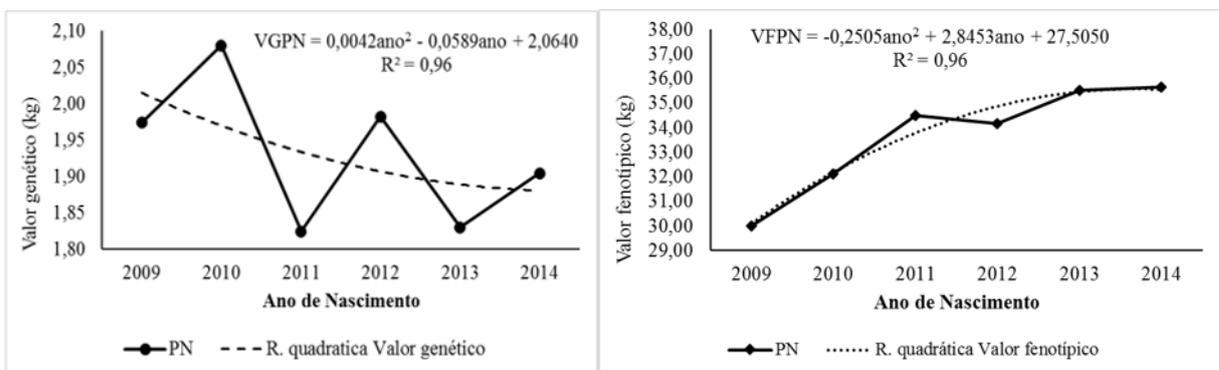


FIGURA 1 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso ao nascer (PN) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Em relação a tendência fenotípica foi observado um ligeiro aumento do PN, sendo o valor médio de 1,13 kg/ano (Figura 1). Esses resultados podem ser atribuídos a melhoria de ambiente ao qual os animais foram submetidos ocorrida ao longo dos anos, tais como aspectos nutricionais e de manejo. Ainda assim, não foi observado aumento expressivo na média fenotípica para peso ao nascer do rebanho. Do ponto de vista produtivo e reprodutivo, esses resultados são satisfatórios, pois o aumento do peso ao nascer pode resultar em problemas reprodutivos, tais como partos distócicos, devendo, então, ser evitado<sup>26</sup>.

As tendências genética e fenotípica dos pesos pós-desmama estão apresentadas na Figura 2. As análises de tendências genéticas e fenotípicas para P120 e P210 obtidas no presente estudo demonstram aumento linear e expressivo para estas características, sendo o ganho genético médio observado de 0,64 e 1,27 kg/ano, para P120 e P210, respectivamente. Esses resultados corroboram com os apresentados por Laureano et al.<sup>32</sup>, Holanda et al.<sup>63</sup> e Souza et al.<sup>64</sup>, cujos estudos demonstraram tendências genéticas positivas a desmama em bovinos Nelore, cuja amplitude de ganho genético variou de 0,171 a 0,946 kg/ano.

O aumento observado para P120 e P210 (Figura 2) pode ser atribuído a utilização dessas características como critério de seleção no rebanho avaliado, levando a melhoria do potencial genético dos animais, ao longo dos anos. Além disso, dado os resultados de tendência fenotípica (Figura 2), pode-se inferir que tenham ocorrido melhorias nas condições ambientais fornecidas aos animais que afetam os pesos pré-desmame, exceto para o ano de 2010, período no qual os animais, provavelmente, passaram por uma restrição alimentar, levando a redução dos pesos. Tendência fenotípica positiva para pesos pré-desmame também foi observado por Souza et al.<sup>65</sup>, ao avaliarem bovinos da raça Nelore criados à pasto.

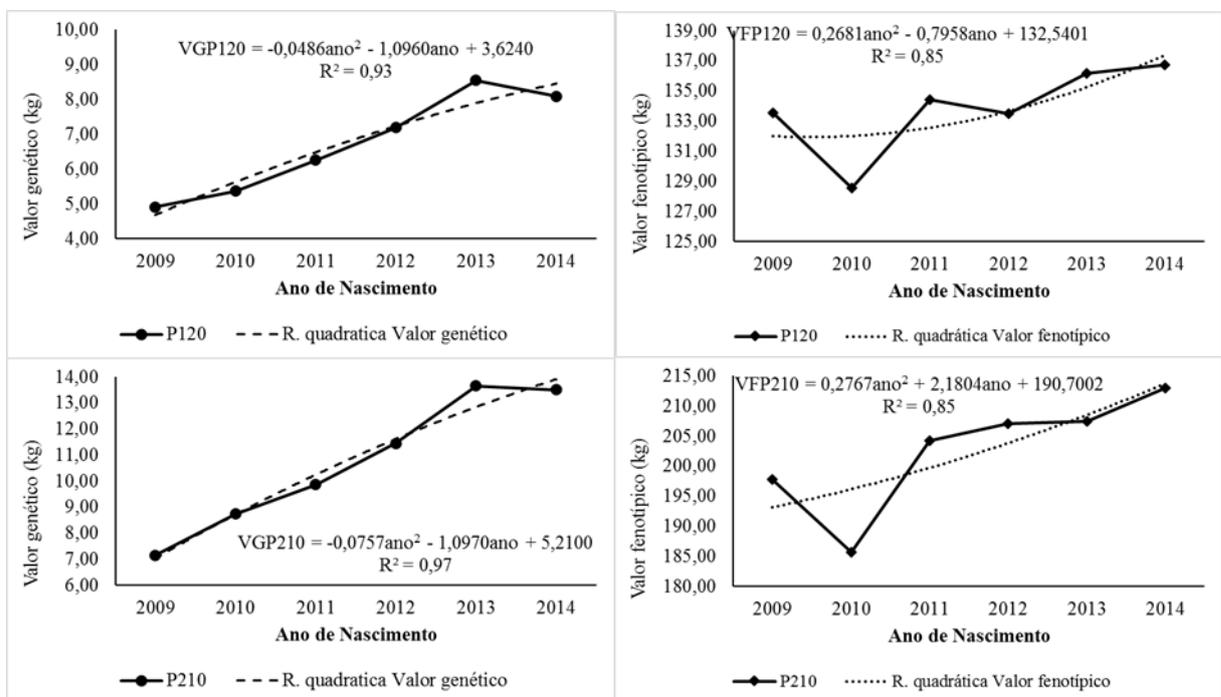


FIGURA 2 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso aos 120 e 210 dias de idade (P120 e P210) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Os resultados de tendência genética e fenotípica para pesos pré-desmama observados no presente estudo tem impacto positivo na produtividade do rebanho (Figura 2). Visto que o P120 marca o pico de lactação da fêmea bovina, podendo ser utilizado para indicar a habilidade materna, sendo de grande importância para a seleção de bovinos. Já o P210 representa o início da manifestação do mérito próprio do animal para se desenvolver, além de ser um período no qual os ganhos em peso apresentam menor custo em comparação a idades avançadas, devido a menor exigência de manutenção dos animais jovens<sup>63</sup>. Em adição, demonstra que a seleção utilizando os P120 e P210 como critérios é efetiva, trazendo aumento no potencial genético e fenotípico do rebanho.

As tendências genéticas e fenotípicas dos pesos pós-desmama estão apresentadas na Figura 3. Foi observado tendência genética positiva para essas características, sendo o ganho genético anual médio de 2,34 e 2,75 kg/ano, para P365 e P450, respectivamente, refletindo a utilização destas características como critério de seleção e confirmando a eficácia de utilização das mesmas para obtenção de ganho genético. Esses resultados são semelhantes aos apresentados por Souza et al.<sup>64</sup> e Souza et al.<sup>65</sup>.

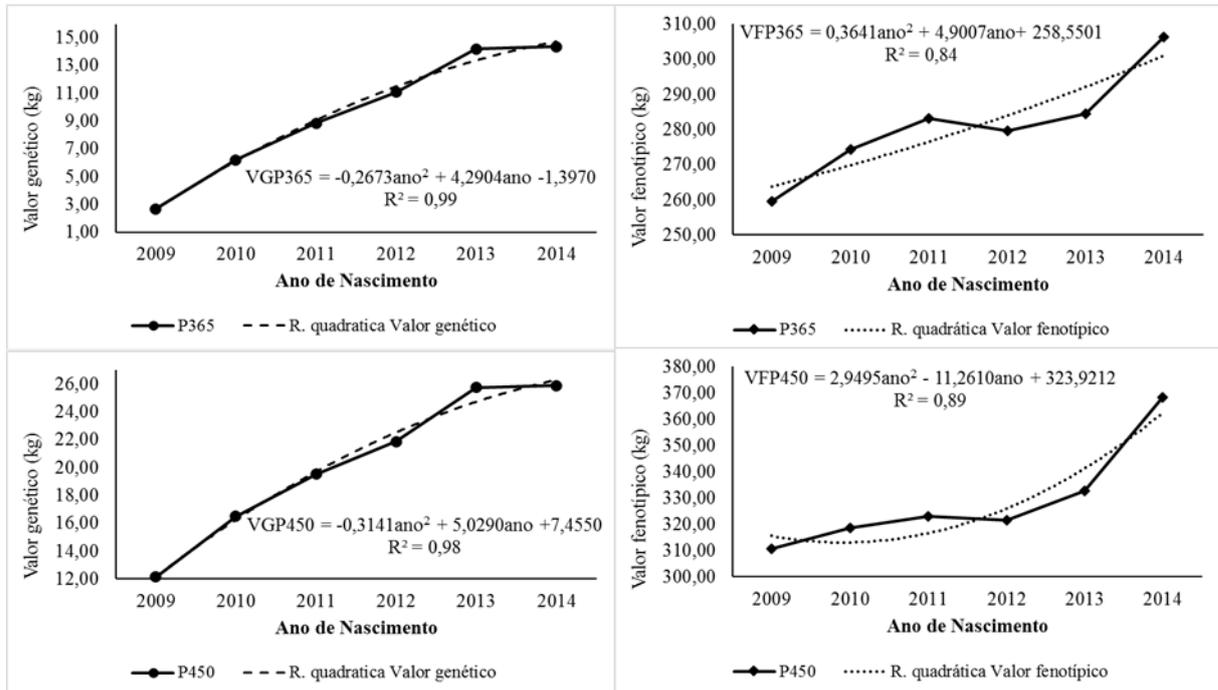


FIGURA 3 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso aos 365 e 465 dias de idade (P365 e P450) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Apesar de algumas oscilações, a tendência fenotípica observada também foi positiva para os pesos pós-desmame, sendo o ganho fenotípico médio de 9,34 e 11,50 kg/ano, para P365 e P450, respectivamente (Figura 3). As variações observadas nos pesos pós-desmama refletem oscilações na disponibilidade ou qualidade do alimento fornecido aos animais, principalmente, em relação as pastagens, além de condições climáticas ou do manejo geral aplicado ao rebanho. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os apresentados por Souza et al.<sup>64</sup>, avaliando a tendência fenotípica para pesos pós-desmame em bovinos Nelore.

De modo geral, as tendências genéticas e fenotípicas obtidas para os pesos corporais de bovinos Nelore em diferentes idades permitiram deduzir que a seleção do rebanho avaliado tem enfatizado os pesos como critério de seleção, resultando em expressivo

ganho genético e fenotípico. Contudo, é importante ressaltar que a seleção para pesos pode, ao longo dos anos, levar ao aumento do peso adulto dos animais, com conseqüente aumento nos custos de produção devido a maior exigência de manutenção<sup>26</sup>. Assim, é necessário atribuir maior atenção aos efeitos da seleção para peso, buscando evitar o aumento excessivo do peso adulto.

As tendências genéticas e fenotípicas do ganho em peso pré-desmama estão apresentadas na Figura 4. Foi observado grande oscilação da tendência genética para ganho em peso pré-desmame, ao longo dos anos, sendo negativa até o ano de 2011, seguida de um ligeiro aumento até 2013, com queda novamente em 2014. Resultados semelhantes foram apresentados por Laureano et al.<sup>32</sup>, Holanda et al.<sup>63</sup> e Souza et al.<sup>64</sup>.

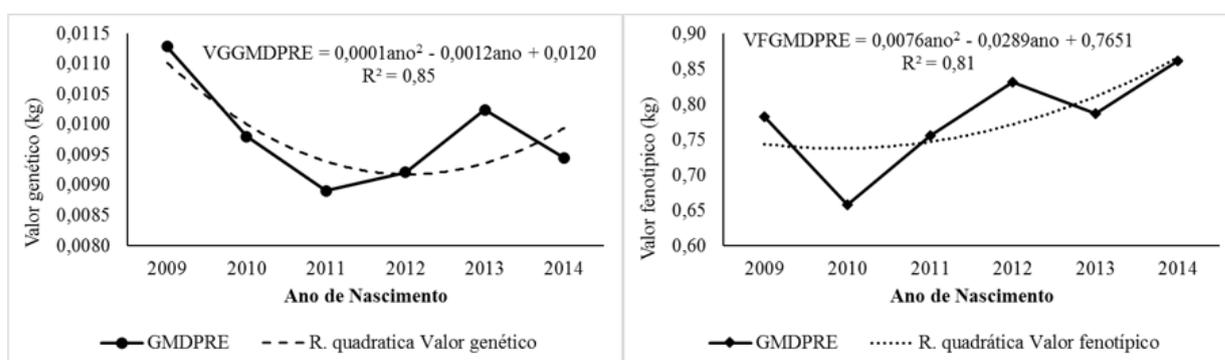


FIGURA 4 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para ganho em peso pré-desmame (GMDPRE) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

A variação no mérito genético médio do rebanho para ganho em peso pré-desmama pode ser atribuída a não utilização dessa característica como critério de seleção, além da grande influência ambiental a qual ela está sujeita, confirmada pelo coeficiente de herdabilidade (Tabela 2). Ainda assim, os valores fenotípicos apresentaram tendência positiva, apesar da queda observada no ano de 2010, corroborando com a queda de peso pré-desmama ocorrido no mesmo ano (Figura 4). Em adição, os resultados fenotípicos observados no presente estudo respaldam a alta influência ambiental sobre essas características.

As tendências genéticas e fenotípicas do ganho em peso pós-desmama estão apresentadas na Figura 5.

A tendência genética para ganho em peso pós-desmame apresentou um alto ganho entre os anos 2009 e 2010, seguido por um período no qual o ganho foi mantido. Esses resultados indicam que há influência de fatores que afetam o mérito genético do rebanho atuando sobre o ganho em peso, apesar de esses não estarem bem definidos. Oscilação na

tendência genética para ganho pós-desmame também foi apresentado por Souza et al.<sup>66</sup>, avaliando bovinos Nelore. Apesar disso, a tendência fenotípica apresentou queda entre os anos de 2009 a 2011, seguido por uma tendência positiva até 2014. Isto permite inferir que, assim como o GMDPRE, o GMDPOS é altamente influenciado pelas condições ambientais, devendo, quando se almeja altos ganhos, ser utilizadas técnicas de manejo geral e nutricional que permitam que os animais expressem seu potencial para ganho. Os resultados obtidos no presente estudo para tendência fenotípica corroboram com os apresentados por Souza et al.<sup>65</sup>, avaliando bovinos Nelore.

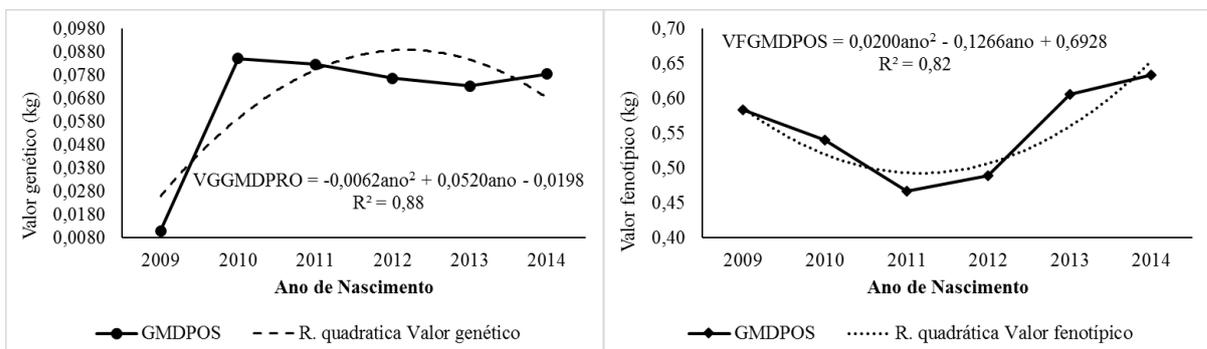


FIGURA 5 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para ganho médio pós-desmame (GMDPOS) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Apesar dos baixos valores de ganho genético obtidos para ganhos em peso, esse progresso deve ser levado em consideração, pois as mudanças genéticas são estáveis e cumulativas ao longo dos anos.

As tendências genéticas e fenotípicas para área de olho de lombo estão apresentadas na Figura 6.

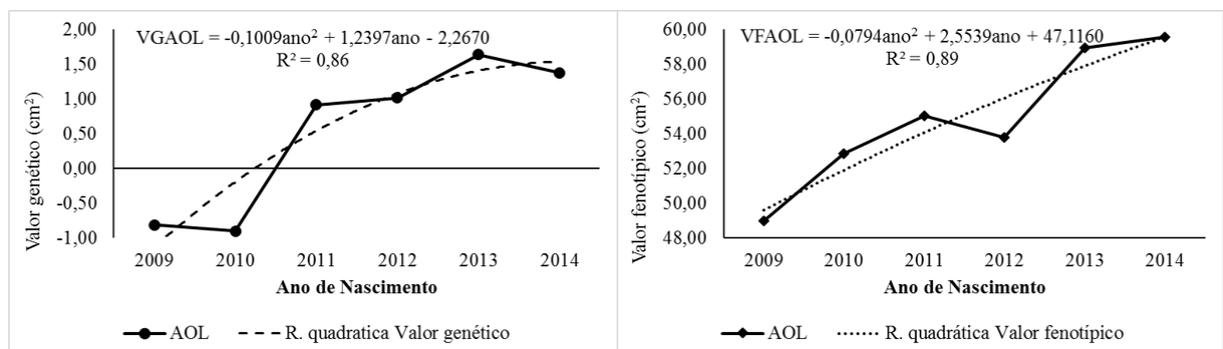


FIGURA 6 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para área de olho de lombo (AOL) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

A tendência genética para AOL apresentou tendência positiva, com aumento expressivo após o ano de 2010, sendo o ganho anual médio de 0,44 cm<sup>2</sup> (Figura 6). Esses resultados podem ser atribuídos a inclusão da característica como critério de seleção a partir do ano de 2010, mas também a correlação favorável com outras características consideradas na seleção, tais como os pesos corporais. Os resultados obtidos corroboram com os apresentados por Zuin et al.<sup>37</sup>, que observou tendência positiva para AOL, sendo mais expressiva após a inclusão desta como critério de seleção. Também Matarim<sup>42</sup> observaram ganho genético de 0,1082 cm<sup>2</sup> de área de olho de lombo, em bovinos Nelore. Esses resultados também vão de encontro aos apresentados por Menezes et al.<sup>66</sup>, que observou tendência positiva para AOL, com ganho médio anual de 0,03 cm<sup>2</sup>. A tendência fenotípica para AOL apresentou comportamento crescente, com ganho médio anual de 2,12 cm<sup>2</sup>. Esses resultados refletem melhorias cumulativas nas condições ambientais que influenciam o rendimento de carcaça, sendo expressas no fenótipo do animal.

As tendências genéticas e fenotípicas para espessura de gordura na costela e na garupa estão apresentadas na Figura 7.

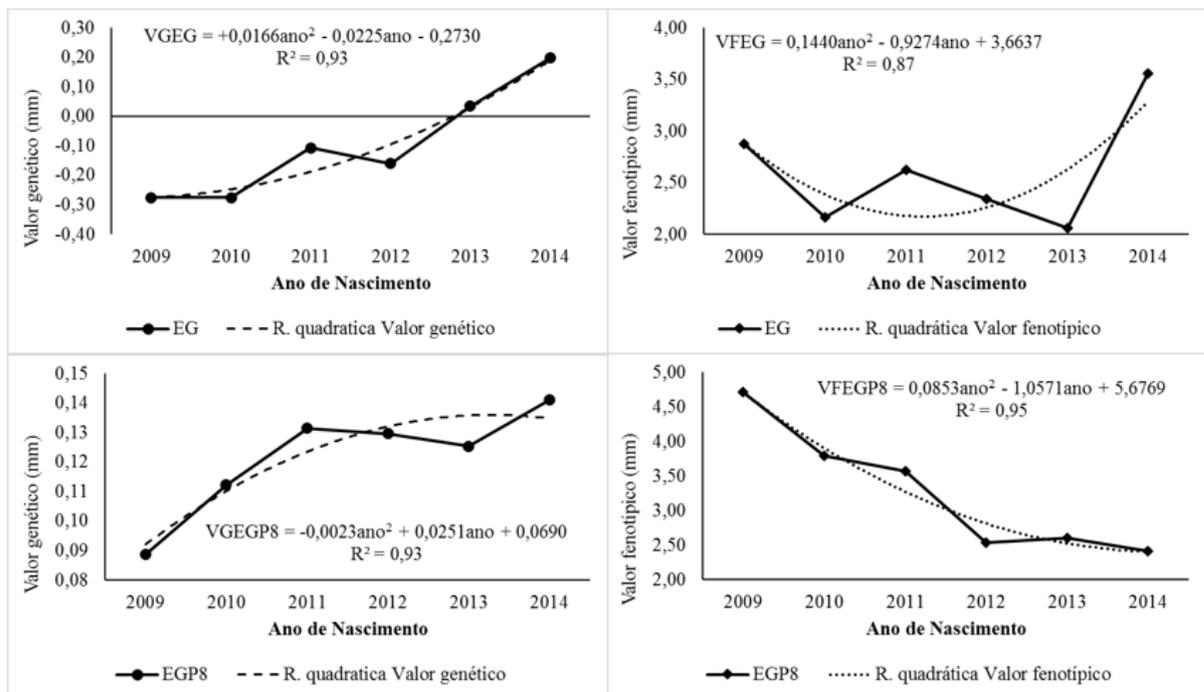


FIGURA 7 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para espessura de gordura subcutânea entre a 12 e 13<sup>o</sup> costela (EG) e na garupa (EGP8) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Para EG e EGP8, as tendências genéticas foram de 0,09 e 0,01 mm/ano, respectivamente (Figura 7). Em termos de mudança genética, isso representa incrementos de 69 e 10% nas médias anuais de EG e EGP8, respectivamente. Esses resultados sugerem que a seleção que vem sendo praticada no rebanho avaliado está provocando mudanças significativas nos valores genéticos do rebanho para espessura de gordura. Além disso, esses resultados vão de encontro aos apresentados por Menezes et al.<sup>66</sup>, cuja pesquisa apresentou tendência genética para EG de 0,03 mm/ano. Resultados aproximados também foram apresentados por Matarim<sup>42</sup>, cuja média anual de ganho genético para EG e EGP8 foi de 0,009 e 0,0196, mm respectivamente.

Apesar disso, foram observadas oscilações na tendência fenotípica para EG e tendência negativa para EGP8, demonstrando que estas características estão sob influência de uma grande quantidade de fatores ambientais que variaram durante os anos avaliados, levando a diferenças nas médias anuais. Portanto, maior atenção deverá ser dada as condições ambientais que influenciam simultaneamente essas características a fim de trazer melhorias fenotípicas.

As tendências genética e fenotípica para marmoreio estão apresentadas na Figura 8. A tendência genética para marmoreio apresentou aumento expressivo após 2010, ano no qual o rebanho passou a ser submetido a seleção genética para outras características de carcaça, como AOL, EG e EGP8. A partir desse ano, os ganhos foram pequenos, mas positivos, com média de 0,02%. Os resultados obtidos no presente estudo podem ser confirmados pela tendência apresentada por Matarim<sup>42</sup>, cujo estudo apresentou tendência positiva, porém, de baixa magnitude para marmoreio, além de confirmar a baixa utilização dessa característica em programas de melhoramento de bovinos, levando a variação nos resultados.

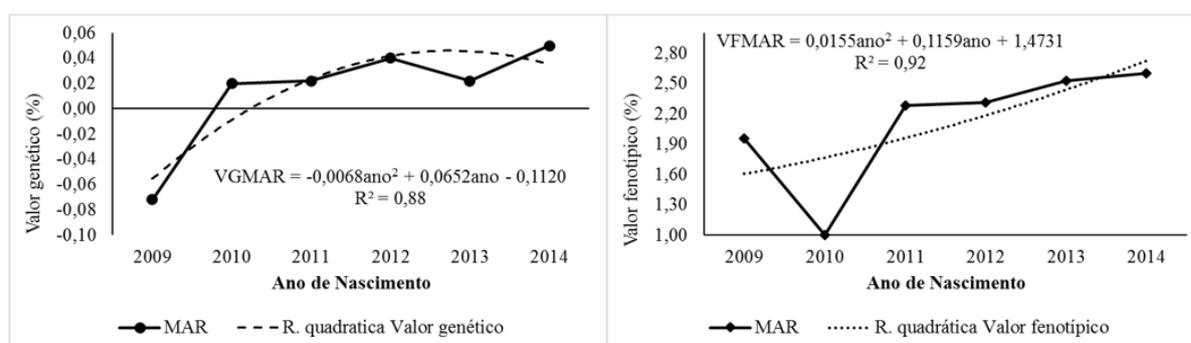


FIGURA 8 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para marmoreio (MAR) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Os resultados obtidos demonstram que há uma associação entre marmoreio e outras características utilizadas como critério de seleção, revelando que o programa de seleção utilizado tem promovido resposta indireta positiva, ainda que pequena. A tendência fenotípica acompanhou o comportamento da tendência genética para marmoreio, com um grande ganho no ano de 2010 e ganho médio de 0,13%/ano (Figura 8). Assim, para que sejam obtidos maiores ganhos para MAR deve ser utilizada a própria característica obtendo resposta direta ou características que apresentam alta correlação com a mesma.

As tendências genética e fenotípica para peso de carcaça quente estão apresentadas na Figura 9. Foi observada tendência genética positiva para PCQ, com ganho médio de 0,80 kg/ano; e o mesmo comportamento para a tendência fenotípica, com ganho médio de 20,62 kg/ano.

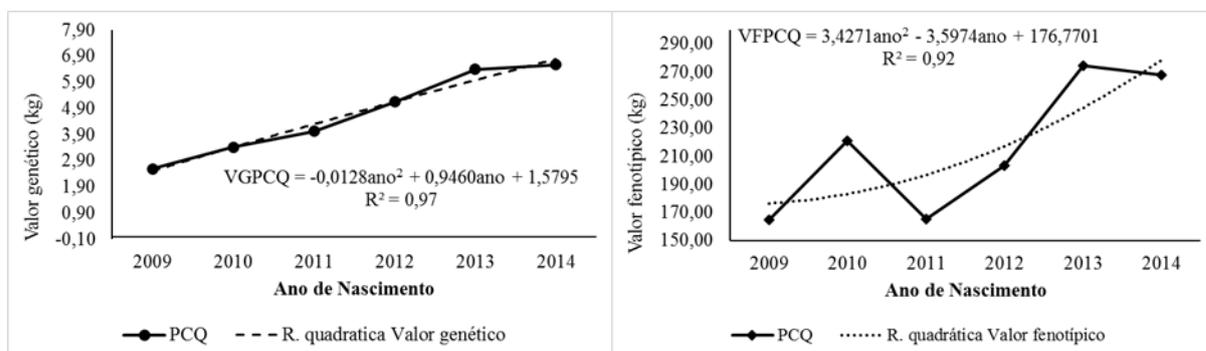


FIGURA 9 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso de carcaça quente (PCQ) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

A tendência genética e fenotípica para peso da porção comestível está apresentada na Figura 10, cujo comportamento observado foi crescente com ganho médio de 0,33 kg/ano. Resultados semelhantes foram obtidos por Matarim<sup>42</sup>, avaliando tendência genética para PPC em bovinos Nelore. Já a tendência fenotípica para PPC, apesar de resultado final positivo, demonstrou grande oscilação, refletindo a grande influência ambiental a que esta característica está sujeita, influencia essa que deverá ser controlada a fim de manter um comportamento crescente para essa característica. Em adição, apesar dos ganhos genéticos obtidos, as mudanças genéticas podem não se expressar fenotipicamente em decorrência das condições ambientais distintas ao longo dos anos avaliados.

Cabe ressaltar que tanto o PCQ e PPC não são utilizados como critérios de seleção, de forma que as mudanças genéticas e fenotípicas foram ocasionadas através de reposta indireta, devido a utilização de outras características que apresentam correlações

positivas com PCQ e PPC, causando resposta indireta, sendo as respostas indiretas de grande importância em rebanhos que trabalham com um grande número de características de seleção.

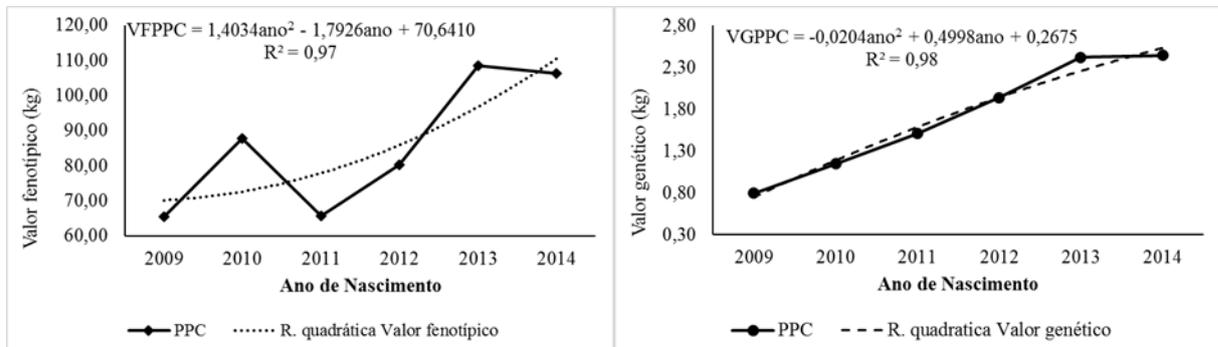


FIGURA 10 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para peso da porção comestível (PPC) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

De modo geral, os ganhos genéticos de maior magnitude para características de carcaça observados no presente estudo, em relação aos relatos apresentados na literatura, podem ser atribuídos a herdabilidade obtidas na população avaliada, a correlação genética obtida entre essas características e pesos e corporal, a maior variabilidade do rebanho e também a utilização de algumas dessas características como critérios de seleção, que tem refletido em maior resposta e ganho genético.

As tendências genéticas e fenotípicas para idade à primeira concepção e ao primeiro parto estão apresentadas na Figura 11.

Para idade à primeira concepção e ao primeiro parto pode se observar uma tendência genética negativa, com redução média de -0,12 e -0,16 meses/ano, respectivamente, indicando redução considerável para essas características (Figura 11). Os resultados obtidos no presente estudo podem ser atribuídos a exposição das fêmeas em idades mais jovens na estação de monta, permitindo, assim, que elas expressem seu potencial genético para precocidade sexual ou a ausência dele. Dessa forma, a seleção que vem sendo realizada no rebanho avaliado tem se mostrado efetiva na melhoria da precocidade sexual do rebanho, com redução da idade à primeira concepção e ao primeiro parto. Tendência genética negativa para IPP também foi observado por Laureano et al.<sup>32</sup>, avaliando bovinos Nelore, com fêmeas também submetidas a exposição precoce à reprodução, cujo valor observado para o ganho genético foi de -3,024 dias/ano.

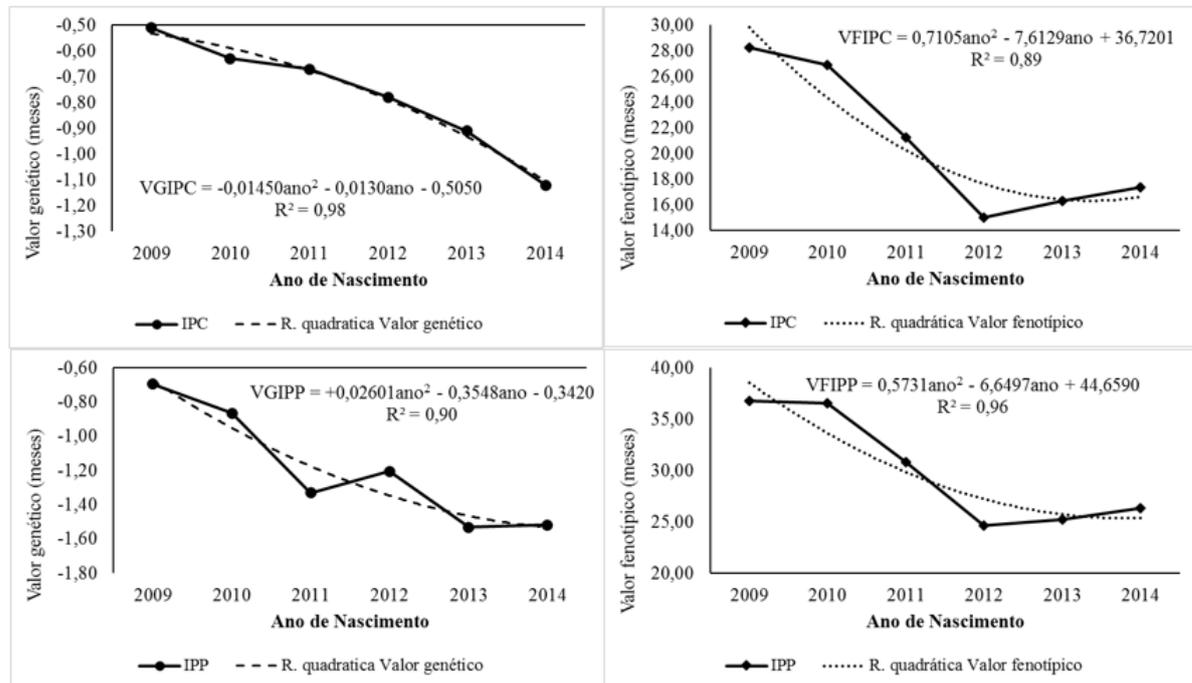


FIGURA 11 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Além disso, a seleção genética para precocidade sexual também refletiu na tendência fenotípica negativa do rebanho, com redução da média de IPC e IPP de -2,17 e -2,09 meses/ano, respectivamente (Figura 11). Demonstrando assim, a importância da entrada de fêmeas em menores idades na reprodução e que essa traz efeitos positivos e cumulativos para o rebanho. Em adição, demonstra a influência ambiental na idade à primeira concepção e ao primeiro parto, indicando que a expressão dessas características depende de condições adequadas de manejo. De fato, conforme observado por Moreira<sup>67</sup>, mesmo que seja utilizado IPP como critério de seleção, manejos efetuados dentro das fazendas podem reduzir a expressão do potencial esperado para as fêmeas. Contudo, ressalta-se que mesmo que sejam realizadas melhorias no manejo dos animais e essas podem ser alternativas rápidas para a redução da IPC e/ou IPP, os processos de seleção com consequente mudança genética tem resultados cumulativos, devendo também ser adotados.

Os programas de seleção genética têm como objetivo fornecer estratégias para mudar a média da população no sentido e para as características desejadas, sendo estas mudanças permanentes e estáveis no genótipo dos animais, afetando também o desempenho fenotípico dos animais<sup>42</sup>. Os resultados obtidos para tendências genéticas e fenotípicas para características de crescimento, carcaça e indicadoras de precocidade sexual, permitem afirmar que o processo de seleção conduzido no rebanho avaliado, considerando as características de

importância econômica para a bovinocultura e, principalmente, IPC e IPP como critério de seleção ocasionou mudanças genéticas e fenotípicas positivas e satisfatórias, ao longo dos anos avaliados.

#### 4. CONCLUSÃO

As estimativas de herdabilidade para características de crescimento, carcaça e indicadores de precocidade sexual indicam a existência de variabilidade genética aditiva suficiente para permitir ganhos genéticos por meio da seleção das mesmas.

A seleção para precocidade sexual, com base na idade à primeira concepção, deverá promover mudanças genéticas no sentido contrário nas características de crescimento e carcaça.

O processo de seleção realizado ao longo dos anos promoveu ganhos genéticos satisfatórios para todas as características avaliadas, demonstrando progresso genético no rebanho, com exceção de peso ao nascer que se manteve estável. As tendências fenotípicas para espessura de gordura destoaram das tendências genéticas, refletindo a necessidade de alteração e controle das condições ambientais para que os animais possam expressar seu potencial genético para as mesmas.

## 5. REFERÊNCIAS

1. Razook AG, Figueiredo LA de, Nardon RF, Noely J, Ruggieri AC. Efeitos de raça e da seleção para peso pós-desmame sobre características de confinamento e de carcaça da 15<sup>a</sup> progênie dos rebanhos Zebu e Caracu de Sertãozinho (SP). *Rev Bras Zootec.* 2001;30(1):115–124.
2. Albuquerque LG, Fries LA. Selection for reducing ages of marketing units in beef cattle. *World congress on genetics applied to livestock production; 1998; Armindale, Australia.* Armindale: WCGALP; 1998. p.235–238.
3. Eler JP, Santana Junior ML, Ferraz JBS. Seleção para precocidade sexual e produtividade da fêmea em bovinos de corte. *Estudos.* 2010;37(9/10):699–711.
4. Vasconcelos Silva JAII de, Dias LT, Albuquerque LG de. Estudo genético da precocidade sexual de novilhas em um Rebanho Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2005;34(5):1568–1572.
5. Vozi PA. Análise genético-quantitativa de características de precocidade sexual na raça Nelore. [Tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2008.
6. Perotto D, Miyagi AP, Souza JC, Moletta JL, Freitas JA. Estudos de características reprodutivas de animais da raça canchim, criados a pasto, no estado do paraná. *Arch Vet Sci.* 2006;11(2):1–6.
7. Mamede MMS. Análise genética para maciez de carne e suas rela es com as características produtivas em bovinos Nelore mocho. [Tese]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2015.
8. Yokoo MJT, Werneck JN, Pereira MC, Albuquerque LG, Koury Filho W, Sainz RD, et al. Correla es genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesq agropec bras.* 2009;44(2):197–292.
9. Faria CU de, Magnabosco CU, Albuquerque LG De, Reyes ADL, Bezerra LAF, Lobo RB. Análise genética de escores de avalia o visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. *Pesq Agropec Bras.* 2008;43(7):835–841.
10. Marson EP, Ferraz JBS, Meirelles FV, Balieiro JCC, Eler JP, Figueiro LGG, Mourao GB. Genetic characterization of European-Zebu composite bovine using RFLP markers. *Genetic Mol Res.* 2005;4(3):496-505.
11. Albuquerque LG, Fries LA. Parâmetros genéticos da produ o de leite e crescimento do bezerro até a desmama, como característica da vaca. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 1997; Juiz de Fora, Brasil.* Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia; 1997. p.22–24.
12. Pereira E, Eler JP, Ferraz JBS. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. *Pesq Agropec Aras.* 2002;37(5):703–708.

13. Boligon AA, Rorato PRN, Albuquerque LG De. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(3):565–571.
14. Garnero A V, Lôbo RB, Bezerra LAF, Oliveira HN. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(3):714–718.
15. Lobo RB, Bezerra LAF, Figueiredo LGG, Baldi F, Faria CU, Vozzi PA, Magnabosco CU, Bergmann JAG, Oliveira HN. *Sumário de Touros.* Ribeirão Preto: ANCP; 2016.
16. SAS I. *Statistical Analysis System user's guide.* Version 9.0 ed. Cary: SAS Institute; 2002.
17. Roso VM, Schenkel FS. AMC – A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. 8<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2006; Belo Horizonte, Brasil. Belo Horizonte: UFMG; 2006.
18. Mrode RA. *Linear models for the prediction of animal breeding values.* 2a ed. Wallingford: CAB Internacional; 2005.
19. Misztal I. BLUPF90 family of programs. 2016. [acesso em 17 dez 2016]. Disponível em: <http://nce.ads.uga.edu/html/projects/programs/>
20. Meyer K, Houle D. Sampling based approximation of confidence intervals for functions of genetic covariance matrices. Association for the advancement of animal breeding and genetics conference; 2013; Napier, Nova Zelândia. Napier: AAABG; 2013. p.523–526.
21. Willham RL. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J Anim Sci.* 1972;35:1288–1295.
22. Falconer DS, Mackay TFCC. *Introduction to quantitative genetics.* 4a ed. Edinburgh: Longman Group Limited; 1996.
23. Kempthorne O. *An Introduction to Genetic Statistics.* New York: John Wiley & Sons; 1996.
24. Guimarães NC. Parâmetros genéticos de caracteres quantitativos relacionados à produtividade de rebanhos selecionados da raça Nelore. [Dissertação]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2016.
25. Araujo CV de, Lobo RB, Figueiredo LGG, Mousquer CJ, Laureano MMM, Bittencourt TCB dos SC de, et al. Estimates of genetic parameters of growth traits of Nelore cattle in the Midwest region of Brazil. *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim.* 2014;15(4):846–853.
26. Boligon AA, Albuquerque LG de, Zerlotti Mercadante ME, Lôbo RB. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(12):2320–2326.

27. Lopes JS, Rorato PRN, Weber T, Boligon AA, Comin JG, Dornelles MDA. Efeito da interação genótipo x ambiente sobre o peso ao nascimento, aos 205 e aos 550 dias de idade de bovinos da raça Nelore na Região Sul do Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2008;37(1):54–60.
28. Siqueira RLPG de, Oliveira JA de, Lobo RB, Bezerra LAF, Tonhati H. Análise da Variabilidade genética aditiva de características de crescimento na Raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2003;32(1):99–105.
29. Garnero AV, Muñoz MCCD, Marcondes CR, Lôbo RB, Lira T, Gunski RJ. Estimación de parâmetros genéticos entre pesos pré e pós-desmama na raça Nelore. *Arch Zootec.* 2010;59(226):307–310.
30. Lira TS de, Pereira L de S, Lopes FB, Ferreira JL, Lôbo RB, Santos GC de J. Tendências genéticas para características de crescimento em rebanhos Nelore criados na região do trópico úmido do Brasil. *Cienc Anim Bras.* 2013;14(1):23–31.
31. Santana TJS, Scalón JD, Bittencourt TCC, Santana ASA. A Von Bertalanffy model with response plateau to describe growth curves of beef cattle. *Rev Bras Bio.* 2016;34:646-655.
32. Laureano MMM, Boligon AA, Costa RB, Forni S, Severo JLP, Albuquerque LG. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2011;63(1):143–152.
33. Marcondes CR. Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2000;52(1):83–89.
34. Yokoo MJI, Albuquerque LG, Lôbo RB, Bezerra LAF, Araujo FRC, Silva JA V, Sainz RD. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and back fat thickness in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2008;117:147–154.
35. Yokoo MJ, Lôbo RB, Araujo FRC, Bezerra LAF, Sainz RD, Albuquerque LG. Genetic associations between carcass traits msured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2010;88:52–58.
36. Barbosa V, Magnabosco CU de, Trovo JBF de, Faria CU de, Lopes DT, Viu MA de O, Lôbo RB, Mamede MMS. Estudo genético quantitativo de características de carcaça e perímetro escrotal, utilizando inferência bayesiana em novilhos Nelore. *Biosc J.* 2010;26(5):789–797.
37. Zuin RG. Análise genética de características de crescimento e de carcaça em bovinos Nelore. [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias; 2010.
38. Qualitas N. Sumário de Touros de 2016. Goiânia: Qualitas Agronegócios; 2016.
39. Tonussi RL, Espigolan R, Gordo DGM, Magalhaes AFB, Venturini GC, Baldi F,

- Oliveira HN, Chardulo LAL, Tonhati H, Albuquerque LG. Genetic association of growth traits with carcass and meat traits in Nelore Cattle. *Genetic Molec Res.* 2015;14:18713-18719.
40. Bertazzo RP, Freitas RTF de, Gonçalves T de M, Pereira IG, Eler JP, Ferraz JBS, Oliveira AIG de, Andrade IF de. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2004;35(5):1118–1127.
  41. Mattar M, Meirelles SL, Oliveira JA de, Espasadin AC, Queiroz AS de. Fatores genéticos e ambientais sobre a probabilidade de prenhez precoce em bovinos Caracu. *Ciência Rural.* 2007;37(5):1405–1410.
  42. Matarim DL. Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultrassom, com ênfase na gordura intramuscular, em bovinos Nelore. [Dissertação]. Pirassununga: Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos; 2015.
  43. Boligon AA, Albuquerque LG De, Mercadante MEZ, Lôbo RB. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nelore cattle. *Rev Bras Zootec.* 2010;39(4):746–751.
  44. Boligon AA, Albuquerque LG. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2011;141(1):12–16.
  45. Andrade WBF. Associação genética de características de qualidade de carne e precocidade sexual em animal Nelore (*Bos indicus*). [Dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2015.
  46. Terakado AP. Associações genéticas entre perímetro escrotal e característica reprodutivas de fêmeas da Raça Nelore. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2011.
  47. Valente T da S, Santanna AC, Baldi FS, Albuquerque LG, Costa MJP. Genetic association between temperament and sexual precocity indicator traits in Nelore cattle. *J Applied Genetic.* 2015;56:349-354.
  48. Silva JA V, Dias LT, Albulquerque LG. Estudo genético da precocidade sexual em novilhas em um rebanho Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2005;34(5):1568–1572.
  49. Faria CU, Pires BC, Vozzi AP, Magnabosco CU, Koury Filho W, Viu MA, Oliveira HN, Lôbo RB. Genetic correlations between categorical morphological traits in Nelore cattle by applying Bayesian analysis under a threshold animal model. *J Anim Breed Genet.* 2010;127:377–384.
  50. Pena F, Molina A, Juarez M, Requena F, Avilés C, Santos R, Domenech V, Horcada A. Use of serial ultrasound measures in the study of growth- and breed-related changes of ultrasonic measurements and relationship with carcass measurements in lean cattle breeds. *Meat Sci.* 2014;96(1):247–255.

51. Silva SDLE, Leme PR, Pereira ASC, Putrino SM. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. *Rev Bras Zootec.* 2003;32(5):1236–1242.
52. Magnabosco CU, Sainz RD, Faria CU, Yokoo MJ, Manicardi F, Barbosa V, Guedes CF, Leme PR, Pereira ASC, Araujo FRC, Sanches AC, Lôbo RB. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em Zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. V Simpósio de Produção de Gado de Corte e I Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte; 2006; Viçosa, Brasil. Viçosa: UFV; 2006. p.239–271.
53. Caetano SL, Savegnago RP, Boligon AA, Ramos SB, Chud TCS, Lôbo RB, Munari DP. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2013;155(1):1–7.
54. Splan RK, Cundiff L V., Vleck LD Van. Genetic Parameters for Sex-Specific Traits in Beef Cattle. *J. Anim. Sci.* 1998;76(9):2272–2278.
55. Ferriani L. Estimativas de herdabilidade das características de carcaça e crescimento e 131. Ferriani L, Albuquerque LG, Baldi FS, Venturini GC, Bignardi AB, Silva JAIIV, Chud TCS, Munari DP, Oliveira JA. Parâmetros genéticos de características de carcaça e de crescimento de bovinos da raça Nelore. *Arch Zootec.* 2013;62(237):123–129.
56. Gordo DGM, Espigolan R, Tonussi RL, Fernandes Junior GA, Bresolin T, Magalhaes AFB, Feitosa FLB, Baldi FS, Carvalheiro R, Tonhati H, Oliveira HN, Chardulo LAL, Albuquerque LG. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not genomic information. *J Anim Sci.* 2016;94:1-7.
57. Castro-pereira VM De, Alencar MM De, Barbosa PF. Revista Brasileira de Zootecnia Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características de crescimento de machos e fêmeas da raça Canchim. *Rev Bras. Zootec.* 2007;36(4):1029–1036.
58. Abud LJ. Idade, peso, morfometria corporal e prenhez em novilhas Nelore dos 16 aos 32 meses. [Dissertação]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2010.
59. Shiotsuki L, Silva JA, Tonhati H, Albuquerque LG. Genetic associations of sexual precocity with growth traits and visual scores of conformation, finishing, and muscling in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2009;87(5):1591–1597.
60. Yokoo MJ. Análise bayesiana da área de olho do lombo e ultrassom e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2009.
61. Bergfeld EGM, Rasby RJ, Nielsen KM, Kinder JE. Heifers sired by bulls with either

- high or low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. *Anim Reprod Sci.* 1995;40:253–259.
62. Oyama K, Mukai F, Yoshimura T. Genetic relationships among traits recorded at registry judgment, reproductive traits of breeding females and carcass traits of fattening animals in Japanese Black cattle. *Anim Sci Technol.* 1996;67:511–518.
  63. Holanda MCR, Barbosa SBP, Ribeiro AC, Santoro KR. Tendências Genéticas para crescimento em Bovinos Nelore em Pernambuco, Brasil. *Arch Zootec.* 2004;53:185–194.
  64. Souza JC, Silva LOC, Gondo A, Freitas JA, Malhado CHM, Filho PBF, Sereno JRB, Weaber RL, Lamberson WR. Parâmetros e tendência genética de peso de bovinos criados á pasto no Brasil. *Arch Zootec.* 2011;120(231):457–465.
  65. Souza JC De, Silva LOC, Simões GH, Moser JT, Ostapechen J, Pinto PHN, et al. Tendências ambientais e genéticas para características produtivas de bovinos da raça Nelore Environmental and genetic trends for productive characteristics in Nellore cattle *Materiais e Métodosç. Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 2008;16(2):84–89.
  66. Menezes GR de O, Martin Nieto L, Rosa A do N, Nobre PRC, Silva LOC da, Gordo A. Tendências genéticas para características de carcaça ao sobreano na raça Nelore - Programa Geneplus - Embrapa. X Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal; 2013; Uberaba, Brasil. Uberaba: SBMA; 2013. p.1–3.
  67. Moreira LH, Buzanskas ME, Munari DP, Canova EB, Lobo RB, Paz CCP. Reproductive traits selection in Nelore Beef Cattle. *Cienc Agrotec.* 2015;39(4):355-362.

### CAPÍTULO 3 – ANÁLISE GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM UM REBANHO NELORE SOB SELEÇÃO PARA PRECOCIDADE SEXUAL

#### RESUMO

As características reprodutivas estão diretamente relacionadas à eficiência econômica dos sistemas de produção de bovinos de corte. De forma que, a melhoria dos índices produtivos e econômicos estão ligadas à melhoria da eficiência reprodutiva e também redução da idade à puberdade dos bovinos. A seleção para precocidade sexual e eficiência reprodutiva dos animais trará redução no ciclo de produção, maior viabilidade econômica ao sistema, maior disponibilidade de animais, maior intensidade de seleção e progresso genético e, conseqüentemente, maior rentabilidade dos sistemas de produção. Ainda assim, para inclusão destas características em programas de melhoramento genético de bovinos, faz-se necessário estimar os parâmetros genéticos bem como estudar a eficácia da seleção e quantificar o ganho genético para estas características. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo estimar os parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas entre características de reprodução e idade à primeira concepção e ao primeiro parto, em um rebanho Nelore sob seleção para precocidade sexual. Os componentes de (co)variância foram obtidos utilizando-se o método de Máxima Verossimilhança Restrita, disponível no pacote BLUPF90, em análises uni e bicaracterísticas, sob modelo animal. As estimativas de herdabilidade estimadas, e seus respectivos erros padrão, para perímetro escrotal aos 365 dias de idade (PE365), perímetro escrotal aos 450 dias de idade (PE450), período de gestação (PG), período de serviço (PS), intervalo de parto (IDP), fertilidade real (FR), produtividade acumulada (PAC), relação a desmama (RD), idade a primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP) foram:  $0,33 \pm 0,03$ ;  $0,33 \pm 0,01$ ;  $0,23 \pm 0,03$ ;  $0,34 \pm 0,11$ ;  $0,23 \pm 0,12$ ;  $0,21 \pm 0,16$ ;  $0,23 \pm 0,07$ ;  $0,25 \pm 0,10$ ;  $0,21 \pm 0,08$ ;  $0,24 \pm 0,08$ , respectivamente. As herdabilidades para os efeitos materno estimadas foram:  $0,07 \pm 0,02$  e  $0,03 \pm 0,01$  para PE365 e PE450, respectivamente. As estimativas de correlação genética e fenotípica obtidas para as características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual foram, de modo geral, de moderada magnitude. As correlações genéticas entre IPC e as demais características reprodutivas variaram de -0,61 a 0,14; enquanto entre IPP e as características reprodutivas variaram entre -0,60 a 0,16, sendo todas na direção desejável. As tendências genéticas foram de 0,22 cm/ano para PE365, 0,30 cm/ano para PE450, -0,06 dias/ano para PG, -0,03 dias/ano para PS, -0,14 dias/ano para IDP, 0,04 kg/ano para FR, 0,83 kg/bez/ano para PAC, 0,07% para RD, -0,12 meses/ano para IPC e -0,16 meses/ano para IPP, respectivamente. Foram observadas variabilidade genética para todas as características avaliadas sugerindo que respondem à seleção genética. A seleção para precocidade sexual, tendo como critério de seleção IPC ou IPP, promoverá melhoria na eficiência reprodutiva e fertilidade do rebanho, com exceção da relação à desmama, cuja correlação foi próxima a zero.

**Palavras-chave:** eficiência reprodutiva, idade ao primeiro parto, parâmetros genéticos, puberdade, zebuínos

### CHAPTER 3 – QUANTITATIVE GENETIC ANALYSIS FOR REPRODUCTIVE TRAITS IN A NELLORE CATTLE HERD UNDER SELECTION FOR SEXUAL PRECOCITY

#### ABSTRACT

Reproductive traits are directly related to the economic efficiency of beef cattle production systems, so that the improvement of productive and economic indices are linked to the improvement of reproductive efficiency and reduction of the cattle age of puberty. The animals' selection for sexual precocity and reproductive efficiency will reduce the production cycle, will promote higher economic viability to the system, greater availability of animals, increased selection intensity and genetic improvement, and greater profitability of production systems. Nevertheless, to include these traits in cattle breeding programs is required to estimate the genetic parameters as well as study the effectiveness of selection and quantify the genetic gain for these traits. Thus, the aim of this study was to estimate the genetic parameters and the genetic and phenotypic trends for reproductive traits and age at first conception and first calving in a Nellore cattle herd under selection for sexual precocity. The covariance components were estimated using the Restricted Maximum Likelihood method, available on BLUPF90 package, in univariate and bivariate analyzes using animal model. The heritability, and respective standard errors, estimated for scrotal circumference at 365 (SC365) and 450 (SC450) days of age, gestation length (LG), days open (DO), calving interval (CI), real fertility (RF), cumulative productivity (CP), relation to weaning (RW), age at first conception (AFCo) and age at first calving (AFCa) were of  $0.33\pm 0.03$ ,  $0.33\pm 0.01$ ,  $0.23\pm 0.03$ ,  $0.34\pm 0.11$ ,  $0.23\pm 0.12$ ,  $0.21\pm 0.16$ ,  $0.23\pm 0.08$ ,  $0.25\pm 0.10$ ,  $0.21\pm 0.08$  and  $0.24\pm 0.08$ , respectively. The maternal heritability estimated for SC365 and SC450 were of  $0.07\pm 0.02$  and  $0.03\pm 0.01$ , respectively. The genetic and phenotypical correlations estimated for reproductive traits and sexual precocity indicators were, in general, of moderate magnitude. The genetic correlations estimated between AFCo and the other reproductive traits ranged from -0.61 to 0.14, and between AFCa and the other reproductive traits ranged from -0.60 to 0.16, all in favorable direction. The genetic trends were 0.22 cm/year for SC365, 0.30 cm/year for SC450, -0.06 days/year for LG, -0.03 days/year for DO, -0.14 days/year for CI, 0.04 kg/year for RF, 0.83 kg/calf/year for CP, 0.07% for RW, -0.12 months/year for AFCo and -0.16 months/year for AFCa, respectively. Genetic variability was observed for all evaluated traits suggesting response to genetic selection. Selection for sexual precocity based on AFCo and AFCa shall promote improvement in reproductive efficiency and fertility, with the exception of weaning, whose correlation was close to zero.

**Keywords:** age at first calving, genetic parameters, puberty, reproductive efficiency, zebu

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar de ser um dos maiores rebanhos de bovinos do mundo, o rebanho brasileiro apresenta baixa produtividade e rentabilidade, tornando necessário estudos que apresentem alternativas para melhorar os índices zootécnicos. Dentre as características que estão resultando na baixa produtividade, pode-se citar, principalmente, as relacionadas a reprodução.

O rebanho bovino brasileiro é, em grande parte, composto por animais de origem zebuína, principalmente, da raça Nelore<sup>1</sup>, que são animais que apresentam bom desempenho produtivo e capacidade de adaptação ao clima tropical. Porém, muitos rebanhos de animais zebuínos são caracterizados por apresentar elevada idade em que os animais entram em reprodução, além das baixas taxas de prenhez e habilidade de permanência<sup>2</sup>. Estas características refletem na reduzida eficiência e lucratividade da atividade<sup>3</sup>. Visto que, de acordo com Van Melis et al.<sup>4</sup>, o lucro obtido pelos produtores em sistemas de bovinos de corte é diretamente influenciado pela quantidade de bezerros produzidos que serão os produtos disponibilizados no mercado.

Assim, uma das formas de melhorar os índices produtivos e econômicos dos rebanhos bovinos brasileiros é a antecipação da vida reprodutiva das fêmeas, ou seja, a redução da idade à puberdade e, conseqüentemente, do primeiro parto. A seleção para precocidade sexual pode levar ao aumento do retorno econômico, em decorrência do maior número de filhos por matriz, da diminuição dos custos de manutenção de novilhas, redução da idade de entrada na reprodução, recuperação rápida do capital investido e aumento da vida útil<sup>5</sup>. Além disso, a precocidade sexual também apresenta influencia no intervalo de gerações e no progresso genético, com conseqüente aumento da resposta à seleção<sup>6</sup>.

A melhoria da eficiência reprodutiva e da precocidade sexual do rebanho pode ser obtida através da identificação e multiplicação dos melhores genótipos para essas características. A identificação e seleção dos animais pode ser realizada pela utilização de característica de importância econômica, que sejam de fácil mensuração e que apresentem variabilidade genética e correlação com outras características que apresentam importância para a eficiência do sistema de produção como um todo<sup>7</sup>.

Em detrimento da importância produtiva e econômica da inclusão de características reprodutivas como critérios de seleção essas tem apresentado pouca adoção por programas de melhoramento genético. Visto que as características reprodutivas apresentam,

comumente, baixa herdabilidade, além da dificuldade de mensuração e interpretação. Com isso, os ganhos genéticos para precocidade sexual e eficiência reprodutiva têm sido obtidos através da seleção indireta, sendo mais utilizado o perímetro escrotal (PE)<sup>8</sup>. O PE é amplamente utilizado nos programas de melhoramento genético de bovinos devido a facilidade de mensuração e herdabilidade de média a alta magnitude<sup>4,11,10,11</sup>.

Por outro lado, a seleção para reprodução e precocidade sexual baseando-se apenas no perímetro escrotal pode não ser adequada, em decorrência da mediana correlação com os critérios de seleção mensurados diretamente nas fêmeas, como idade ao primeiro parto (IPP), cuja correlação com PE é de 0,21 a -0,23<sup>11-13</sup>. Além disso, a mensuração do PE tem início aos 9 meses de idade, tendo, comumente, sua primeira avaliação genética aos 12 meses de idade. Assim, sua utilização para avaliação de parentes coletáveis pode ser realizada de forma tardia<sup>14</sup>. Em adição, o PE é utilizado como critério de seleção, mas o verdadeiro objetivo de seleção é a redução da idade das fêmeas ao primeiro parto, aumentando a precocidade sexual das mesmas<sup>15</sup>. Desta forma, tem sido proposto a utilização de características mensuradas diretamente nas fêmeas, tal como a idade à primeira concepção (IPC) e ao primeiro parto (IPP).

A idade a primeira concepção e a idade ao primeiro parto apresentam estimativas de herdabilidade de baixa a moderada magnitude, variando de 0,12 a 0,69 e para IPC, avaliada como característica binária, e de 0,05 a 0,25 para IPP<sup>9,11,12,16</sup>, demonstrando, assim, grande influência ambiental. A melhoria do manejo dos animais pode resultar no aumento da eficiência reprodutiva e na precocidade sexual do rebanho, porém, estas melhorias não são permanentes tal como pode ser obtido com a seleção genética dos animais. Ademais, é observado grande variabilidade genética para idade ao primeiro parto e prenhez precoce avaliada até os 24 meses de idade indicando que há viabilidade para seleção para precocidade sexual<sup>9,11,12,16</sup>.

Para inclusão dessas características, principalmente as ligadas a eficiência reprodutiva, em programas de melhoramento genético de bovinos, faz-se necessário estimar os parâmetros genéticos bem como estudar a efetividade da seleção e quantificar o ganho genético para as mesmas.

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa estimar os parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas entre características de reprodução e idade à primeira concepção e ao primeiro parto, em um rebanho Nelore sob seleção para precocidade sexual.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização do experimento e descrição do banco de dados

Os dados referentes aos índices reprodutivos utilizados nessa pesquisa foram fornecidos pela Fazenda Vera Cruz, localizada no município de Barra do Garças, situado no Estado de Mato Grosso e também pelo Programa de Melhoramento Genético Nelore Brasil, coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Foram utilizados dados de 4100 animais da raça Nelore, nascidos entre 2009 a 2015. As informações de genealogia, que compuseram a matriz de parentesco, foram fornecidas pela ANCP.

### 2.2 Manejo reprodutivo, alimentar e sanitário dos animais

A duração da estação de monta adotada na fazenda foi de novembro a fevereiro, onde foi utilizada inseminação artificial em tempo fixo para todas as fêmeas, com repasse de touros por monta natural após a segunda oportunidade. As fêmeas foram expostas à reprodução a partir dos 11 meses de idade e após atingirem 250 kg de peso corporal na pesagem de outubro, que é a pesagem que antecede o início da estação de monta. As fêmeas que emprenharam até os 20 meses foram classificadas como precoces e as demais como convencionais.

O diagnóstico de prenhez foi realizado através de ultrassonografia, 28 dias após a inseminação artificial, para identificar as fêmeas que não emprenharam e submetê-las a outro protocolo de inseminação artificial. Ao final da estação de monta também foi realizado ultrassonografia com o objetivo confirmar o tempo de gestação e se houve algum problema relacionado à prenhez, como aborto e reabsorção fetal. No final de cada estação de monta, as vacas vazias foram descartadas, com exceção das nulíparas, as quais tiveram oportunidade de entrar na estação de monta seguinte. Além disso, procedeu-se o descarte de fêmeas por baixo desempenho, problemas reprodutivos e por aspectos sanitários. Os touros de repasse foram submetidos a exames andrológicos para confirmação da fertilidade e capacidade reprodutiva. A média anual de nascimentos foi de 378 e 337, para machos e fêmeas respectivamente.

O desmame foi realizado ao final do sétimo mês de vida, sendo que, na fase que antecede o desmame os animais ficaram em aleitamento com acesso a um cocho exclusivo para bezerros no qual receberam uma ração suplementar (*creep feeding*) com consumo de

0,5% de matéria seca sobre o peso vivo, para ambos os sexos. Após o desmame, as fêmeas ficaram sob pastejo consumindo, também, 1% do peso vivo de concentrado comercial de alto consumo até estarem prenhes, quando passaram a receber concentrado de baixo consumo, sendo a quantidade de 0,2% do peso vivo. Em relação aos machos, após o desmame, passaram a receber dieta a base de silagem e concentrado comercial até os 13 meses de idade, com consumo médio de 1% do peso vivo, fase na qual foram transferidos para área de pastejo onde receberam suplementação de baixo consumo, até o momento de comercialização. As espécies forrageiras utilizadas foram *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, sendo adotados manejos de rotação de pastagens. As pesagens foram realizadas na fazenda, com os animais em jejum de 12 horas e em balanças eletrônicas, sendo realizadas a cada 3 meses.

O manejo sanitário adotado seguiu as recomendações técnicas do calendário profilático do órgão de defesa sanitária estadual, e o controle de ectoparasitas e endoparasitas, além de medicação necessária para o tratamento de alguma doença foi estabelecido pelo médico veterinário responsável pela fazenda.

## **2.3 Variáveis analisadas**

### **2.3.1 Características reprodutivas**

As matrizes foram divididas em dois grupos de acordo com a idade à primeira concepção, sendo considerada como precoce as fêmeas que emprenharam até os 20 meses e como convencional para fêmeas que emprenharam após essa idade. Nos animais avaliados foram analisadas a IPC e IPP, intervalo de partos (IDP), período de gestação (PG), período de serviço (PS), fertilidade real (FR), produtividade acumulada (PAC) e relação do peso a desmama (RD).

As características reprodutivas analisadas foram obtidas da seguinte forma:

- Idade à primeira concepção (IPC): idade, em meses, que a fêmea apresentou o primeiro diagnóstico positivo para prenhez;
- Idade ao primeiro parto (IPP): idade, em meses, que a fêmea apresentou a primeira parição;
- Intervalo de partos (IDP): período, em dias, compreendido entre dois partos de uma mesma matriz;

- Período de gestação (PG): período, em dias, entre a data da inseminação artificial, seguida de confirmação de gestação, e a data da parição.
- Período de serviço (PS): período, em dias, entre um parto e a primeira inseminação artificial seguida de um diagnóstico de gestação positivo, posterior a este parto;

- Fertilidade real (FR)<sup>17</sup>: 
$$FR = \frac{\text{Peso do bezerro} \times 365}{\text{Intervalo de parto da matriz}} \quad (1)$$

- Produtividade Acumulada (PAC): A produtividade acumulada (PAC) foi obtida a partir da fórmula desenvolvida por Lôbo et al.<sup>18</sup> apresentada a seguir:

$$PAC = \frac{Pd \times np \times Ca}{IVP_n - Ci} \quad (2)$$

Em que:

PAC = produtividade acumulada (em kg de bezerros desmamados por ano);

P<sub>d</sub> = peso corporal de bezerros desmamados corrigido para 210 dias (em kg);

n<sub>p</sub> = número total de bezerros produzidos pela vaca (bezerros nascidos);

C<sub>a</sub> = constante igual a 365 dias que permite expressar a fertilidade em base anual;

IVP<sub>n</sub> = idade da vaca ao último parto (em dias);

C<sub>i</sub> = constante, igual a 550 dias, aproximadamente 18 meses, utilizada com base na expectativa de o primeiro parto ocorrer ao redor de 30 meses de idade.

- Relação do peso a desmama (RD): 
$$RD = \frac{\text{Peso do Bezerro}}{\text{Peso da mãe}} \times 100 \quad (3)$$

Também foram avaliados o perímetro escrotal (PE) padronizado aos 365 e 450 dias de idade. A medida de perímetro escrotal a idade padronizada foi obtida utilizando-se à seguinte fórmula<sup>19</sup>:

$$PE_i = Ma + GMiD \times da \quad (4)$$

Em que:

PE<sub>i</sub> = medida de perímetro escrotal padronizada a uma determinada idade;

Ma = medida anterior à idade padrão;

GMiD = ganho em milímetros diários; e

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

O GMiD foi obtido pela seguinte fórmula<sup>30</sup>:

$$GMiD = (Mp - Ma) / (Ip - Ia) \quad (5)$$

Em que:

Mp = medida posterior a idade padrão;

Ma = medida anterior à idade padrão;

Ip = idade do animal, em dias, na medida posterior; e

Ia = idade do animal, em dias, na medida anterior.

## 2.4 Análise e interpretação de dados

Para a execução das análises genéticas foram realizadas restrições ao banco de dados, objetivando-se garantir a consistência do mesmo. A edição, consistência e análise descritiva dos dados foram realizadas com a utilização do software estatístico SAS<sup>20</sup>. Na consistência dos dados, foram eliminadas as medidas que estavam a três e meio desvios padrão acima ou abaixo da média do seu grupo de contemporâneos (GC) para as características avaliadas. Desconsiderou-se também os grupos de contemporâneos com menos de quatro animais e os touros com menos de cinco filhos.

Os dados foram previamente analisados, utilizando-se o procedimento General Linear Models (GLM) do pacote estatístico SAS<sup>20</sup>, para se estudar os fatores não genéticos que influenciaram as características em questão, sendo identificado os efeitos significativos. A partir dessa análise, definiu-se os grupos contemporâneos e as covariáveis que foram incluídas nos modelos para análise genética. Com base nesses resultados, os grupos de contemporâneos foram constituídos por animais nascidos no mesmo ano e estação de nascimento, com o mesmo sexo e lote de manejo no momento de mensuração e/ou avaliação de cada característica. A estação de nascimento dos animais foi agrupada em quatro classes, sendo a primeira de janeiro a março; a segunda de abril a junho; a terceira de julho a setembro; e a quarta de outubro a dezembro.

Testou-se a conectabilidade entre os grupos de contemporâneos, com base no número total de laços genéticos, tendo-se considerado como restrição a existência de no mínimo 10 laços, usando o programa AMC<sup>21</sup>. A conectabilidade dos grupos de contemporâneos constituiu-se de um arquipélago com maior número de laços genéticos e todos os GC a ele conectados.

Após a análise do relatório final do programa AMC, foi feita a preparação dos arquivos de dados e de pedigree, incluindo somente GC conectados. Nas análises genéticas, foram consideradas 4081 observações de animais da raça Nelore e um arquivo com pedigree de 11.198 animais e seis gerações, utilizados na composição da matriz de parentesco.

### 2.4.1 Modelo animal

As análises genéticas foram realizadas segundo o modelo animal separadamente (unicaráter) e em conjunto (bicaráter). Na análise unicaracterística, as características que apresentaram efeito materno foram analisadas por meio do modelo animal I<sup>22</sup>, foram elas: PE365 e PE450. Esse modelo incluiu como efeitos aleatórios os efeitos genéticos direto, materno, ambiente permanente e residual; além dos efeitos fixos (GC e classe da idade da vaca ao parto (CIVP)) e idade da vaca ao parto (IVP) (efeito linear e quadrático) como covariável. Já para aquelas características cujo efeito materno não foi considerado (IPC, IPP, IDP, PG, PS, FR, PAC e RD), as análises foram realizadas por meio do modelo II. Nesse modelo, incluiu-se as mesmas covariáveis, efeitos fixos e efeitos aleatórios, com exceção do efeito materno e de ambiente permanente.

Os modelos utilizados nas análises foram os mesmos sugeridos por Mrode<sup>22</sup>:

$$\text{Modelo I: } y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3mpe + e \quad (6)$$

Em que:

$y$  = vetor de observações de cada característica (PE365 e PE450);

$\beta$  = vetor dos efeitos fixos (GC, CIVP e IVP como covariável);

$a$  = vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;

$m$  = vetor de efeitos genéticos aditivos maternos;

$mpe$  = vetor de efeitos de ambiente permanente;

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

$Z_1, Z_2, Z_3,$  = matrizes de incidência dos efeitos genéticos direto, genéticos materno e de ambiente permanente, respectivamente;

$e$  = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

$$\text{Modelo II: } y = X\beta + Za + e \quad (7)$$

Em que:

$y$  = vetor de observações de cada característica (IPC, IPP, IDP, PG, PS, FR, PAC e RD);

$\beta$  = vetor dos efeitos fixos (GC, CIVP e IVP como covariável);

$a$  = vetor dos efeitos genéticos aditivos direto;

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

$Z$  = a matriz de incidência dos efeitos genéticos direto; e

$e$  = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

A idade da vaca ao parto foi agrupada em 6 classes: menor que 30; 30,1 a 36; 36,1 a 48; 48,1 a 70; 70,1 a 120; e maior que 120 meses de idade, definidos baseando-se no agrupamento das matrizes do rebanho de acordo com a idade de parição. Para as características: IPC, IPP, IDP, PG, PS, FR, PAC e RD não foram utilizados efeitos materno e de ambiente permanente, pois foi verificado, em análises prévias, que a contribuição desses efeitos na variância fenotípica foram inferiores a 3%. Além disso, as características PG, PS, IDP, FR e RD foram analisadas como medidas repetidas.

A estrutura básica da matriz de (co)variância para as análises utilizada, pode ser descrita como:

$$\begin{aligned} E[a] = 0, E[m] = 0, E[mpe] = E[e] = 0, \\ E[ya,m,mpe] = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3mpe \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{Var} \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{m} \\ \mathbf{p} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}\sigma_a^2 & \mathbf{A}\sigma_{am} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}\sigma_{am} & \mathbf{A}\sigma_m^2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I}_d\sigma_p^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I}_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Em que:

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva direta;

$\sigma_m^2$  = variância genética aditiva maternal;

$\sigma_{am}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos direto e maternal;

$A$  = matriz de parentesco entre os animais;

$\sigma_{mpe}$  = variância do ambiente permanente;

$\sigma_e^2$  = variância residual;

$I_d, I_n$  = matrizes identidade de ordem apropriada, com  $d$  = número de vacas (mães dos animais com dados) e

$N$  = número total de animais com dados.

Foram executadas também análises bicaráter, com o objetivo principal de estimar as covariâncias e correlações genéticas e residuais entre as características estudadas. Desse modo, foram combinadas duas a duas, assumindo as covariâncias entre os efeitos maternal e direto como zero. Para tal, foi utilizado o modelo matricial bicaracterístico descrito abaixo.

$$E \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1\boldsymbol{\beta} \\ \mathbf{X}_2\boldsymbol{\beta} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a_1 \\ m_1 \\ p_1 \\ e_1 \\ a_2 \\ m_2 \\ p_2 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a_1}^2 & A\sigma_{a_1m_1} & 0 & 0 & A\sigma_{a_1a_2} & A\sigma_{a_1m_2} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a_1m_1} & A\sigma_{m_1}^2 & 0 & 0 & A\sigma_{a_2m_1} & A\sigma_{m_1m_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_d\sigma_{p_1}^2 & 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{p_1p_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_1}^2 & 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_1e_2} \\ A\sigma_{a_1a_2} & A\sigma_{a_2m_1} & 0 & 0 & A\sigma_{a_2}^2 & A\sigma_{a_2m_2} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a_1m_2} & A\sigma_{m_1m_2} & 0 & 0 & A\sigma_{a_2m_2} & A\sigma_{m_2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_N\sigma_{p_1p_2} & 0 & 0 & 0 & I_d\sigma_{p_2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_1e_2} & 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix}$$

Em que:

$\sigma_{a_1}^2$  = variância genética aditiva direta para a característica 1;

$\sigma_{m_1}^2$  = variância genética aditiva materna para a característica 1;

$\sigma_{am}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos direto e maternal;

$\sigma_{a_2}^2$  = variância genética aditiva direta para a característica 2;

$\sigma_{m_2}^2$  = variância genética aditiva materna para a característica 2;

$\sigma_{a_1a_2}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos diretos para a característica 1 e 2;

$\sigma_{m_1m_2}$  = covariância genética aditiva entre os efeitos maternais para a característica 1 e 2;

A = matriz de coeficientes de parentesco;

$\sigma_p^2$  = variância dos efeitos de ambiente permanente;

$\sigma_e^2$  = variância residual;

$\sigma_{p_1p_2}$  = covariância entre os efeitos permanentes para a característica 1 e 2;

$\sigma_{e_1e_2}$  = covariância entre os efeitos residuais para a característica 1 e 2;

A estrutura geral de (co)variância dos efeitos aleatórios do modelo animal bicaráter utilizada foi a mesma utilizada para análises unicaráter.

#### 2.4.2 Determinação dos parâmetros genéticos e fenotípicos

Para as características lineares e para a combinação de duas características lineares, os componentes de (co)variância necessários para à estimação dos parâmetros genéticos das características estudadas, bem como as soluções para efeitos fixos e aleatórios incluídos no modelo, foram estimados, utilizando o modelo animal, pelo método da máxima verossimilhança restrita, que utiliza algoritmo livre de derivadas, disponível no pacote REML

(Restricted Maximum Likelihood) e AIREML (Average-Information - Restricted Maximum Likelihood), disponível no programa BLUPF90<sup>23</sup>, utilizando o critério de convergência  $10^{-12}$ . Visando assegurar a convergência no máximo global da função de verossimilhança, foram executadas várias reinicializações até a obtenção de estabilização dos resultados estimados, utilizando-se como valores iniciais os obtidos nas análises anteriores.

As estimativas de (co)variância obtidas pelo software REMLF90 foram utilizadas como valores iniciais para o software AIREMLF90<sup>23</sup>. Como alternativa ao erro padrão, foram obtidos os desvios padrão para os componentes de variância, coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas, a partir de sua distribuição normal assintótica multivariada, proposta por Meyer e Houle<sup>24</sup>. Os valores dos erros padrão foram, então, divididos pelo número de observações obtendo-se os desvios padrão.

A partir dos componentes de variância estimados, foram derivados os coeficientes de herdabilidade e correlação genética. Os coeficientes de herdabilidade direta ( $h^2$ ) das características analisadas foram estimados por meio da seguinte fórmula<sup>25</sup>:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2} \quad (11)$$

Os coeficientes de herdabilidade materna ( $h^2m$ ) das características analisadas foram estimados por meio da seguinte fórmula<sup>25</sup>:

$$h^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2} \quad (12)$$

As correlações genéticas ( $r_{axy}$ ) entre as características foram estimadas por<sup>26</sup>:

$$r_{A(X,Y)} = \frac{C\hat{o}v_{T(X,Y)}}{\hat{\sigma}_{T(X)}\hat{\sigma}_{T(Y)}} \quad (13)$$

Em que:

$C\hat{o}v_{t(x,y)}$  = covariância genética e

$\sigma_{t(x)}$  e  $\sigma_{t(y)}$  = desvio padrão da variância genética para característica x e y.

As correlações residuais foram obtidas com base na equação número 13, porém, utilizando os valores de covariância e variâncias residuais das características.

Para o cálculo das tendências genéticas foram utilizados os valores genéticos diretos de cada indivíduo. Os animais foram agrupados por ano de nascimento, para cálculo dos valores genéticos anuais médios, sendo esses ponderados pelo número de observações, para o período de 2009 a 2014. A partir das médias dos valores genéticos, foi calculado a regressão em relação ao ano de nascimento dos animais, utilizando-se o PROC REG do SAS<sup>20</sup>, seguindo tendência linear e quadrática, sendo a variável dependente os valores

genéticos para as características analisadas, enquanto a variável independente foi o ano de nascimento dos animais. Para tal, foi utilizada a seguinte equação de regressão:

$$Y_i = b_0 + b_1x_i + e_i \quad (14)$$

Em que:

$Y_i$  = Valor genético para as características avaliadas do  $i$ ésimo ano de nascimento;

$b_0$  = intercepto;

$b_1$  = coeficiente angular da reta;

$x_i$  =  $i$ ésimo ano de nascimento; e

$e_i$  = erro aleatório.

Para efeitos comparativos, foi também obtida a tendência fenotípica da população, através da regressão dos valores fenotípicos, pelo ano de nascimento do indivíduo, com base na mesma equação da análise das tendências genéticas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura geral do arquivo de dados analisados está descrita na tabela 1.

Tabela 1 – Estatística descritiva das características de reprodução e indicadoras de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore

Característica	Nº de animais	Média	Desvio padrão	CV (%)	Mínimo	Máximo
PE365 (cm)	1397	23,10	2,25	9,74	17,00	30,00
PE450 (cm)	1260	26,30	4,18	15,89	10,75	40,97
PG (dias)	1538	284,52	4,17	1,47	270,00	293,00
PS (dias)	1266	141,40	88,63	62,68	53,00	409,00
IDP (dias)	1195	385,01	56,87	14,77	323,00	646,00
FR (kg)	1182	207,29	38,19	18,42	94,34	300,74
PAC (kg/bez/ano)	1469	223,67	102,68	45,91	57,94	367,01
RD (%)	1409	45,19	6,88	15,22	24,46	68,66
IPC (meses)	1695	22,03	5,95	27,01	10,33	40,95
IPP (meses)	1490	33,14	5,62	16,97	20,13	48,33

CV: coeficiente de variação; PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal aos 450 dias de idade; PG: período de gestação; PS: período de serviço; IDP: intervalo de parto; FR: fertilidade real; PAC: produtividade acumulada; RD: relação do peso a desmama; IPC: idade à primeira concepção; IPP: idade ao primeiro parto.

As médias obtidas para perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade foram de 23,10 e 26,30 cm, respectivamente, estando esses valores dentro da amplitude apresentada na literatura para raça Nelore, que variam de 19,37 a 26,40 cm<sup>10,11,19,28</sup> para PE365 e de 22,86 a 27,75 cm<sup>10,11,12,19,28,29</sup> para PE450. Em adição, os valores de coeficiente de variação obtidos no presente estudo condizem com os valores observados na literatura<sup>10,11,12,19,28,29</sup>, sendo o valor observado para PE450 superior ao CV para PE365, fato atribuído ao menor controle ambiental pelo qual animais adultos estão sujeitos em comparação a animais mais jovens, ocasionando maior variabilidade entre os animais mais velhos.

Para período de gestação foi observado valor médio de 284,52 dias, estando, esse valor, dentro do intervalo apresentado na literatura, que varia de 280,60 a 315,21 dias<sup>11,29,30</sup>. Dentre as características reprodutivas avaliadas nas fêmeas, o PG foi a que apresentou menor coeficiente de variação. De fato, baixa variabilidade para essa característica foi relatada por Boligon et al.<sup>11</sup>, Pereira et al.<sup>29</sup> e Moreira<sup>30</sup>, avaliando rebanhos de bovinos da raça Nelore. Esses resultados implicam na baixa variabilidade fenotípica entre os animais, e que limita a seleção, fato comprovado pelo coeficiente de variação observada para PG (Tabela 1).

As médias obtidas para PS (141,40 dias) foram próximas às encontradas por Azevedo et al.<sup>31</sup>, que foi de 165,76 dias. Apesar de o valor obtido estar em consonância com os resultados observados na literatura para bovinos, ele se encontra acima do considerado ideal para a produção de um bezerro ao ano por matriz, que é de 60 a 90 dias. Esse resultado pode ser atribuído a baixa adoção dessa característica como critério de seleção<sup>31</sup>. Ainda assim, demonstra alta variabilidade fenotípica (62,68%), o que sugere viabilidade de seleção.

O valor médio obtido no presente estudo para IDP foi de 385,01 dias, valor esse inferior ao apresentado por Silveira et al.<sup>12</sup>, avaliando bovinos da raça Nelore, que foi de 465 dias; e também Bertazzo et al.<sup>32</sup>, avaliando parâmetros reprodutivos em fêmeas na raça Nelore, que foi de 547 dias. Para que seja obtido um bezerro por vaca ano, o IDP desejável é de 365 dias<sup>12</sup>, estando, o valor obtido no presente estudo próximo ao ideal. Os coeficientes de variação obtidos para IDP indicam baixa dispersão dos dados (14,77%). Ainda assim, esse valor destoa do obtido para PS, que é um componente do IDP, esses resultados indicam a ausência ou pequeno descarte para altos períodos de serviço, sendo sugerido a realização deste manejo.

A média de FR obtida no presente estudo foi de 207,29 kg, esse valor é superior ao apresentado por Silveira et al.<sup>12</sup> e McManus et al.<sup>33</sup> que foi de 144 e 113,9 kg, respectivamente. A superioridade obtida no presente estudo é reflexo dos critérios de seleção adotados no rebanho avaliado, que tem como algumas das características os pesos pré-desmame, componentes do cálculo de fertilidade real, levando, assim, ao seu aumento. Além disso, a FR é uma característica que sofre influência direta do IDP, cujo valor apresentando nesse estudo foi de baixa magnitude, resultando em mais quilos de bezerro em comparação com rebanhos com maiores intervalos de parto. Em adição, observou-se variabilidade fenotípica mediana para FR, indicando viabilidade de seleção dos animais.

O valor médio observado para PAC foi de 223,67 kg/bezerro ao ano, resultados superiores aos apresentados por Guimarães<sup>34</sup>, Mamede<sup>35</sup> e Azevedo et al.<sup>36</sup>, cuja amplitude variou de 130 a 154,11 kg/bezerro/ano, em bovinos da raça Nelore. Esse resultado pode ser atribuído aos mesmos fatores relacionados a alta FR, ou seja, a seleção para peso ao desmame que o rebanho foi submetido além do baixo IDP apresentado, resultando assim em maior produção de quilos de bezerro ao ano. O coeficiente de variação observado no presente estudo para PAC corrobora com os apresentados na literatura, sendo de moderada magnitude<sup>34,35,36</sup>.

Foi observado média de 45,19% para a relação do peso a desmama, valor superior ao apresentado por McManus et al.<sup>33</sup>, que foi de 36,14%; e por Boligon et al.<sup>37</sup>, cujos valores

apresentados foram de 25 a 39%, avaliando a relação do peso do bezerro a desmama com o peso da vaca a desmama, considerando vacas com e sem bezerros. Esses resultados permitem inferir que o rebanho avaliado foi mais eficiente na produção de quilos de bezerro desmamado em relação ao peso corporal das matrizes. Os valores obtidos no presente estudo para RD demonstram superioridade semelhante às características de FR e PAC, estando, assim como elas, relacionado ao peso pré-desmame, critério utilizado para seleção genética e reflete no desempenho fenotípico do rebanho. O coeficiente de variação observada para RD foi de baixa magnitude, resultado também observado por Boligon et al.<sup>37</sup>.

A média da IPC foi de 22,03 meses e a média para IPP foi de 33,14 meses, valores próximos aos apresentados por Laureano et al.<sup>10</sup>, Boligon et al.<sup>11</sup>, Pereira et al.<sup>29</sup> e Moreira<sup>30</sup>, variando de 33,01 a 36,20 meses para IPP, em estudos avaliando bovinos da raça Nelore sob seleção para precocidade sexual. Contudo, a média de IPP observada foi inferior aos valores apresentados por Perotto et al.<sup>6</sup>, Silveira et al.<sup>12</sup>, Azevedo et al.<sup>31</sup> e Bertazzo et al.<sup>32</sup>, cuja amplitude varia de 38,72 a 45,15 meses. Esses resultados refletem a vantagem em se iniciar a vida reprodutiva de novilhas de forma antecipada, bem como as boas condições ambientais fornecidas as fêmeas para que as características indicadoras de precocidade sexual fossem reduzidas. De forma que, a menor idade à primeira concepção e ao primeiro parto, podem ser atribuídos a seleção a qual o rebanho avaliado é submetido, e também ao atraso da entrada na reprodução relatados nos estudos cujo valor para essas características foi superior.

Os coeficientes de variação obtidos no presente estudo para IPC e IPP, indicam dispersão mediana dos dados em relação à média, com variabilidade fenotípica que viabiliza a seleção, corroborando com os valores observados na literatura<sup>11,29,30,31,32</sup>.

As estimativas dos componentes de variância genética aditiva direta, materna, de ambiente permanente, residual e fenotípica, bem como os coeficientes de herdabilidade direta e materna e seus respectivos erros padrão estão apresentados na tabela 2.

As estimativas de variância genética aditiva direta ( $\sigma^2_a$ ), genética aditiva materna ( $\sigma^2_m$ ), ambiente permanente ( $\sigma^2_{pe}$ ), residual ( $\sigma^2_e$ ) e fenotípica ( $\sigma^2_p$ ) encontram-se próximos dos valores reportados por outros autores, tal como apresentado por Laureano et al.<sup>10</sup>, Boligon et al.<sup>11</sup> e Vozzi<sup>19</sup> para PE; por Pereira et al.<sup>29</sup> e Moreira<sup>30</sup> para PG; por Azevedo et al.<sup>31</sup> para PS; por Bertazzo et al.<sup>32</sup> para IDP; por Silveira et al.<sup>12</sup> para FR; por Azevedo et al.<sup>31</sup>, Guimarães<sup>34</sup> e Mamede<sup>35</sup> para PAC; por Boligon et al.<sup>37</sup> para RD; por Bertazzo et al.<sup>32</sup>, Pereira et al.<sup>29</sup>, Moreira<sup>30</sup>, Guimarães<sup>34</sup>, Mamede<sup>35</sup>, Boligon et al.<sup>11,38,39</sup> e Mattar et al.<sup>40</sup> para características indicadoras de precocidade sexual. Em geral, para todas as características

reprodutivas houve moderada variabilidade genética direta aditiva, variando de acordo com a magnitude das características. Esses valores indicam a possibilidade de utilização dessas características em programas de melhoramento genético, através da identificação e seleção de animais.

Tabela 2 – Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore

Características	Parâmetros Genéticos								
	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_m$	$\sigma^2_{pe}$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_p$	$h^2_d$	EP- $h^2_d$	$h^2_m$	EP- $h^2_m$
PE365 (cm)	1,34	0,27	0,67	1,73	4,01	0,33	0,03	0,07	0,02
PE450 (cm)	2,08	0,20	0,89	3,11	6,27	0,33	0,00	0,03	0,01
PG (dias)	126,24	-	-	468,38	594,62	0,23	0,03	-	-
PS (dias)	10,49	-	-	18,76	29,25	0,34	0,11	-	-
IDP (dias)	285,67	-	-	989,14	1274,82	0,23	0,12	-	-
FR (kg)	1606,91	-	-	7345,31	8952,23	0,21	0,16	-	-
PAC (kg/bez/ano)	178,85	-	-	616,18	795,03	0,23	0,08	-	-
RD (%)	10,27	-	-	29,16	39,43	0,25	0,10	-	-
IPC (meses)	3,61	-	-	13,34	16,95	0,21	0,08	-	-
IPP (meses)	4,27	-	-	13,40	17,67	0,24	0,08	-	-

$\sigma^2_a$ : variância genética aditiva direta;  $\sigma^2_m$ : variância genética aditiva materna;  $\sigma^2_{pe}$ : variância genética ambiente permanente;  $\sigma^2_e$ : variância residual;  $\sigma^2_p$ : variância fenotípica;  $h^2_d$ : herdabilidade direta; EP-  $h^2_d$  : erro padrão da herdabilidade direta;  $h^2_m$ : herdabilidade materna; EP-  $h^2_m$ : erro padrão da herdabilidade materna; PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal aos 450 dias de idade; PG: período de gestação; PS: período de serviço; IDP: intervalo de parto; FR: fertilidade real; PAC: produtividade acumulada; RD: relação do peso a desmama; IPC: idade à primeira concepção; IPP: idade ao primeiro parto.

As estimativas de variância fenotípica para perímetro escrotal apresentaram influência significativa da variância genética materna e de ambiente permanente (Tabela 2). Estes efeitos não são, comumente, encontrados em características avaliadas após o desmame, ainda assim, há estudos que demonstram que a inclusão deles nos modelos de avaliação genética faz-se necessária, a fim de evitar a sub ou superestimação da variância genética aditiva direta ou da variância residual<sup>10</sup>. Além disso, há relatos de efeito significativo da idade da vaca ao parto no perímetro escrotal dos filhos e também do efeito materno<sup>41</sup>, conforme observado no presente estudo. A variância de ambiente permanente foi superior a materna, para PE, demonstrando efeito superior do ambiente permanente que afeta o desempenho por toda a vida reprodutiva dos animais.

As variâncias residuais observadas para as características reprodutivas representaram, em média, 70% da variância total, sendo esses resultados condizentes com os

valores apresentados na literatura<sup>10,11,12,19,29,30,31,32</sup> e também indicando alta influência ambiental sobre essas características. Esses resultados permitem inferir que se faz necessário lançar mão de alternativas que possibilitem melhoria e padronização das condições ambientais que afetam essas características, uniformizando as condições nas quais os animais avaliados são submetidos.

As estimativas de herdabilidade direta para PE365 e PE450 foram de moderada magnitude (Tabela 2), indicando que o valor fenotípico para essas características pode ser utilizado como indicador do valor genético aditivo direto, além também de indicar que a utilização dessas características como critério de seleção pode proporcionar aumento no mérito genético dos animais, sendo incorporada no rebanho e também no valor fenotípico para perímetro escrotal.

O coeficiente de herdabilidade obtidos para PE365 foi superior ao valor apresentado por Boligon et al.<sup>11</sup>, que observou valor de 0,25 para a mesma característica, em bovinos da raça Nelore. A superioridade obtida no presente estudo demonstra o efeito da seleção para precocidade sexual a qual o rebanho vem sendo submetido. Esse resultado pode ser atribuído a associação genética e hormonal entre o desenvolvimento testicular inicial dos machos e o desenvolvimento ovariano inicial nas fêmeas, que levam a puberdade e a maturidade sexual<sup>42</sup>. Além disso, os dados avaliados são oriundos de apenas um rebanho, o que pode ter levado a menor variância ambiental e fenotípica.

O coeficiente de herdabilidade de PE450 (0,33) encontra-se dentro do intervalo apresentado na literatura por Laureano et al.<sup>10</sup>, Boligon et al.<sup>11</sup>, Silveira et al.<sup>12</sup> e Vozi<sup>19</sup>, cuja amplitude foi de 0,30 a 0,46, para a mesma característica, em bovinos da raça Nelore.

As estimativas de herdabilidade obtidos indicam semelhante variabilidade genética para PE365 e PE450, demonstrando que a seleção genética pode ser realizada por qualquer uma das características, obtendo ganhos genéticos aproximados. Contudo, o PE365 é avaliado em animais mais jovens, permitindo identificação antecipada e sendo indicada para seleção de animais para precocidade sexual, devido a associação entre os fatores relacionados ao desenvolvimento inicial ovariano nas fêmeas e testicular nos machos<sup>30</sup>. Já o PE450 é indicado para seleção para fertilidade sexual, estando relacionado com a libido, aspectos quantitativos e qualitativos do sêmen e, conseqüentemente, maior fertilidade<sup>29</sup>.

As estimativas de herdabilidade materna para PE365 e PE450, ou seja, a influência da mãe no perímetro escrotal demonstrou baixo, mas significativo efeito do

componente genético aditivo materno na expressão dessas características (Tabela 2), representando 20 e 10% da herdabilidade direta para PE365 e PE450, respectivamente.

A herdabilidade apresentada para período de gestação foi de 0,23 (Tabela 2), valor que se encontra dentro do intervalo apresentado na literatura, que varia de 0,12 a 0,26<sup>29,31</sup>. A mediana magnitude observada para herdabilidade de PG pode ser atribuída a baixa variabilidade (1,47%, Tabela 1) e também a limitação biológica a qual essa característica está sujeita. Ainda assim, esse resultado indica que o valor fenotípico é, parcialmente, afetado pelo componente genético aditivo, de forma que, a utilização dessa característica como critério de seleção genética possibilita resposta positiva a seleção, buscando a redução desse período, o que proporcionaria as vacas maiores períodos de descanso até a próxima estação de monta, além de possibilitar maior número de bezerros produzidos pela vaca durante sua vida reprodutiva, resultando em reflexos econômicos positivos. Ressalta-se que essa seleção deve ser realizada simultaneamente com a avaliação do peso ao nascer dos bezerros, visto que a redução do período de gestação também pode levar a redução do peso ao nascer, devendo-se buscar manter essa característica próximo a média da raça<sup>31</sup>.

A estimativa de herdabilidade obtida para PS foi de 0,34 (Tabela 2), indicando que grande parte da variação fenotípica na população estudada está relacionada aos efeitos aditivos dos genes, possibilitando obter ganhos genéticos significativos em decorrência da sua utilização como critério de seleção genética. A herdabilidade para PS foi próximo ao obtido por Azevedo et al.<sup>31</sup>, que foi de 0,32. Essa é uma característica pouco adotada por programas de seleção genética para bovinos de corte, fato atribuído, muitas vezes, ao manejo reprodutivo utilizado em sistemas brasileiros que se baseia em monta natural, dificultando a avaliação dos animais e super ou subestimando os resultados obtidos<sup>31</sup>. Ainda assim, o coeficiente de herdabilidade obtido no presente estudo, respalda sua inclusão como critério de seleção para bovinos, trazendo benefícios produtivos e econômicos, devido ao menor período ocioso das fêmeas.

O valor de herdabilidade obtido no presente estudo para IDP foi de 0,23, sugerindo uma, parcial, influência do componente genético aditivo sobre essa característica. A média magnitude obtida para herdabilidade de IDP pode ser atribuída a alta variância ambiental a qual essa característica está submetida (Tabela 2). O resultado obtido é inferior ao apresentado por Silveira et al.<sup>12</sup>, que foi de 0,42. Por outro lado, é superior ao apresentado por Bertazzo et al.<sup>32</sup>, que foi de 0,05; e por Boligon et al.<sup>11</sup>, que foi de 0,12, fato também atribuído, pelos autores, a grande influência ambiental existente sobre essa característica nos

diversos sistemas nos quais ela foi avaliada, sendo mais expressivo em rebanhos criados em sistemas extensivos. Ainda assim, a herdabilidade apresentada demonstra a viabilidade da utilização desta característica como critério de seleção, permitindo ganhos genéticos cumulativos e também ganho econômico, dado a relação direta de IDP com a eficiência reprodutiva, sendo sua redução desejável e o valor ideal de 12 meses, culminando, com a produção de um bezerro por vaca ao ano<sup>5</sup>.

A herdabilidade para FR foi de 0,21 (Tabela 2), demonstrando mediana influência genética aditiva, possibilitando ganhos genéticos através da seleção direta, mas também que melhoria nas condições ambientais levam ao aumento no desempenho fenotípico dos animais, envolvendo eficiência reprodutiva e habilidade materna. O valor obtido no presente estudo é superior ao apresentado por Silveira et al.<sup>12</sup>, que foi de 0,06, para bovinos da raça Nelore. Por outro lado, o valor obtido é próximo ao apresentado por Campello et al.<sup>43</sup>, avaliando também fêmeas Nelore.

Para PAC foi observada herdabilidade de 0,23 (Tabela 2), estando dentro do intervalo apresentado na literatura por Azevedo et al.<sup>31</sup>, Guimarães<sup>34</sup> e Mamede<sup>35</sup>, cuja amplitude variou de 0,11 a 0,25, em bovinos da raça Nelore, sendo, os resultados obtidos no presente estudo, próximo ao limite superior de herdabilidade. Esse resultado indica, parcial, influência do componente genético aditivo para PAC, sendo que a inclusão dessa característica como critério de seleção em bovinos leva a ganhos genéticos significativos e também melhora a produção de quilos de bezerras desmamados por vaca, refletindo a produtividade destes animais e aliando desempenho reprodutivo, precocidade sexual e habilidade materna. Em adição, o valor apresentado para herdabilidade para PAC indica que práticas de manejo que melhorem as condições nutricionais, sanitárias e reprodutivas do rebanho também podem aumentar o desempenho fenotípico para PAC.

Para relação do peso a desmama, observou-se valor de 0,25 de herdabilidade (Tabela 2), resultado próximo aos apresentados por Boligon et al.<sup>37</sup>, cujos valores foram de 0,20 a 0,22, considerando vacas apenas com e com e sem bezerras. Esse valor indica que há variabilidade genética aditiva suficiente para utilização dessa característica como critério de seleção genética, levando a ganhos genéticos e maiores pesos dos bezerras em relação aos pesos das matrizes. Contudo, melhorias nas condições ambientais podem proporcionar maior ganho no desempenho fenotípico dos animais, sendo, essa mudança, não cumulativa. Dessa forma, a seleção genética para RD deve ser associada a melhoria do ambiente, para que os animais expressem seu potencial genético.

As estimativas de herdabilidade para IPC e IPP foram de moderada magnitude, 0,21 e 0,24, respectivamente, sendo que o IPC apresenta a vantagem de ser observada no animal mais jovem. O valor obtido para IPC encontra-se dentro do intervalo observado na literatura, cuja amplitude varia de 0,12 a 0,52<sup>19,44</sup>, para essa característica avaliada como binária, sendo a grande amplitude atribuída aos procedimentos utilizados para análise dos dados, além das variações genéticas e de ambiente que influenciam o coeficiente de herdabilidade. O valor obtido para IPP é superior aos reportados por Boligon et al.<sup>11</sup>, Silveira et al.<sup>12</sup>, Moreira<sup>30</sup> e Azevedo et al.<sup>31</sup>, que foi de 0,05 a 0,21.

Há relatos de que a utilização de IPC e/ou IPP poderia subestimar o valor de herdabilidade e levar a estimativas de baixa acurácia, pois fêmeas que não apresentam concepção e/ou parto não são consideradas nas análises<sup>10,11</sup>. Esse fato não foi observado no presente estudo, sendo os valores obtidos considerados satisfatórios para características relacionadas à reprodução e precocidade sexual, confirmando a viabilidade da utilização dessas como critério de seleção para bovinos de corte.

Em adição, os valores observados demonstram que há variabilidade e influência genética aditiva nas características indicadoras de precocidade sexual, podendo ser obtido ganho genético significativo para elas em decorrência da seleção. De fato, os valores superiores de herdabilidade apresentados bem como a variabilidade genética podem ser atribuídos a seleção genética para precocidade sexual que o rebanho avaliado foi submetido, expondo as fêmeas à reprodução em menores idades, possibilitando a identificação de diferenças fenotípicas e genéticas entre os animais, apesar dos poucos anos de seleção avaliados. A variação genética e, conseqüentemente, a herdabilidade dependem da frequência gênica, a qual pode ser alterada em decorrência da seleção, corroborando com os resultados apresentados por Pereira et al.<sup>29</sup>.

Os valores de herdabilidade obtidos para IPC e IPP também refletem a influência ambiental sobre essas características, indicando que a expressão dessas depende de condições adequadas de manejo, sendo as alterações dessas condições refletidas na redução da IPC e IPP e quando associadas a processos de seleção genética essa redução se torna cumulativa e transmitida as gerações subsequentes. Os resultados deste processo são ciclos reprodutivos se iniciando mais cedo, acarretando em maior longevidade produtiva, maior número de bezerros e maior retorno econômico<sup>31</sup>.

De maneira geral, os valores de erros padrão obtidos para as características reprodutivas foram de baixa magnitude (Tabela 2), corroborando com os apresentados por

Laureano et al.<sup>10</sup>, Moreira<sup>30</sup>, Azevedo et al.<sup>31</sup> e Tekarato<sup>45</sup>. Esses valores demonstram baixa variabilidade entre as médias amostrais e alta precisão das estimativas.

As estimativas das correlações genéticas e residuais entre características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual estão apresentadas na Tabela 3.

A correlação de PE365 e PE450 foi de 0,93 (Tabela 3), valor já esperado visto que são as mesmas medidas mensuradas em idades diferentes, refletindo, assim, a influência de um grande número de genes sobre as duas características. Desta forma, a seleção genética para ao aumento do PE365 leva ao aumento do PE450 e vice-versa. Resultado aproximado foi apresentado por Moreira<sup>30</sup>, cujo valor de correlação observado entre PE365 e PE450 foi de 0,96; e por Vozzi<sup>19</sup>, cuja correlação genética foi de 0,94, em avaliação de bovinos da raça Nelore. Além disso, também foi observada correlação residual de alta magnitude entre o perímetro escrotal mensurado em diferentes idades, indicando que os animais que apresentarem maior medida aos 365 dias de idade serão, possivelmente, os que apresentarão maior medida também aos 450 dias de idade. Esse resultado corrobora com o apresentado por Moreira<sup>30</sup>, cujo valor de correlação residual foi de 0,85.

A correlação genética entre PE365, PE450 e PG foi de 0,28 e 0,24, respectivamente (Tabela 3). Esses valores indicam que a seleção para aumento do perímetro escrotal, em diferentes idades, levará a uma baixa resposta no aumento do período de gestação, por meio de seleção indireta, pois essas características são influenciadas, parcialmente, pelos mesmos genes. Dessa forma, infere-se que poucos genes responsáveis pelo desenvolvimento escrotal também são responsáveis pelo PG. Os valores obtidos no presente estudo encontram-se dentro do intervalo apresentado na literatura para correlação de PG com PE365 e PE450, sendo a amplitude observada de 0,02 a 0,28<sup>11,29</sup>, em bovinos da raça Nelore.

O perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade apresentou correlação negativa e de moderada magnitude com PS, sendo os valores de -0,21 e -0,27, respectivamente (Tabela 3). Diante desses resultados, infere-se que há um pequeno grupo de genes que afetam simultaneamente o perímetro escrotal e o período de serviço, sendo que, quando há uma baixa resposta no aumento da primeira característica, há também redução na segunda, e vice-versa. Não foram encontrados trabalhos realizados sobre as mesmas condições para comparação, ainda assim, esse comportamento é satisfatório do ponto de vista reprodutivo, visto a seleção genética de touros com maior medida de PE, pode resultar em filhas com menor período de serviço, ou seja, menor intervalo entre um parto e o serviço viável subsequente.

Tabela 3- Estimativas das correlações genética (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) e seus respectivos erros padrão (entre parênteses), entre as características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore

Características	PE365	PE450	PG	PS	IDP	FR	PAC	RD	IPC	IPP
PE365	-	0,93 (0,02)	0,28 (0,16)	-0,21 (0,05)	-0,14 (0,08)	0,32 (0,03)	0,18 (0,01)	0,25 (0,09)	-0,41 (0,01)	-0,39 (0,02)
PE450	0,87 (0,03)	-	0,24 (0,09)	-0,27 (0,01)	-0,14 (0,03)	0,32 (0,01)	0,30 (0,04)	0,23 (0,01)	-0,61 (0,04)	-0,60 (0,01)
PG	0,18 (0,04)	0,17 (0,03)	-	0,11 (0,11)	0,40 (0,05)	-0,04 (0,05)	-0,55 (0,11)	-0,53 (0,11)	0,14 (0,05)	0,16 (0,05)
PS	-0,15 (0,01)	-0,15 (0,11)	0,59 (0,13)	-	0,56 (0,01)	-0,15 (0,25)	-0,21 (0,05)	-0,23 (0,09)	-0,12 (0,21)	-0,05 (0,19)
IDP	-0,21 (0,03)	-0,21 (0,01)	0,25 (0,07)	0,41 (0,06)	-	-0,43 (0,03)	-0,46 (0,16)	-0,49 (0,16)	-0,17 (0,03)	-0,11 (0,11)
FR	0,06 (0,11)	0,06 (0,04)	-0,38 (0,19)	-0,23 (0,05)	-0,20 (0,16)	-	0,78 (0,17)	0,54 (0,13)	-0,37 (0,21)	-0,25 (0,19)
PAC	0,05 (0,02)	0,02 (0,11)	-0,17 (0,04)	-0,28 (0,04)	-0,18 (0,04)	0,05 (0,03)	-	0,28 (0,05)	-0,56 (0,04)	-0,51 (0,11)
RD	0,06 (0,02)	0,06 (0,04)	-0,11 (0,04)	0,06 (0,05)	-0,27 (0,11)	0,23 (0,05)	0,07 (0,05)	-	-0,03 (0,05)	-0,02 (0,05)
IPC	-0,37 (0,02)	-0,39 (0,11)	-0,23 (0,15)	-0,16 (0,05)	-0,24 (0,07)	-0,27 (0,08)	-0,32 (0,06)	-0,22 (0,17)	-	0,96 (0,13)
IPP	-0,35 (0,14)	-0,36 (0,03)	0,20 (0,05)	-0,13 (0,04)	-0,23 (0,09)	-0,24 (0,17)	-0,29 (0,11)	-0,24 (0,08)	0,78 (0,13)	-

PE365: perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450: perímetro escrotal aos 450 dias de idade; PG: período de gestação; PS: período de serviço; IDP: intervalo de parto; FR: fertilidade real; PAC: produtividade acumulada; RD: relação do peso a desmama; IPC: idade à primeira concepção; IPP: idade ao primeiro parto.

O mesmo comportamento foi observado para as correlações residuais, porém, com valor de menor magnitude, demonstrando que algumas condições ambientais influenciam oposta e simultaneamente essas características, de forma que, melhorias ambientais que levem ao aumento do perímetro escrotal podem levar a redução do período de serviço de fêmeas.

O perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade apresentou correlação genética negativa e de baixa magnitude com intervalo de parto (Tabela 3). Resultados aproximados foram apresentados por Silveira et al.<sup>12</sup>, cuja pesquisa apresentou correlação de -0,19 entre PE450 e IDP, em bovinos da raça Nelore. Esse valor indica que há uma associação entre genes que influenciam o PE e o IDP, sendo, parcialmente, semelhantes. Desta forma, a seleção genética para aumento do PE, pode levar a redução do IDP, e vice-versa. Esse comportamento está associado também ao resultado da correlação entre PE e PS, visto que essa segunda característica compõe o IDP. A correlação residual entre PE e IDP apresentou comportamento semelhante a genética, demonstrando que alterações ambientais que levem ao aumento do PE podem resultar na redução do IDP, resultados satisfatórios para a eficiência reprodutiva do rebanho.

Os PE365 e PE450 estão correlacionados de forma positiva com FR (Tabela 3), apresentando valores de moderada magnitude (0,32). Desta forma, uma parte dos genes que influenciam o PE, influenciam também a FR, na mesma direção, ou seja, a seleção genética que tem como objetivo o aumento do PE pode levar a maior FR e maior quantidade de quilos de bezerros produzidos. Resultado oposto ao do presente estudo foi apresentado por Silveira et al.<sup>12</sup>, que observaram correlação negativa entre essas características. Esse resultado pode ser atribuído a seleção genética pela qual o rebanho avaliado vem sendo submetido, que tem como critério de seleção o PE e também o peso a desmama, sendo essa última componente da FR. Assim, é possível que a seleção genética tenha alterado a frequência genética, variabilidade e (co)variância das características, resultando em valores diferentes dos apresentados na literatura. Resultados positivos, porém, de menor magnitude, também foram observados para as correlações residuais entre PE365, PE450 e FR, indicando que há um pequeno grupo de condições ambientais que influenciam simultaneamente e na mesma direção essas características.

Foi observada correlação genética positiva entre PE365, PE450 e PAC, sendo o maior valor observado para perímetro escrotal mensurado ao sobreano (Tabela 3). Dessa forma, a seleção genética para PE365 e PE450 pode levar a ganho genético na mesma direção para PAC, sendo as respostas indiretas maiores se utilizado como critério de seleção o PE450. Fato que pode ser atribuído a maior proximidade de mensuração ou cálculo das duas medidas. Correlação genética positiva, porém de maior magnitude, foi observado por Mamede<sup>35</sup> e Guimarães<sup>34</sup>. Ainda assim, os valores observados no presente estudo são considerados satisfatórios do ponto de vista reprodutivo e também respaldam a utilização de uma característica com obtenção de resposta indireta em outra, sendo que, dado a maior herdabilidade estimada para PE, a utilização desta característica apresentará ganho genético mais expressivo que a PAC (Tabela 2). Já a correlação residual entre essas características foi de baixa magnitude, demonstrando pequena associação e influencia ambiental simultânea nas mesmas, de forma que mudanças nas condições ambientais que alterem uma delas, não afetará a outra.

A estimativa de correlação genética entre PE mensurado em diferentes idades e RD (Tabela 3), demonstram que há um grupo de genes que influenciam simultaneamente e na mesma direção as duas características, ou seja, a seleção genética realizada com base no perímetro escrotal pode levar a alteração da relação do peso a desmama no mesmo sentido e vice-versa. Assim como as características de PAC e FR, a RD está associada ao peso a

desmama, característica utilizada como um dos critérios de seleção do rebanho avaliado, que, possivelmente, por ser utilizado em conjunto com PE, pode ter alterado a frequência genética do rebanho levando a uma associação entre as mesmas. Contudo, foi observada baixa correlação residual entre PE e RD, demonstrando que modificações nas condições ambientais que afetam uma característica não apresentará impacto na outra, comportamento atribuído a distância temporal entre a mensuração das mesmas. Não foram encontrados estudos abordando essas características de forma a permitir a comparação.

De maneira geral, os valores de correlação genética e fenotípica obtidos no presente estudo indicam que a seleção para PE deve melhorar, também, as características reprodutivas nas fêmeas.

Para PG, foi observado correlação genética positiva e de baixa a moderada magnitude com PS e IDP (Tabela 3), refletindo a influência de um grupo de genes nessas características, que atuam no mesmo sentido. Desta forma, a seleção genética para menores períodos de gestação leva também a alterações no período de serviço e no intervalo de parto, na mesma direção. Este fato era esperado, visto que o IDP é composto pelo período de serviço e o período de gestação, ou seja, o intervalo entre um parto e o parto subsequente é o somatório entre o período que a fêmea leva para voltar a apresentar estro após o parto, o período entre o estro e o próximo serviço viável e também o período de gestação. O mesmo comportamento foi observado para a correlação residual entre essas características, assim, alterações nas condições ambientais que modifiquem uma delas, promoverá modificação no mesmo sentido nas demais. Não foram observados resultados na literatura que permitam a comparação entre os valores obtidos no presente estudo para a correlação de PS, IDP e PG.

O PG apresentou correlação próxima a zero com FR, e negativas e de moderada magnitude com PAC e RD (Tabela 3). Desta forma, a seleção genética para PG não irá apresentar resposta na FR, mas provocará respostas significativas para PAC e RD, no sentido contrário. Foram observadas correlações residuais negativas entre PG com FR e PAC, sendo que condições ambientais que levam ao aumento do PG, resulta na redução da FR e da PAC, porém, não apresentará resposta para RD.

Maiores períodos de gestação levam a bezerros com maiores pesos ao nascer, contudo, esses podem não ser os mais pesados ao desmame, em adição, períodos mais curtos de gestação levam a menor IDP. Estas associações podem ter resultado na correlação negativa de PG e PAC, pois menores IDPs permitem maior produção de quilos de bezerro ao ano. Além disso, fêmeas mais leves e de menor tamanho corporal tendem a apresentar menor

período de gestação<sup>46</sup>, o que pode ter elevado a relação do peso do bezerro com o peso da vaca. Ainda assim, dado o escasso número de estudos que abordam a associação entre essas características, faz-se necessário maior número de pesquisas a fim de melhor elucidar essa relação.

O PS apresentou associação genética positiva e de alta magnitude com o IDP (Tabela 3), fato esperado, visto que, conforme mencionado anteriormente, o PS é um componente do IDP. Esse resultado reflete a influência simultânea de um grande grupo de genes sobre as duas características, sendo que a seleção genética para uma delas resulta em resposta indireta e na mesma direção na outra. O mesmo comportamento foi observado para a correlação residual entre essas características, dessa forma, quando são realizadas alterações nas condições ambientais que levam a redução do IDP, pode ser observada redução simultânea no PS e vice-versa. Esses resultados são satisfatórios pensando-se em eficiência reprodutiva, visto que, a redução desses períodos pode levar a maior número de bezerros produzidos por matriz. Não foi encontrado estudos na literatura que abordem essas características e permita a comparação com o presente estudo.

O PS apresentou correlação genética negativa e de baixa a moderada magnitude com as características relacionadas a eficiência e habilidade da matriz, que são FR, PAC, RD (Tabela 3), demonstrando que a seleção genética para redução do período de serviço, leva a um pequeno aumento na habilidade materna, devido a influência simultânea de um pequeno grupo de genes sobre essas características. O mesmo comportamento foi observado para a correlação genética entre FR, PAC, RD com IDP, porém, em maior magnitude. Assim, quando se objetiva aumento da produção de bezerros, em quilos, seja através da utilização de FR, PAC ou RD, a inclusão do IDP como critério de seleção trará maiores respostas indiretas que o PS.

Foram observadas correlações residuais negativas entre FR, PAC e RD com P, porém, de baixa a moderada magnitude (Tabela 3). Dessa forma, há alta e variável influência ambiental entre as mesmas, sendo que a alteração nas condições de ambiente que promovem variação em uma apresentará efeito pequeno ou nulo sobre as outras. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram reportados por McManus et al.<sup>33</sup>, ao avaliarem a correlação residual entre IDP, FR e PAC.

As correlações genéticas de PAC com RD e FR foram positivas e de moderada magnitude (Tabela 3), comportamento já esperado visto que essas características estão todas relacionadas a produção de bezerros em quilos, bem como a habilidade materna. Diante disso,

a seleção genética tendo como critério de seleção uma dessas características levará a resposta indireta na mesma direção nas demais. A correlação residual entre essas características foi positiva, porém, de menor magnitude que as genéticas. Esses resultados refletem a maior influência ambiental e de efeitos não aditivos sobre as características reprodutivas e que essas podem não atuar simultaneamente para PAC, RD e FR. Na literatura, não foi possível encontrar estudos que abordam essas características e que permitam a comparação com os resultados obtidos no presente estudo.

As idades a primeira concepção e ao primeiro parto apresentaram correlação negativa e de moderada magnitude com PE365 e PE450 (Tabela 3). Com base nos valores apresentados, infere-se que a seleção genética para maiores perímetros escrotais pode levar a redução da idade à primeira concepção e ao primeiro parto, através de resposta indireta e antagonica, atribuída à influência simultânea de um grupo de genes sobre essas características.

O mesmo comportamento, porém, em menor magnitude, foi reportado por Silveira et al.<sup>12</sup> (-0,23), avaliando a correlação de PE450 com IPP. Valores negativos, mas inferiores ao do presente estudo também foram reportados por Boligon et al.<sup>11</sup>, cuja correlação entre IPP, PE365 e PE450 foi de -0,13 e -0,23, respectivamente; e também por Moreira<sup>47</sup>, cuja correlação estimada foi de -0,40 e -0,37, para IPP, PE365 e PE450, respectivamente. Em relação a IPC, avaliada como característica binária de prenhez precoce, Terakado<sup>45</sup> observou valores de 0,35 e 0,28, para correlação com PE365 e PE450, respectivamente. Esses valores indicam que animais com maiores circunferências escrotal produzirão filhas com maior probabilidade de apresentar prenhez precoce, e vice-versa, comportamento, apesar da menor magnitude, semelhante ao do presente estudo.

Os valores superiores obtidos no presente estudo podem ser atribuídos a seleção a qual o rebanho avaliado tem sido submetido, resultando em alteração da frequência genica e incorporação dessas características no rebanho, levando a alteração nas correlações genéticas, que sofrem influência do critério de seleção adotado. Esse comportamento também foi observado no estudo apresentado por Pereira et al.<sup>29</sup>, que avaliando rebanho sob seleção para precocidade, observaram correlação genética de -0,47 entre PE e IPP.

No presente estudo, o PE365 apresentou menor correlação genética com as características indicadoras de precocidade sexual. Estudos demonstram que a puberdade de machos da raça Nelore ocorre próximo a um ano de idade<sup>12</sup>, sendo o PE nessa idade indicador de precocidade sexual, estando também correlacionada com a idade à puberdade, primeira

concepção e primeiro parto, conforme observado nesse estudo. Gressler<sup>48</sup> atribui esse efeito a associação do perímetro escrotal à maiores níveis de hormônios gonadotróficos, culminando com a puberdade, o início da atividade reprodutiva de machos e fêmeas e, também concepções mais precoces na primeira estação de monta.

Por outro lado, ao sobreano, os animais encontram-se no período pós-puberdade e atingindo a maturidade sexual, ou seja, a um ano de idade machos e fêmeas já se apresentaram púberes, mas, possivelmente, a maturidade sexual e a capacidade de se tornar prenhe ocorra após essa idade, confirmando a maior correlação observada para PE450, IPC e IPP. Esse mesmo comportamento foi apresentado por Boligon et al.<sup>11</sup> e por Pereira et al.<sup>29</sup> para PE e IPP, em bovinos da raça Nelore.

As associações residuais entre as características indicadoras de precocidade sexual e perímetro escrotal também foram negativas e de moderada magnitude, refletindo que mudanças nas condições ambientais que afetam o perímetro escrotal também afetará a idade à primeira concepção e ao primeiro parto, em sentido oposto.

A correlação genética entre IPC e IPP com PG foi positiva e de baixa magnitude (Tabela 3), refletindo que apenas um pequeno grupo de genes que afetam o período de gestação, afetam também a IPC e IPP. Dessa forma, a seleção para uma característica promoverá pequena resposta na outra, na mesma direção, ou seja, a seleção para menores períodos de gestação, levará a uma pequena redução em IPC e IPP, e vice-versa. Resultados aproximados foram apresentados por Azevedo et al.<sup>31</sup>, cuja correlação apresentada foi de 0,22 entre PG e IPP. A associação residual obtida também apresentou valores positivos e de baixa magnitude, indicando pequena influência das mesmas condições ambientais sobre essas características, sendo que os fatores que as influenciam levam a alterações na mesma direção.

As estimativas de correlação genética entre IPC e IPP com PS foram negativas e de baixa magnitude (Tabela 3), demonstrando pouco ou ausência de genes que influenciam simultaneamente essas características. Desse modo, a seleção para período de serviço não promoverá respostas indiretas na IPC e IPP, e vice-versa. Também foi observada baixa associação residual entre estas características. Desta forma, visando ganhos genéticos e fenotípicos para IPC, IPP e PS deve ser realizada seleção genética utilizando todas estas características como critérios de seleção. Resultados contrários ao do presente estudo foi apresentado por Azevedo et al.<sup>31</sup>, cuja correlação observada foi de 0,63. Os valores obtidos no presente estudo podem ser atribuídos a seleção prática para eficiência reprodutiva, que o rebanho avaliado vem sendo submetido, fazendo com que não haja diferenças discrepantes

entre fêmeas precoces e convencionais, visto que fêmeas que apresentam elevados IDP são descartadas, sendo esses resultados satisfatórios, pois demonstram que fêmeas precoces avaliadas por IPC ou IPP, não terão prejuízo na ocorrência de prenhez subsequente.

As correlações genéticas entre IPC e IPP com IDP foram negativas e de baixa magnitude (Tabela 3), possibilitando inferir que a associação genética, bem como a resposta indireta obtida pela seleção genética utilizando como critério de seleção uma dessas características será baixa, dado a um pequeno grupo de genes que influenciam simultaneamente essas características. A associação residual também foi de baixa magnitude, fato assim como o PS, atribuído a seleção de fêmeas para regularidade reprodutiva realizada no rebanho avaliado. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os apresentados por Azevedo et al.<sup>31</sup>, que apesar de terem observado valor positivo entre IPP e IDP, esse foi de baixa magnitude, confirmando a baixa associação entre essas características e que a seleção para precocidade sexual não implicará em prejuízos para as demais ocorrências de prenhez.

As estimativas de correlação genética entre IPC e IPP com FR foram negativas e de moderada magnitude (Tabela 3), demonstrando que há um grupo de genes que influenciam simultaneamente e de forma antagônica essas características. Assim, a seleção genética para redução da IPC ou IPP leva ao aumento da FR, e vice-versa, sendo esses resultados satisfatórios do ponto de vista produtivo e reprodutivo, pois, significam que fêmeas mais precoces sexualmente podem ser também as que apresentam mais quilos de bezerros produzidos, fato confirmado pela associação residual entre essas características. Esses resultados corroboram com os apresentados por Silveira et al.<sup>12</sup>, cuja correlação entre IPP e FR foi de -0,69.

As associações genéticas observadas entre IPC e IPP com PAC (Tabela 3) demonstram que há uma grande proporção de genes que afetam simultaneamente e de forma antagônica essas características. Assim, infere-se que a seleção genética para aumento da PAC leva a redução da IPC e IPP, e vice-versa, de forma que fêmeas mais precoces também desmamaram mais quilos de bezerros por ano, corroborando com os resultados obtidos para FR. Correlação genética também negativa, porém, de maior magnitude, entre IPP e PAC foi observado por Mamede<sup>35</sup> e por Guimarães<sup>34</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos para a correlação residual.

Os resultados obtidos para a correlação genética entre IPC e IPP com RD (Tabela 3), demonstram baixa associação entre essas características, de forma que a seleção para uma

não promoverá alterações e nem apresentará resposta indireta nas outras. Apesar de ter sido observada correlação residual de maior magnitude que a genética, os resultados obtidos ainda são baixos, demonstrando baixa influencia ambiental simultânea entre essas características. Não foram encontrados relatos na literatura que abordem essas características e que permitam a comparação com os resultados obtidos no presente estudo, sendo necessários mais estudos, a fim de elucidar essa relação.

A correlação genética entre IPC e IPP foi positiva e de alta magnitude (Tabela 3), fato já esperado considerando que são medidas associadas. Dessa forma, a seleção genética para IPC leva a respostas genéticas na mesma direção na IPP, esse comportamento é atribuído a presença de uma grande proporção de genes que influenciam simultaneamente as mesmas características. Esta relação também foi observada por Vozi<sup>19</sup>, que avaliando a correlação genética entre IPC, avaliada como prenhez precoce (característica binária), e IPP, apresentou valor de -0,88, significando que as fêmeas com maior probabilidade de apresentar parto precoce são as que irão apresentar menor idade ao primeiro parto. Associação residual positiva e de alta magnitude também foram observadas entre IPC e IPP, de forma que alterações nas condições ambientais que levam a redução na idade à primeira concepção também reduzirá a idade ao primeiro parto.

De maneira geral, os resultados de correlações genéticas e residuais obtidas no presente estudo entre as características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual apresentaram erros padrão de baixa magnitude, refletindo alta precisão das estimativas.

O sucesso de um programa de seleção genética animal depende da proporção do ganho genético e fenotípico transferido de uma geração para outra, sendo, o monitoramento desses ganhos realizado através da avaliação de tendências genéticas e fenotípicas. Essa avaliação demonstra a evolução genética e fenotípica do rebanho ao longo dos anos de seleção, testando a eficácia dos critérios de seleção utilizados. Nas análises de regressão realizadas para avaliação das tendências genéticas e fenotípicas verificou-se mudança quadrática significativa ( $P < 0,01$ ) para todas as características avaliadas.

As tendências genéticas para perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade (Figura 1) apresentaram comportamento positivo ao longo dos anos de seleção genética, demonstrando ganho genéticos expressivos, sendo os valores médios de 0,22 e 0,30 cm/ano, para PE365 e PE450, respectivamente. A tendência genética para PE observada no presente estudo foi superior ao valor apresentado por Laureano et al.<sup>10</sup>, cuja tendência genética foi de 0,069 cm/ano; porém, foi próximo ao apresentado por Cyrillo et al.<sup>49</sup>, cuja mudança genética

apresentada para PE foi de 0,31 cm/ano em um rebanho em constante seleção. Esses resultados podem ser atribuídos ao moderado coeficiente de herdabilidade que essas características apresentam (Tabela 2), resultando em resposta positiva a seleção e incorporação no rebanho, em decorrência da utilização dessas como critério de seleção.

O aumento do perímetro escrotal está associado com a antecipação da puberdade, em machos e fêmeas, e também em aumento da fertilidade sexual dos machos. Dessa forma, a utilização dessa característica como critério de seleção genética, bem como os ganhos que proporcionados por essa seleção, são de extrema importância para a eficiência reprodutiva do rebanho de bovinos de corte, sendo que os resultados obtidos no presente estudo refletem a eficácia do programa de seleção e também a melhoria dos índices reprodutivos do rebanho, ao longo dos anos.

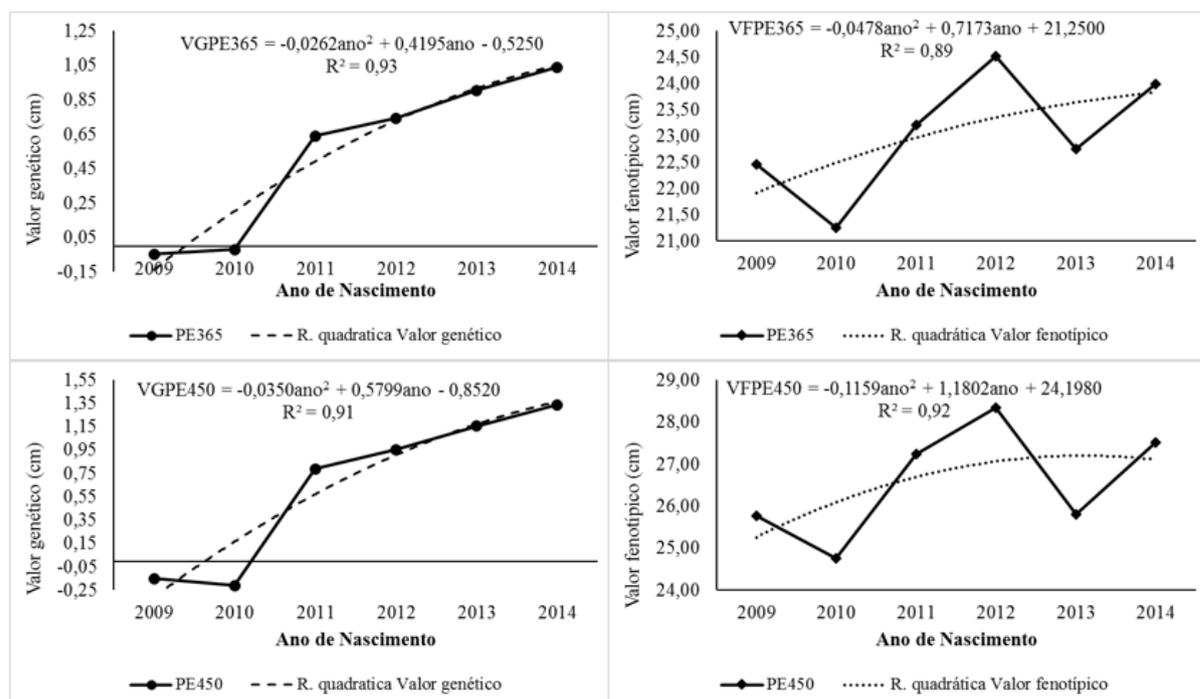


FIGURA 1 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para perímetro escrotal aos 365 e 450 dias de idade (PE365 e PE450) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

A evolução fenotípica não apresentou tendência explícita, sendo observada queda nos anos de 2010 e 2013 (Figura 1). Esses resultados refletem a, provável, utilização de reprodutores com valores genéticos abaixo da média do rebanho para perímetro escrotal ao longo dos anos, resultando em queda no desempenho fenotípico médio, apesar do ganho genético que o rebanho apresentou para perímetro escrotal.

As tendências genéticas e fenotípicas para período de gestação estão apresentadas na figura 2. Os resultados observados demonstram tendência genética negativa a partir do ano de 2010, com mudança genética média de -0,06 dias/ano. Resultados próximos aos do presente estudo foram reportados por Moreira<sup>30</sup>, que avaliando bovinos da raça Nelore, estimou uma mudança genética média de -0,02 dias/ano.

A tendência fenotípica para PG, apesar de pequenas oscilações, apresentou comportamento semelhante à da evolução genética, com redução média de -0,46 dias/ano. Tanto os ganhos genéticos quanto fenotípicos apresentam valores de baixa magnitude, sendo esse resultado atribuído a baixa variabilidade genética e também a limitação biológica dessa característica (Tabela 1 e 2). Ainda assim, esses resultados são considerados satisfatórios por afetar de forma positiva a eficiência reprodutiva das fêmeas, visto que menores períodos de gestação podem permitir maiores números de crias, além de estar relacionado com a menor ocorrência de partos distócicos. É importante ressaltar que a seleção para período de gestação deve ser realizada associada com peso ao nascer, visando evitar ambos extremos para essas duas características.

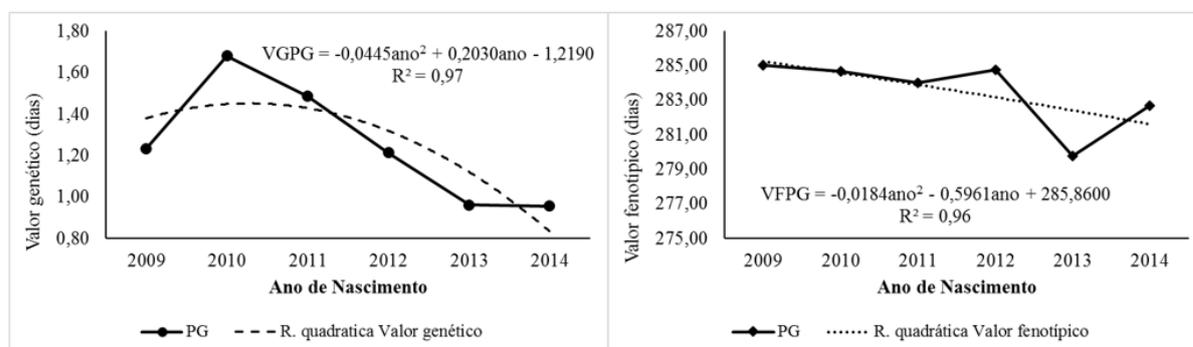


FIGURA 2 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para período de gestação (PG) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Apesar de não ser utilizada o período de serviço como critério de seleção genética no rebanho avaliado, observou-se tendência genética negativa expressiva entre os anos de 2012 e 2013, sendo o ganho genético médio de -0,03 dias/ano (Figura 3). Esse resultado pode ser atribuído a seleção fenotípica pela qual o rebanho vem sendo submetido, que tem como um dos critérios de descarte a irregularidade reprodutiva, sendo descartadas as fêmeas com longos intervalos de partos. Esse manejo pode ter influenciado na redução do período de serviço médio do rebanho, com tendência fenotípica ligeiramente linear e negativa, mas

também na mudança do mérito genético do rebanho como um todo. O coeficiente moderado de herdabilidade moderado estimado para PS (Tabela 2) reforça essa teoria.

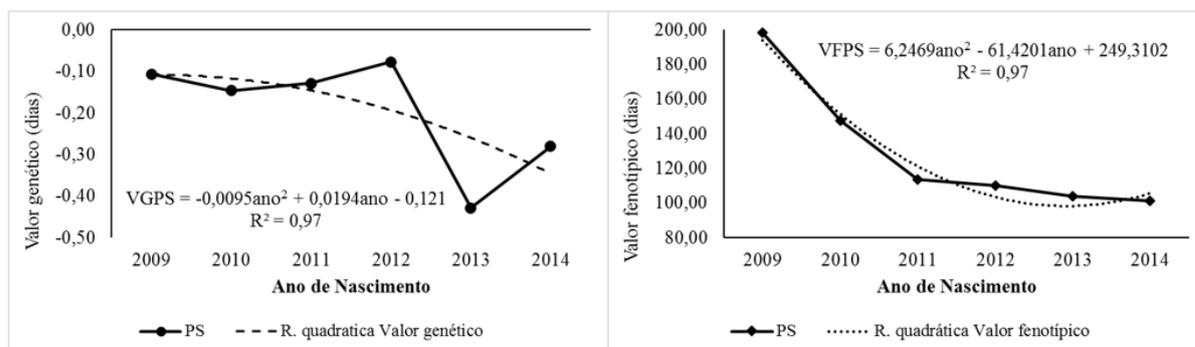


FIGURA 3 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para período de serviço (PS) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

A tendência genética para intervalo de parto apresentou grandes oscilações, com queda expressiva entre os anos 2013 e 2014, sendo o ganho genético médio de -0,14 dias/ano (Figura 4). Assim como o período de serviço, o IDP não é utilizado como critério de seleção genética, mas é utilizado como indicador para descarte de fêmeas com falhas reprodutivas, o que pode ter levado a um ganho genético indireto. Por outro lado, observou-se ganho fenotípico entre os anos 2009 e 2010, seguido de uma ligeira manutenção da média fenotípica. De fato, características reprodutivas apresentam grande influência ambiental, estando mais sujeita ao ambiente e aos efeitos genéticos não aditivos que os aditivos. Comportamento semelhante ao do presente trabalho para IDP foi reportado por Perotto et al.<sup>5</sup>, avaliando a tendência fenotípica em fêmeas da raça Canchim; por Grupioni et al.<sup>50</sup>, avaliando bovinos da raça Guzerá e por Neponuceno et al.<sup>51</sup>, avaliando bovinos da raça Nelore.

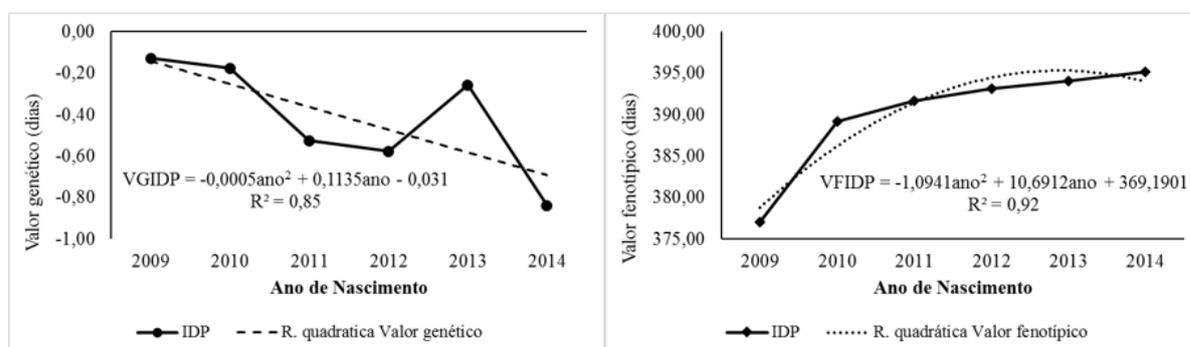


FIGURA 4 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para intervalo de parto (IDP) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Os resultados obtidos para PS e IDP são considerados satisfatórios do ponto de vista reprodutivo e econômico, visto que a redução destes períodos possibilita maior produção de bezerros por fêmea, maior número de novilhas para reposição e animais para a venda, além de aumento na intensidade de seleção, levando a maiores progressos genéticos. Contudo, recomenda-se maior atenção para as condições ambientais que influenciam o IDP a fim de permitir que os animais expressem seu potencial genético.

As tendências genéticas e fenotípicas para fertilidade real estão apresentadas na figura 5. Após o ano de 2011, observou-se crescente aumento do valor genético para FR, com ganho médio de 0,24 kg/ano. Esse resultado pode ser atribuído a correlação genética que essa característica apresenta com outras características utilizadas como critério de seleção e/ou que compõe a FR, como peso a desmama, resultando em ganhos genéticos indiretos. Contudo, a alta influência ambiental, confirmada pela herdabilidade dessa característica, levou a uma queda fenotípica entre os anos 2009 e 2010. Apesar de recente e pequena adoção, visto que esta característica engloba eficiência reprodutiva e habilidade materna, a sua utilização como critério de seleção traz importantes benefícios para o sistema de produção, levando a maior produção de bezerros, reforçando a sua inclusão da mesma em programas de melhoramento genético.

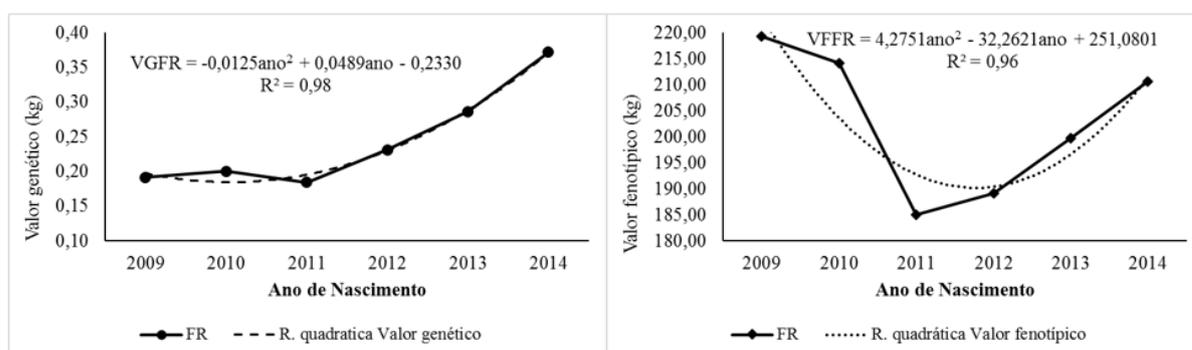


FIGURA 5 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para fertilidade real (FR) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

A tendência fenotípica para FR, após o ano de 2011, apresentou comportamento semelhante a genética, com ganhos anuais chegando a 8 quilos (Figura 5). Esses resultados reforçam a adoção de FR como critério de seleção a fim de se obter maiores respostas, além de buscar melhorias nas condições ambientais permitindo que os animais expressem seu potencial genético e apresentem respostas mais constantes.

As tendências genéticas e fenotípicas para produtividade acumulada estão apresentadas na figura 6. Observou-se evolução crescente para essa característica, sendo a média de ganho genético de 4,98 kg/bezerro/ano. Resultados aproximados foram apresentados por Schwengber et al.<sup>52</sup>, avaliando a eficácia da utilização de PAC como critério de seleção para bovinos Nelore, confirmando a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos expressivos para PAC, em decorrência da seleção genética.

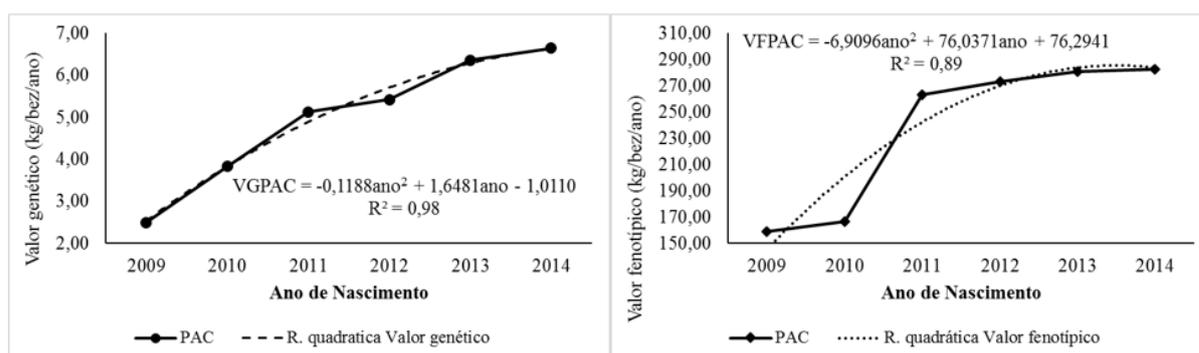


FIGURA 6 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para produtividade acumulada (PAC) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

Apesar de não ser adotada como critério de seleção no rebanho avaliado, a PAC é obtida através do peso dos bezerros no momento de desmame, sendo essa, por sua vez, utilizado no programa de seleção interno, o que pode ter ocasionado respostas indiretas para essa característica. Além disso, as maiores e mais constantes respostas obtidas, em comparação a FR que também está relacionada ao peso ao desmame, podem ser atribuídas a maior herdabilidade de PAC. Em relação a evolução fenotípica para PAC, foi observado um ganho expressivo entre os anos de 2010 e 2011, seguido pelo ligeiro aumento até o último ano de avaliação.

As tendências genéticas e fenotípicas para relação do peso a desmama estão apresentadas na figura 7.

A relação do peso a desmama também é uma característica associada ao peso de desmama dos bezerros, e assim como FR, apresentou ganhos genéticos expressivos após 2011, sendo o valor médio de 0,71% por ano (Figura 7). Foi observada tendência fenotípica crescente entre os anos 2010 e 2012, seguida de uma ligeira queda. Assim infere-se que a oscilação fenotípica tenha sido causada por variações no desempenho fenotípico dos animais utilizados para cálculo da relação do peso a desmama e também por influência das condições ambientais que afetam de maneira expressiva o desempenho fenotípico para características

reprodutivas. Essa característica também está relacionada com peso das matrizes ao desmame, sendo o almejado, fêmeas de menor tamanho corporal ou mais leves, mas que desmamam maior proporção de quilos de bezerros em relação a seus pesos, sendo, assim, mais eficientes. Diante disso, os resultados genéticos e fenotípicos obtidos para RD refletem o ganho em eficiência produtiva das matrizes no rebanho, ao longo dos anos de seleção.

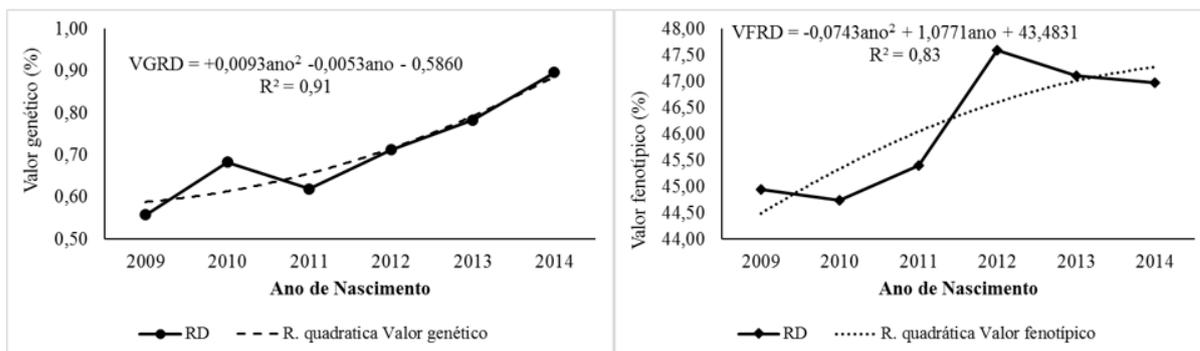


FIGURA 7 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para relação do peso a desmama (RD) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

As tendências genéticas e fenotípicas para idade à primeira concepção e primeiro parto estão apresentadas na figura 8.

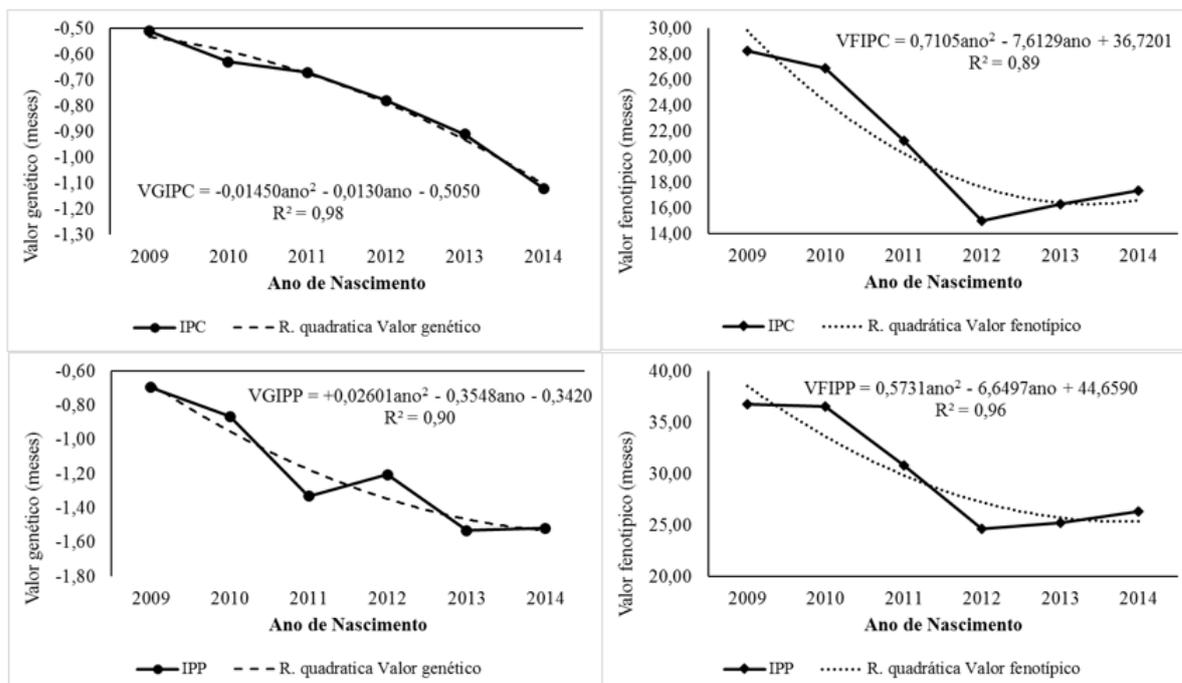


FIGURA 8 – Tendências genéticas aditivas diretas e fenotípicas para idade à primeira concepção (IPC) e idade ao primeiro parto (IPP) de bovinos da raça Nelore, no período de 2009 a 2014.

O rebanho avaliado tem como um dos principais objetivos de seleção a antecipação da maturidade sexual, utilizando como critérios de seleção a idade à primeira concepção e ao primeiro parto. Os resultados observados para evolução genética dessas características ao longo dos anos, demonstra que a utilização dessas características foi eficaz para melhoria do potencial genético do rebanho para precocidade sexual. Os ganhos genéticos médios para IPC e IPP foram de -0,12 e -0,16 meses/ano, respectivamente. Além disso, observou-se que a seleção genética foi capaz de reduzir a média fenotípica dessas características, cuja valor médio foi de -2,17 e -2,19 meses/ano, para IPC e IPP, respectivamente. Esses resultados demonstram que o manejo de expor as fêmeas à reprodução em menores idades traz efeitos satisfatórios e cumulativos para o rebanho, com reflexo na redução da maturidade sexual.

De fato, os resultados obtidos para IPP corroboram com os apresentados por Laureano et al.<sup>10</sup>, cuja exposição antecipada das fêmeas à reprodução, permitindo que as mesmas expressassem seu potencial genético para precocidade sexual, levou a ganhos genéticos negativos e de maior magnitude, com valor médio de -3,024 dias/ano. Por outro lado, em pesquisas com fêmeas que não foram expostas os ganhos genéticos são reduzidos e inferiores ao presente estudo, como o reportado por Moreira<sup>30</sup> em bovinos da raça Nelore e Grupioni et al.<sup>50</sup> em bovinos da raça Guzerá. Dessa forma, mesmo que a IPC ou a IPP sejam utilizadas como critério de seleção genética, é importante realizar o manejo reprodutivo do rebanho a fim de permitir que os animais expressem seu potencial para precocidade sexual.

De modo geral, as mudanças genéticas e fenotípicas obtidas no presente estudo para características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual foram satisfatórios e refletem a eficácia do programa de seleção genética utilizado no rebanho avaliado. Além disso, apesar de os ganhos genéticos para algumas características apresentarem valores de baixa magnitude, o progresso obtido deve ser considerado, pois as mudanças genéticas são cumulativas e permanentes ao longo dos anos. Contudo, por estarem sujeitas a grande influência ambiental, as mudanças genéticas podem não se apresentar no fenótipo dos animais, de forma que essa influência também deve ser avaliada e controlada.

#### 4. CONCLUSÃO

As características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual apresentaram variabilidade genética e podem ser incluídas em programas de melhoramento genético, pois respondem à seleção individual, apresentando possibilidade de terem suas médias melhoradas através da seleção.

Os coeficientes de herdabilidade estimados para características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual foram, de maneira geral, de moderada magnitude, indicando a possibilidade de obtenção de ganho genético com a inclusão dessas em programas de seleção.

Em geral, os coeficientes de correlações genéticas entre as características avaliadas foram favoráveis, permitindo a obtenção de respostas indiretas através da seleção das mesmas. De forma que, a seleção utilizando a idade à primeira concepção e/ou ao primeiro parto leva a respostas indiretas e satisfatórias nas demais características reprodutivas, com exceção da relação do peso a desmama, cuja correlação foi próxima a zero.

As tendências genéticas e fenotípicas para as características avaliadas foram satisfatórias e mostram ter ocorrido progresso genético e fenotípico do rebanho, sugerindo que os critérios de seleção utilizados têm sido eficazes para esse fim.

Dado o pequeno número de estudos avaliando características como PS, IDP, FR e RD, recomenda-se que novas avaliações sejam realizadas para esclarecimento dos parâmetros genéticos, associações genéticas, bem como o progresso que pode ser obtido através da inclusão das mesmas em programas de melhoramento genético.

## 5. REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Rebanho Bovino Brasileiro. 2016. [acesso em 10 nov 2016]. Disponível em: [http://www.abiec.com.br/3\\_rebanho.asp](http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp).
2. Abud LJ. Idade, peso, morfometria corporal e prenhez em novilhas Nelore dos 16 aos 32 meses. [Dissertação]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2010.
3. Oliveira CMG, Oliveira Filho BD, Gambarini ML, Kunz TL, VIU MA. Índice de gestação em novilhas Nelore que atingiram a puberdade em idade precoce. *Rev Bras Reprod Anim.* 2003;27(2):237–239.
4. Melis MH Van, Oliveira HN, Eler JP, Ferraz JBS, Casellas J, Varona L. Additive genetic relationship of longevity with fertility and production traits in Nellore cattle based on bivariate models. *Genet Mol Res.* 2010;9(1):176–187.
5. Perotto D, Miyagi AP, Souza JC, Moletta JL, Freitas JA. Estudos de características reprodutivas de animais da raça canchim, criados a pasto, no estado do Paraná. *Arch Vet Sci.* 2006;11(2):1–6.
6. Perotto D, Abrahão JJ dos S, Kroetz IA. Calving interval of Nellore, Guzerath x Nellore, Red Angus x Nellore, Marchigiana x Nellore and Simental x Nellore. *Rev Bras Zootec.* 2006;35(3):733–741.
7. Gressler SL, Bergmann JAG, Pereira CS, Vannia MP, Pereira JCC, Glessler MGM. Estudo das Associações Genéticas entre Perímetro Escrotal e Características Reprodutivas de Fêmeas Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2004;29(2):427-437.
8. Eler JP, Ferraz JBS, Teixeira LD. Seleção para precocidade sexual em novilhas de corte. In: Pires AV. *Bovinocultura de corte*. Piracicaba: FEALQ; 2010.
9. Eler JP, Silva JA, Evans JL, Ferraz JB, Dias F, Golden BL. Additive genetic relations between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nellore cattle. *J Anim Sci.* 2004;82:2519–2527.
10. Laureano MMM, Boligon AA, Costa RB, Forni S, Severo JLP, Albuquerque LG. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2011;63(1):143–152.
11. Boligon AA, Rorato PRN, Albuquerque LG De. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(3):565–571.
12. Silveira JC da, McManus C, Santos AM dos, Silva LOC da, Silveira AC da, Garcia JAS, Louvandini H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do sul. *Rev Bras Zootec.* 2004;33(6):1432–1444.

13. Pereira JCC. Contribuição genética do zebu na pecuária bovina do Brasil. *Inf Agropec.* 2000;21(205):30–38.
14. Hawken RJ, Fordyce G, Holroyd RG, Walkley JRW, Barendse W, Johnston DJ, Prayaga KC, Tier B, Reverter A, Lehnert SA. Genome - wide association studies of female reproduction in tropically adapted beef cattle. *J Anim Sci.* 2012;90:1398–1410.
15. Eler JP, Santana Junior ML, Ferraz JBS. Seleção para precocidade sexual e produtividade da fêmea em bovinos de corte. *Estudos.* 2010;37(9/10):699–711.
16. Albuquerque LG de, Mercadante MEZ, Eler JP. Aspectos da seleção de *Bos indicus* para produção de carne. *Bol. Indústria Anim.* 2007;64(4):339–348.
17. Lobo RB. Programa de Melhoramento Genético da raça Nelore. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 1994.
18. Lobo RB, Bezerra LA, Oliveira HN, Magnabosco CU, Rosa ZA, Albuquerque LG, et al. Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo/GMA; 2000.
19. Vozzi PA. Análise genético-quantitativa de características de precocidade sexual na raça Nelore. [Tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2008.
20. SAS I. Statistical Analysis System user's guide. Version 9.0 ed. Cary: SAS Institute. 2002.
21. Roso VM, Schenkel FS. AMC – A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. 8 th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 2006; Belo Horizonte, Brasil. Belo Horizonte: UFMG; 2006.
22. Mrode RA. Linear models for the prediction of animal breeding values. 2a ed. Wallingford: CAB Internacional; 2005.
23. Misztal I. BLUPF90 family of programs. 2016. [acesso em 10 dez 2016]. Disponível em: <http://nce.ads.uga.edu/html/projects/programs/>.
24. Meyer K, Houle D. Sampling based approximation of confidence intervals for functions of genetic covariance matrices. Association for the advancement of animal breeding and genetics conference; 2013; Napier, Brasil. Napier: AAABG; 2013. p. 523–526.
25. Willham RL. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J Anim Sci.* 1972;35:1288–1295.
26. Falconer DS, Mackay TFCC. Introduction to quantitative genetics. 4a ed. Edinburgh: Longman Group Limited; 1996.
27. Kempthorne O. An Introduction to Genetic Statistics. New York: John Wiley & Sons;

- 1996.
28. Gressler SL, Gressler MGM, Bergmann JAG. Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2014;66(4):986-994.
  29. Pereira E, Eler JP, Ferraz JBS. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. *Pesq Agropec Bras.* 2002;37(5):703–708.
  30. Moreira LH, Buzanskas ME, Munari DP, Canova EB, Lobo RB, Paz CCP. Reproductive traits selection in Nelore Beef Cattle. *Cienc Agrotec.* 2015;39(4):355-362.
  31. Azevedo DMMR, Martins Filho R, Lobo RNB, Malhado CHM, Lobo RB, Moura AAA de, Pimenta Filho EC. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2006;35(3):988–996.
  32. Bertazzo RP, Freitas RTF de, Gonçalves T de M, Pereira IG, Eler JP, Ferraz JBS, Oliveira AIG, Andrade IF. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2004;35(5):1118–1127.
  33. McManus CM, Saueressig MG, Falção R, Serrano G, Marcelino KRA, Paludo GR. Componentes reprodutivos e produtivos no rebanho mestiço de corte da Embrapa Cerrados. *Rev Bras Zootec.* 2002;31(2):648–657.
  34. Guimarães NC. Parâmetros genéticos de caracteres quantitativos relacionados à produtividade de rebanhos selecionados da raça Nelore. [Dissertação]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2016.
  35. Mamede MMS. Análise genética para maciez de carne e suas relações com as características produtivas em bovinos Nelore mocho. [Tese]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia; 2015.
  36. Azevêdo DMMR, Filho RM, Lôbo RNB, Lôbo RB, Moura AAAN De, Filho ECP. Produtividade acumulada (PAC) das matrizes em rebanhos Nelore do norte e nordeste do Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2005;34(1):54–59.
  37. Boligon AA, Sala VE, Mercadante MEZ, Ribeiro EG, Cyrillo JNDSG, Albuquerque LG. Parâmetros genéticos para diferentes relações de peso ao nascer e à desmama em vacas da raça Nelore. *Ciência Rural.* 2013;43(4):676–681.
  38. Boligon AA, Albuquerque LG De, Mercadante MEZ, Lôbo RB. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nelore cattle. *Rev Bras Zootec.* 2010;39(4):746–751.
  39. Boligon AA, Albuquerque LG. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. *Livest Sci.* 2011;141(1):12–16.

40. Mattar M, Meirelles SL, Oliveira JÁ de, Espasandin AC, Queiroz SA de. Fatores genéticos e ambientais sobre a probabilidade de prenhez precoce em bovinos Caracu. *Ciência Rural*. 2007;37(5):1405-1410.
41. Oliveira MM de, Dionello NJL, Campos LT, Rota E de L. Efeitos de fatores ambientais e herdabilidade no perímetro escrotal em Bovinos Hereford. *Rev Bras Agroc*. 2004;10(3):353–356.
42. Bourdon RM, Brinks JS. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *J Anim Sci*. 1983;57(6):1412–1417.
43. Campello CC, Martins Filho R, Lobo RNB. Intervalo de partos e fertilidade real em vacas Nelore no Estado do Maranhão. *Rev Bras Zootec*. 1999;28(3):474–479.
44. Silva JA V, Dias LT, Albuquerque LG. Estudo genético da precocidade sexual em Novilhas em um rebanho Nelore. *Rev Bras Zootec*. 2005;34(5):1568–1572.
45. Terakado AP. Associações genéticas entre perímetro escrotal e característica reprodutivas de fêmeas da Raça Nelore. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2011.
46. Menezes LDM, Pimentel MA. Efeito do frame e da altura de garupa sobre o desempenho reprodutivo de novilhas Braford. *Veterinária em Foco*. 2009;6(2):116–120.
47. Moreira HL, Canova ÉB, Munari DP, Bezerra L a. F, Lôbo RB, Paz CCP. Parâmetros genéticos para período de gestação e características de crescimento pré e pós desmame em bovinos Nelore. *Bol Ind Anim*. 2015;72(2):130–135.
48. Gressler SL, Gressler MGM, Bergmann JAG. Fatores ambientes e estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal na raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2014;66(4):986-994.
49. Cyrillo JNSG, Razzok AG, Figueiredo LA, Bonilha Nelo LM, Mercadante MEZ, Tonhati H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizados aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho. *Rev Bras Zootec*. 2001;30:56–61.
50. Grupioni NV, Guidolin DGF, Venturini GC, L?bo RB, Munari DP. Parâmetros genéticos e tendências genéticas para características reprodutivas e de crescimento testicular em bovinos Guzerá. *Rev Caatinga*. 2015;28(2).
51. Nepomuceno LL, Andrade RJ de, Lopes FB, Lira TS de, Vieira LF, Santos GC de J, Pereira L de S, Ferreira JL. Associações genéticas entre o perímetro escrotal e as características produtivas e reprodutivas em rebanho Nelore criado na região norte do Tocantins. *Rev Acad Ciência Agrária Ambient*. 2012;10(3):253–261.
52. Schwengber EB, Bezerra LAF, Lôbo RB. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore. *Ciência Rural*. 2001;31(3):483–486.

## **CAPÍTULO 4 – ESTUDOS DAS RELAÇÕES ENTRE OCORRÊNCIA DE PREENHEZ PRECOCE E CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARÇAÇA E ESCORES VISUAIS EM BOVINOS DA RAÇA NELORE, UTILIZANDO ANÁLISE DISCRIMINANTE**

### **RESUMO**

O desencadeamento da puberdade e da maturidade sexual, bem como a ocorrência da primeira prenhez, são influenciados por diversos fatores e também pela inter-relação entre eles. O conhecimento dessas informações torna possível identificar as características mais eficazes para a escolha das matrizes e identificar, em menor idade, as que apresentam potencial para precocidade sexual. As técnicas de análises multivariadas são recomendadas para avaliar essas inter-relações entre várias características de importância econômica, pois nestas análises todas as características são consideradas e avaliadas simultaneamente, gerando informações que análises univariadas não permitiriam. Diante do exposto, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar a inter-relação entre características de crescimento, carcaça e escores visuais com a ocorrência de prenhez precoce em fêmeas da raça Nelore, por meio de análise multivariada discriminante, a fim de auxiliar as decisões na seleção em rebanhos de bovinos de corte, e também direcionar técnicas de manejo. Para a avaliação da associação das características de peso ao nascer (PN), peso aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, ganho médio diário pré e pós-desmame (GMDPRE e GMDPOS), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), e de escores visuais com a ocorrência de prenhez precoce, foram realizadas análises discriminante utilizando o software Statistica. Na análise discriminante, foram avaliadas variáveis contínuas e categóricas visando identificar quais destas incluídas no modelo realizariam uma melhor discriminação ou separação entre fêmeas prenhes e vazias, com base em equações de regressão utilizadas para classificar as observações nos grupos. Os resultados da análise discriminante demonstraram que dentre as características de crescimento e carcaça, o peso ao nascer e a espessura de gordura apresentam maior poder de discriminação da prenhez precoce. Já em relação às características de escores visuais, foi observado que as características de ossatura, musculabilidade, profundidade, inserção da causa e garupa apresentam maior poder de discriminação da prenhez precoce. Assim, estas características podem ser utilizadas como critérios de direcionamento de manejo e tomada de decisões práticas, a fim de direcionar o manejo para que os animais expressem a prenhez precoce, orientando o criador. Além disso, as características de peso ao nascer, espessura de gordura, ossatura, musculatura, profundidade, inserção da causa e garupa podem ser utilizadas na seleção prática e antecipada de fêmeas que apresentam desempenho que culmine com a prenhez precoce.

**Palavras-chave:** análises multivariadas, avaliação de carcaça, avaliação funcional, prenhez precoce, zebuínos

## CHAPTER 4 – STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN EARLY PREGNANCY, PRODUCTIVE, CARCASS AND VISUAL TRAITS IN NELLORE CATTLE USING DISCRIMINANT ANALYSIS

### ABSTRACT

The triggering of puberty and sexual maturity, as well as the occurrence of the first pregnancy, are influenced by several factors and also by the interrelationship between them. The knowledge of this information makes it possible to identify the most effective traits to select the dam and identify those with potential for sexual precocity. Multivariate analysis techniques are recommended to evaluate the interrelationships among several economic important traits, because, in these analyzes, all traits are considered and evaluated simultaneously, generating information not possible to achieve with univariate analyzes. Thus, the aim of this study was to evaluate the interrelationship between growth, carcass and visual scores, and the occurrence of early pregnancy in Nellore cattle breed females, using discriminant multivariate analysis, in order to assist selection decisions in beef cattle herds and also assist management techniques. To evaluate the association of birth weight (BW), weight at 120 (W120), 210 (W210), 365 (W365) e 450 (W450) days of age, average daily gain pre-weaning and post-weaning (ADGPRE e ADGPOS), rib eye area (REA), backfat thickness (BF), rump fat thickness (RF) and visual scores with the occurrence of early pregnancy, discriminant analyzes were performed using Statistica software. The discriminant analysis evaluated continuous and categorical variables in order to identify those who performed better discrimination or better segregation between pregnant and empty females, based on the regression equations used to classify observations within groups. The results of the discriminant analysis showed that, among growth and carcass traits, birth weight and backfat thickness traits showed greater discrimination power for early pregnancy. Regarding visual scores traits, it was noticed that bone structure, musculature, rib depth, tail and rump insertion were the traits that presented greater discrimination power for early pregnancy. Thus, these traits can be used as such management targeting criteria and decision-making practices in order to enable animals to express early pregnancy, guiding the breeders in selecting females for sexual precocity. Moreover, birth weight, fat thickness, bone structure, musculature, rib depth, tail and rump insertion shall be used in the selection of early pregnancy females.

**Keywords:** carcass evaluation, early pregnancy, functional evaluation, multivariate analyzes, zebu

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência reprodutiva é essencial para sustentabilidade econômica e rentabilidade de sistemas de produção de bovinos de corte. Isso porque as características reprodutivas determinam a quantidade de produtos, bezerros, disponibilizados ao mercado, influenciando diretamente o lucro do sistema de produção<sup>1</sup>. Aliada a eficiência reprodutiva, a precocidade sexual traz vantagens consistentes associadas à redução dos custos de produção, em decorrência da antecipação da vida reprodutiva dos animais e, conseqüentemente, maior número de filhos<sup>2</sup>. De fato, Monsalves<sup>3</sup>, em estudo econômico avaliando a prenhez aos 14, 18 e 24 meses, observou que o maior retorno econômico foi obtido quando a primeira prenhez aconteceu aos 14 meses. Além do impacto econômico, estudos demonstram que a seleção para precocidade sexual afeta também o intervalo de gerações e a intensidade de seleção, o que reflete no maior progresso genético do rebanho<sup>1</sup>.

A despeito da importância econômica da precocidade sexual em sistemas de produção de bovinos de corte, a média para idade ao primeiro parto (IPP) em rebanhos brasileiros varia de 34 a 45 meses<sup>4-8</sup>. Esse patamar é atribuído, principalmente, a utilização do peso corporal próximo à estação de monta como principal critério para exposição de fêmeas a reprodução, sendo adotado o valor mínimo de 70% do peso adulto, que resulta, muitas vezes, na exposição tardia das fêmeas. Desta forma, a elevada IPP dos rebanhos brasileiros é fator mais provocado pelo manejo reprodutivo do que fatores intrínsecos dos animais<sup>8,9,10</sup>.

A condição e peso corporal é tida como um dos principais fatores que influenciam a idade à puberdade, visto que variação no nível nutricional e, conseqüentemente, no ganho em peso e peso corporal tem provido alterações no desencadeamento da puberdade, no desenvolvimento do aparelho reprodutivo e nas taxas de prenhez de fêmeas bovinas, sendo que manejos que influenciam essas características são considerados determinantes para a IPP<sup>8,11,12</sup>. Assim, infere-se que a antecipação do desenvolvimento dos animais possibilita a identificação de animais com desenvolvimento precoce, permitindo a redução da entrada das fêmeas na reprodução<sup>12,13</sup>.

Contudo, tem-se observado variação na manifestação da prenhez precoce (PP) de novilhas com diferentes pesos corporais, idades e fases de desenvolvimento<sup>4,11,12,13</sup>, fazendo necessária a identificação de qual fase da vida da fêmea tem maior influência na antecipação da puberdade, sendo possível direcionar o manejo através dessa identificação, alterando ou

proporcionando condições para que os animais expressem as características relacionadas com precocidade sexual.

Além disso, e dado os inúmeros fatores que afetam a idade à puberdade e também a inter-relação que as características de importância econômica podem apresentar entre elas<sup>2,5,6,9,13,14</sup>, é imprescindível conhecer as suas associações. De posse dessas informações, é possível identificar as características mais eficazes para a escolha das matrizes e identificar, em menor idade, as que apresentam potencial para precocidade sexual.

As técnicas de análises multivariadas são recomendadas para avaliar essas inter-relações entre as características de importância econômica, pois, nessas análises todas as características são consideradas e avaliadas simultaneamente, gerando informações que análises univariadas não permitiriam. As análises multivariadas são realizadas por métodos estatísticos que avaliam simultaneamente múltiplas medidas sobre a unidade experimental ou característica alvo, assim, tem por objetivo o resumo, a representação, a análise e a interpretação de dados amostrados de populações nas quais para cada unidade experimental são avaliadas diversas variáveis respostas, contínuas ou não<sup>15</sup>.

Dentre as técnicas multivariadas, está a análise discriminante. Essa análise possibilita a identificação de critérios que podem discriminar uma característica determinada, sendo possível distinguir grupos extremos dentro de um conjunto de observações<sup>16</sup>. Após a identificação das características discriminantes, é possível realizar a seleção prévia e eficiente dos animais, tomando como base a informação de qual característica melhor discrimina a ocorrência da característica alvo, como a prenhez precoce.

O advento da tecnologia computacional permitiu avanços significativos na análise de dados e no uso de técnicas multivariadas. Porém, a utilização dessas técnicas em estudos relacionados ao desempenho de bovinos de corte ainda é escassa. Assim, faz-se necessária a realização e validação de estudos que buscam identificar critérios que possam auxiliar na seleção de características de importância econômica, principalmente, as de difícil mensuração e/ou influenciada por inúmeros fatores, como a precocidade sexual.

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a inter-relação entre características de crescimento, carcaça e escores visuais com a ocorrência de prenhez precoce, em fêmeas da raça Nelore, por meio de análise multivariada discriminante, a fim de auxiliar as decisões na seleção em rebanhos de bovinos de corte e também direcionar técnicas de manejo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização do experimento e descrição do banco de dados

Os dados referentes aos índices produtivos, reprodutivos e de carcaça utilizados nesta pesquisa foram fornecidos pela Fazenda Vera Cruz, localizada no município de Barra do Garças, situado no Estado de Mato Grosso, e também pelo Programa de Melhoramento Genético Nelore Brasil, coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Foram utilizados dados de 700 fêmeas da raça Nelore, nascidas entre 2009 a 2015.

Para a execução das análises de desempenho foram realizadas restrições ao banco de dados, objetivando-se garantir a consistência do mesmo. A edição, consistência dos dados e análise descritiva foi realizada por meio do software estatístico SAS<sup>17</sup>.

### 2.2 Manejo reprodutivo, alimentar e sanitário dos animais

A duração da estação de monta adotada na fazenda foi de novembro a fevereiro, onde foi utilizada inseminação artificial em tempo fixo para todas as fêmeas, com repasse de touros por monta natural após a segunda oportunidade. As fêmeas foram expostas à reprodução a partir dos 11 meses de idade e após atingirem 250 kg de peso corporal na pesagem de outubro, que é a pesagem que antecede o início da estação de monta. As fêmeas que emprenharam até os 20 meses foram classificadas como precoces e as demais como convencionais.

O diagnóstico de prenhez foi realizado através de ultrassonografia, 28 dias após a inseminação artificial, para identificar as fêmeas que não emprenharam e submetê-las a outro protocolo de inseminação artificial. Ao final da estação de monta também foi realizado ultrassonografia, que tem como objetivo confirmar o tempo de gestação e se houve algum problema relacionado à prenhez, como aborto e reabsorção fetal. A média anual de nascimentos foi de 378 e 337, para machos e fêmeas, respectivamente.

O desmame foi realizado ao final do sétimo mês de vida, sendo que, na fase que antecede o desmame os animais ficaram em aleitamento com acesso a um cocho exclusivo para bezerros no qual receberam uma ração suplementar (*creep feeding*) com consumo de 0,5% de matéria seca sobre o peso vivo, para ambos os sexos. Após o desmame, as fêmeas ficaram sob pastejo consumindo, também, 1% do peso vivo de concentrado comercial de alto

consumo até estarem prenhes, quando passaram a receber concentrado de baixo consumo, sendo a quantidade de 0,2% do peso vivo. As espécies forrageiras utilizadas foram *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, sendo adotados manejos de rotação de pastagens. As pesagens foram realizadas na fazenda, com os animais em jejum de 12 horas e em balanças eletrônicas, sendo realizadas a cada 3 meses.

O manejo sanitário adotado seguiu as recomendações técnicas do calendário profilático do órgão de defesa sanitária estadual, e o controle de ectoparasitas e endoparasitas, além da medicação necessária para o tratamento de alguma doença foi estabelecido pelo médico veterinário responsável pela fazenda.

### 2.3 Variáveis analisadas

As matrizes foram divididas em dois grupos de acordo com a idade à prenhez, sendo considerada como precoce as fêmeas que emprenharem até os 20 meses e como convencional as fêmeas que emprenharem após esta idade. Nas matrizes, foram analisadas as seguintes características relacionadas ao desempenho ponderal: peso corporal ao nascimento (PN), peso padronizado aos 120 dias de idade (P120), peso padronizado aos 210 dias de idade (P210), peso padronizado aos 365 dias de idade (P365), peso padronizado aos 450 dias de idade (P450), ganho médio pré-desmama (GMDPRE) e ganho médio pós-desmama (GMDPOS). O peso padronizado foi calculado de acordo com a seguinte fórmula<sup>18</sup>:

$$\text{Peso padronizado} = Pa + \text{GMD} \times da \quad (1)$$

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.

O ganho médio diário foi obtido de acordo com a seguinte fórmula<sup>19</sup>:

$$\text{GMD} = (Pp - Pa) / (Ip - Ia) \quad (2)$$

Em que:

Pp = peso posterior à idade padrão;

Pa = peso anterior à idade padrão;

Ip = idade do animal, em dias, na pesagem posterior; e

Ia = idade do animal, em dias, na pesagem anterior.

Foram coletadas imagens de ultrassom da área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8). Essas medidas foram tomadas no músculo *Longissimus dorsi* entre a 12° e 13° costela (AOL e EG) e na garupa entre o íleo e o ísquio, medida na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris* (EGP8). A ultrassonografia foi realizada utilizando aparelho ALOKA 500V, com sonda linear de 17,2 cm, de 3,5 MHz e um acoplador acústico com um sistema de captura de imagens (Blackbox, Biotronics Inc., Ames, IA, EUA). Posteriormente, as imagens coletas foram interpretadas pelo laboratório Aval Serviços Tecnológicos S/C, que utiliza o “Biosoft Toolbox software” (Biotronics Inc., Ames, IA, EUA)<sup>20</sup>.

Também foram utilizados dados de avaliação visual das fêmeas, realizadas pela metodologia utilizada pelo Programa Nelore Qualitas. Esse método contempla 18 características funcionais, porém, após uma análise preliminar, as características cujo poder de discriminação sobre a prenhez precoce foi pequena ou nula foram retiradas da análise, tais como cascos, chanfro, espessura de couro e linha de dorso. Desta forma, foram consideradas na análise discriminante, as seguintes características funcionais (Figura 1)<sup>21</sup>:

- 1 – Angulação da garupa: característica avaliada através da inclinação da garupa, onde foram atribuídas notas de 1 a 5. A nota 1 significa garupa excessivamente inclinada e 5 significa garupa plana, sendo o ideal é a nota 3;
- 2 – Aprumos: característica avaliada através da visualização dos aprumos lateralmente, frontalmente e por trás do animal em movimento. As notas atribuídas foram de 1 a 5, onde aprumos extremamente angulosos receberam nota 1 e a nota 5 foi dada para aprumos retos, sendo o aprumo ideal nota 3;
- 3 – Boca: característica avaliada através da visualização da boca do animal, onde as notas foram de 1 a 5, sendo atribuído nota 1 a boca pequena e 5 a boca mais larga;
- 4 – Frame: característica avaliada baseando-se na altura do animal, sendo que as notas variaram de 1 a 5, onde a nota 1 foi atribuída a animais muito pequenos e a nota 5 para muito altos. A nota 3 indica altura ideal;
- 5 – Inserção da Cauda: característica avaliada baseando-se na altura da inserção da cauda, onde foi atribuído notas de 1 a 5, e quanto maior a nota mais desejável;
- 6 – Musculosidade: característica avaliada através do grau da musculosidade, verificado em dois pontos no animal: o primeiro é o perímetro do antebraço e o segundo é a região dos músculos *rectus femoris*, *vastus lateralis*, *vastus medialis* e *vastus intermedius* (região do

patinho). Quanto mais destacado e proeminente esses músculos se apresentaram, maior a nota que foi atribuída, que variando de 1 a 6.

7 – Ossatura: característica avaliada com base na espessura dos ossos, onde foram atribuídas notas de 1 a 5, sendo 1 para ossatura muito fina e nota 5 para ossatura grossa. A nota ideal para ossatura foi 3.

8 – Pelagem/ Pigmentação: característica avaliada baseando-se na pelagem do animal, sendo atribuídas notas de 1 a 4, onde 1 foi utilizado para animais despigmentados e 4 para animais bem pigmentados, com vulva ou testículos pretos.

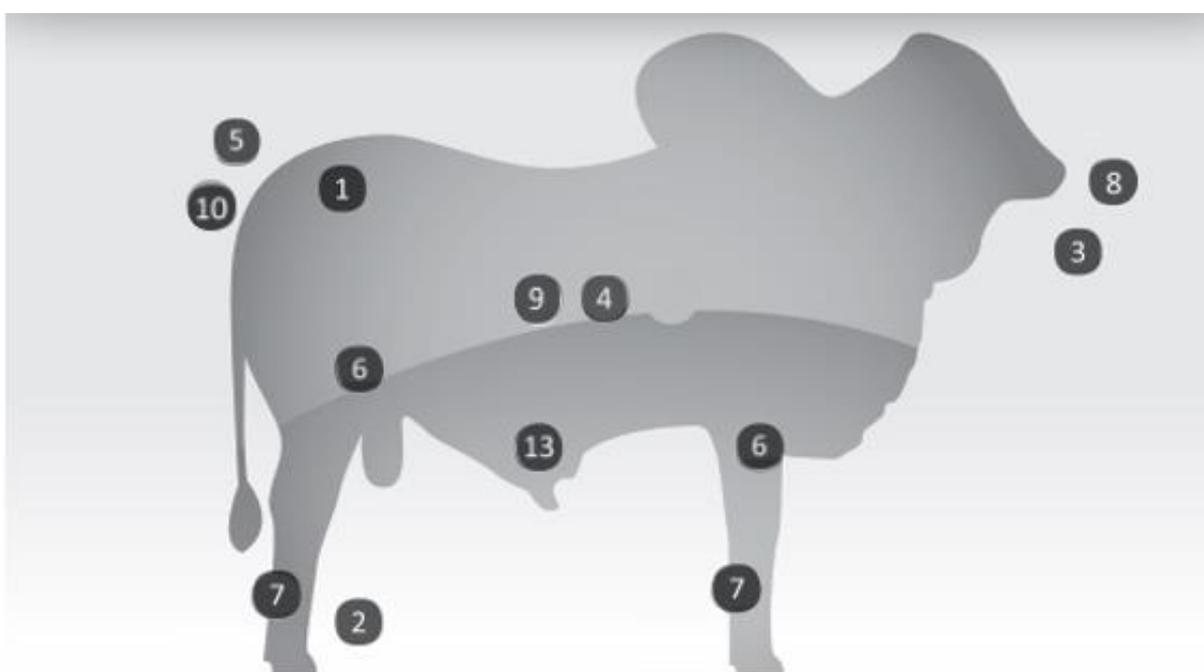


FIGURA 1 – Avaliação Funcional do Programa Nelore Qualitas.

Adaptado de: Nelore Qualitas<sup>21</sup>.

9 – Profundidade: característica avaliada através do arqueamento e comprimento das costelas, sendo atribuídas notas de 1 a 5, e a maior nota foi a desejável.

10 – Reprodução: característica avaliada baseando-se na conformação reprodutiva da fêmea, que engloba características como cabeça mais delicada, se não apresenta musculatura extremamente desenvolvida e se os genitais externos (a vulva) são bem desenvolvidos. Foram atribuídas notas de 1 a 6, e quanto maior a nota melhor.

11 – Temperamento: característica avaliada através da reatividade dos animais, sendo atribuídas notas de 1 a 5, e quanto maior a nota mais manso é o animal.

12 – Úbere: característica avaliada através da visualização do animal por trás, verificando o desenvolvimento dos tetos e se o animal apresenta bastante couro no úbere. As notas atribuídas foram de 1 a 6, quanto maior a nota, melhor o animal.

13 – Umbigo: característica avaliada através do comprimento do umbigo. As notas atribuídas foram de 1 a 5. A nota 1 foi dada para umbigo muito curto e nota 5 para umbigo muito comprido. A nota 3 foi a ideal.

14 – Racial: característica avaliada através dos itens previstos nos padrões raciais da raça Nelore, sendo atribuídas notas de 1 a 5, e a maior nota foi a desejável.

#### **2.4 Análise de associação de características crescimento, carcaça e escores visuais sobre a ocorrência de prenhez precoce**

Foi realizada análise estatística descritiva das variáveis estudadas utilizando o PROC MEANS e PROC UNIVARIATE, do programa SAS<sup>17</sup>. Para verificar a significância das diferenças entre as médias das características de fêmeas precoces e convencionais, foi aplicado o teste Tukey a 1% de significância, utilizando o SAS<sup>17</sup>.

Para a avaliação da associação das características de crescimento, carcaça e escores visuais com a prenhez precoce foram realizadas análises multivariadas, do tipo discriminante, utilizando o software Statistica<sup>22</sup>. Na análise discriminante, foram avaliadas variáveis contínuas e categóricas visando identificar quais destas incluídas no modelo, realizaram uma melhor discriminação ou separação entre fêmeas prenhes e vazias.

A análise discriminante foi realizada em duas etapas:

1 – Preparação de dados: as variáveis foram organizadas em colunas, onde cada coluna correspondeu a uma característica. Já nas linhas foram alocadas as medidas observadas nos animais para cada característica. As características avaliadas foram divididas em dois grupos: o primeiro contemplou os dados de PN, P120, P365, P450, GMDPRE, GMDPOS, AOL, EG e EGP8; e o segundo as características de escores visuais. Além das características avaliadas, foi incluído na tabela a prenhez precoce, para qual foi atribuída nota 2 para as fêmeas precoces e 1 para as convencionais, sendo esta a variável de agrupamento.

2 – Seleção das melhores variáveis: etapa da análise discriminante propriamente dita, onde todas as variáveis foram analisadas e avaliadas visando determinar qual delas contribuiu mais para a discriminação entre os grupos. Esta etapa foi realizada com base em uma equação de

regressão, utilizada para classificar as observações nos grupos, que pode ser representada por meio da seguinte equação<sup>23</sup>:

$$Z_n = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (3)$$

em que:

$Z$  = variável dependente;

$\alpha$  = intercepto;

$X_i$  = variáveis explicativas; e

$B_i$  = coeficientes discriminantes para cada variável explicativa.

Assim, foram identificadas as combinações lineares entre as variáveis observadas, identificando quais são mais representativas na classificação de prenhez precoce, utilizando como ponto de corte o valor de p-level.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a estatística descritiva, contendo número de observações, média, desvio padrão, coeficiente de variação, moda e valores mínimo e máximo, para as características de crescimento e carcaça nos grupos de fêmeas precoces e convencionais, bem como o teste de médias.

Para todas as características produtivas e de carcaça avaliadas o grupo de fêmeas precoces apresentaram médias superiores as fêmeas convencionais (Tabela 1), podendo inferir que o desempenho precoce é reflexo do desempenho geral superior. Ainda assim, de maneira geral, os valores observados no presente estudo encontram-se próximas as observadas na literatura. Em adição o número de animais utilizados para esse estudo respalda os resultados obtidos, considerando-se o manejo padronizado e o delineamento que foi implementado no rebanho avaliado, garantindo a consistência e alta acurácia dos dados.

Para PN, a média da raça Nelore, avaliada pelo Programa Nelore Brasil (ANCP), é de 33 kg<sup>24</sup>, valor esse inferior ao observado no grupo de fêmeas precoces desse estudo, mas superior ao observado no grupo de fêmeas convencionais. A média da raça Nelore para peso aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade é de 127, 186, 240, 276 kg<sup>24</sup>, respectivamente. Esses valores são inferiores aos observados no presente estudo para as fêmeas precoces e convencionais, com exceção para a média de P365 do grupo de fêmeas convencionais. Ainda para os pesos corporais, os valores dos coeficiente de variação são inferiores aos obtidos por Boligon et al.<sup>5</sup> e Garnero et al.<sup>18</sup>. A superioridade e a menor variabilidade observada, de ambos os grupos de fêmeas para peso corporal em comparação a relatos apresentados na literatura, podem ser atribuídas a seleção pela qual o rebanho é submetido, que tem como critérios de seleção os pesos corporais.

Os ganhos em peso pré e pós-desmame observados nesse estudo foram superiores aos observados por Sarmiento et al.<sup>25</sup>, que foi de 0,57 e 0,23 kg, respectivamente, ao avaliar bovinos da raça Nelore no Estado da Paraíba. Por outro lado, são próximos aos valores observados por Souza et al.<sup>26</sup>, Laureano et al.<sup>27</sup> e Rezende et al.<sup>28</sup> avaliando bovinos Nelore. O mesmo comportamento do maior coeficiente de variação para ganho em peso na fase pós-desmame também foi observado por Laureano et al.<sup>27</sup> e Rezende et al.<sup>28</sup>, o que sugeri maior presença de fatores de influência ao ganho pós-desmame associado a variação nas exigências de manutenção e para reprodução, além de poder ser atribuído ao menor controle das condições ambientais e acompanhamento ao qual as fêmeas adultas estão sujeitas, em comparação as

bezerras que, ao serem sujeitas ao manejo para prenhez precoce, tem a fase que antecede a desmama sob constante acompanhamento.

Tabela 1 – Estatística descritiva para características de crescimento e carcaça em fêmeas da raça Nelore

Característica	N	Média	DP	CV (%)	Mínimo	Máximo	Moda
PN (kg)	189	30,94b	2,55	8,23	28,00	38,00	29,00
P120 (kg)	189	128,03b	15,44	12,06	68,00	165,00	123,00
P210 (kg)	189	186,76b	21,49	11,51	103,00	250,00	193,00
P365 (kg)	189	236,28b	27,51	11,64	165,00	311,71	232,00
P450 (kg)	189	272,13b	31,70	11,65	191,00	375,44	258,00
GMDPRE (kg)	189	0,69b	0,15	21,29	0,26	1,05	0,79
GMDPOS (kg)	189	0,43b	0,22	50,49	-0,47	1,00	0,52
AOL (cm <sup>2</sup> )	189	46,53b	7,17	15,41	24,46	68,66	47,86
EG (mm)	189	2,25b	0,86	38,45	1,01	6,22	1,82
EGP8 (mm)	189	3,70b	1,47	39,60	1,32	9,65	2,63
Fêmeas precoces							
PN (kg)	133	34,17a	2,66	7,79	27,00	43,00	36,00
P120 (kg)	133	135,25a	14,18	10,49	99,56	175,07	138,00
P210 (kg)	133	207,11a	20,78	10,03	125,00	262,42	218,00
P365 (kg)	133	288,99a	34,02	11,77	214,00	388,72	273,00
P450 (kg)	133	324,35a	40,38	12,45	244,00	435,12	292,00
GMDPRE (kg)	133	0,84a	0,14	16,45	0,40	1,23	0,95
GMDPOS (kg)	133	0,50a	0,22	44,92	0,01	1,09	0,28
AOL (cm <sup>2</sup> )	133	57,37a	8,32	14,50	31,75	79,43	56,18
EG (mm)	133	3,95a	2,23	56,48	-1,32	12,15	2,24
EGP8 (mm)	133	5,98a	2,66	44,45	1,32	16,25	4,39

N: número de animais; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; PN: peso ano nascer; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; GMDPRE: ganho médio diário pré-desmame; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; GMDPOS: ganho médio diário pós-desmame; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; e EGP8: espessura de gordura na garupa.

Os valores observados nesse estudo para AOL e EG no grupo de fêmeas precoces é superior ao valor médio observado pela raça Nelore que foi de 52,99 cm<sup>2</sup> e 3,7 mm<sup>24</sup>, respectivamente. Por outro lado, as médias para AOL e EG do grupo de fêmeas convencionais são inferiores aos valores médios observados pelos animais participantes do Programa Nelore Brasil<sup>24</sup>. Ainda assim, os valores observados são superiores aos apresentados por Yokoo et al.<sup>20</sup>, que foram de 48,38; 1,93 e 3,05, para AOL, EG e EGP8, respectivamente, com exceção de AOL para o grupo de fêmeas convencionais. Foram observados elevados coeficientes de

variação para EG e EGP8, fato que pode ser atribuído a recente inclusão desta característica como critério de seleção no rebanho avaliado, o que proporcionou maior variação entre as fêmeas.

As estatísticas descritivas para as características funcionais e visuais avaliadas nesse estudo, estão apresentadas na tabela 2, bem como o teste de médias entre os valores apresentados pelo grupo de fêmeas precoces e convencionais.

Tabela 2 – Estatística descritiva para características de escores visuais em fêmeas da raça Nelore

Características	N	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Mínimo	Máximo	Moda
Reprodução	99	3,95a	0,81	20,58	2,00	6,00	4,00
Úbere	99	2,01a	0,54	27,06	1,00	3,00	2,00
Musculosidade	99	3,74a	0,78	20,79	2,00	5,00	3,00
Frame	99	3,69a	0,49	13,22	3,00	5,00	4,00
Aprumo	99	2,07b	0,29	14,23	1,00	3,00	2,00
Ossatura	99	2,24a	0,52	23,05	1,00	3,00	2,00
Profundidade	99	3,66b	0,67	17,37	2,00	5,00	4,00
Garupa	99	2,65a	0,61	23,10	2,00	4,00	3,00
Umbigo	99	3,32a	0,57	17,10	2,00	5,00	3,00
Boca	99	3,17a	0,69	21,62	2,00	4,00	3,00
Inserção de Cauda	99	2,00b	0,14	7,14	1,00	3,00	2,00
Pelagem	99	3,00a	0,52	17,17	2,00	4,00	3,00
Temperamento	99	2,93b	0,54	18,41	1,00	4,00	3,00
Racial	99	3,22a	0,69	21,52	1,00	4,00	3,00
Fêmeas precoces							
Reprodução	245	3,86a	0,79	20,39	2,00	9,00	4,00
Úbere	245	2,02a	0,71	35,35	1,00	4,00	2,00
Musculosidade	245	3,82a	0,96	25,15	2,00	5,00	4,00
Frame	245	3,76a	0,59	15,62	2,00	5,00	4,00
Aprumo	245	2,53a	2,12	23,79	1,00	9,00	2,00
Ossatura	245	1,71b	0,59	34,39	1,00	3,00	2,00
Profundidade	245	3,86a	0,80	21,76	2,00	5,00	4,00
Garupa	245	2,52a	0,62	24,54	1,00	4,00	2,00
Umbigo	245	3,16b	0,66	20,74	1,00	4,00	3,00
Boca	245	2,97b	0,67	22,68	1,00	4,00	3,00
Inserção de Cauda	245	2,11a	0,39	18,71	1,00	3,00	2,00
Pelagem	245	3,11a	0,49	15,68	2,00	4,00	3,00
Temperamento	245	3,10a	0,58	18,67	1,00	5,00	3,00
Racial	245	3,11a	0,58	18,58	1,00	4,00	3,00

N: número de animais; DP: desvio padrão; e CV: coeficiente de variação.

Foi observado diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre as fêmeas precoces e convencionais para as características de aprumo, ossatura, profundidade, umbigo, boca, inserção da cauda e temperamento. Além disso, os valores observados para as características funcionais estão acima da média observada pelo programa Nelore Qualitas para as mesmas características<sup>21</sup>, mostrando o efeito da seleção no rebanho avaliado. Em adição, os dados apresentados para as características de escores visuais apresentam distribuição normal e o coeficiente de variação semelhantes aos observados na literatura para características visuais<sup>29,30</sup>.

Na tabela 3 estão apresentados os resultados da análise discriminante da associação entre prenhez precoce e características de crescimento e carcaça.

Tabela 3 – Resultados da análise discriminante para características de crescimento e carcaça entre fêmeas precoces e convencionais

	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove	p-level
PN (kg)	0,7272	0,9619	6,8987	0,0094
P120 (kg)	0,7244	0,9655	6,2119	0,0136
P210 (kg)	0,7227	0,9678	5,7895	0,0172
EG (mm)	0,7066	0,9899	1,7777	0,1842
GMDPRE (kg)	0,7062	0,9904	1,6894	0,1954
EGP8 (mm)	0,7018	0,9966	0,5904	0,4433
P450 (kg)	0,7017	0,9968	0,5556	0,4570
AOL (cm <sup>2</sup> )	0,7011	0,9977	0,4067	0,5245
GMDPOS (kg)	0,7000	0,9993	0,1296	0,7193
P365 (kg)	0,6999	0,9994	0,1118	0,7385

PN: peso ano nascer; P120: peso aos 120 dias de idade; P210: peso aos 210 dias de idade; GMDPRE: ganho médio diário pré-desmame; P365: peso aos 365 dias de idade; P450: peso aos 450 dias de idade; GMDPOS: ganho médio diário pós-desmame; AOL: área de olho de lombo; EG: espessura de gordura subcutânea; e EGP8: espessura de gordura na garupa.

Os valores Wilks' Lambda apresentados na tabela 3, indicam o poder discriminatório após cada característica ser incluída no modelo, sendo que o PN apresentou o maior poder discriminatório enquanto o P365 apresentou o menor. Os valores observados de partial lambda para as características produtivas e de carcaça demonstram que há expressiva associação entre as características para a discriminação da prenhez precoce.

No presente estudo, todas as características produtivas e de carcaça incluídas na análise influenciaram a discriminação de fêmeas precoces e convencionais, baseando-se no partial lambda<sup>31</sup>. Em adição, dentre as características de crescimento, a que apresentou maior

poder de discriminação foi o peso ao nascer, e dentre as características de carcaça a que apresentou maior poder de discriminação foi a espessura de gordura.

Os valores p-level indicaram que o maior poder discriminante foi para PN, seguido por P120, P210, EG, GMDPRE, EGP8, P450, AOL, GMDPOS, P365.

Os resultados obtidos na análise discriminante entre as características crescimento e a ocorrência da prenhez precoce demonstraram que o peso ao nascer foi o principal fator responsável pela discriminação da PP, sendo observado também maior média ( $P < 0,01$ ) desse peso no grupo de fêmeas precoces em comparação com o grupo convencional. Ao contrário do que se podia esperar, de que os ganhos em peso e pesos corporais nas idades mais próximas a entrada na reprodução apresentariam maior poder de discriminação na ocorrência de prenhez precoce, os resultados observados nesse estudo demonstram que o peso ao nascer apresentou maior poder de discriminação, sendo que a medida que a idade da fêmea avança, o poder de discriminação dos pesos corporais reduz.

As matrizes avaliadas no presente estudo foram submetidas ao mesmo manejo alimentar, dentro de grupos de contemporâneos, sendo esse pastejo e suplementação com concentrado, contudo e em adição ao sistema de alimentação utilizado no qual não há controle do consumo individual, infere-se que consumo assim como a ingestão de nutrientes pode ter variado entre as fêmeas, o que levou a variação no peso ao nascimento da progênie. Além disso, esta variação pode ser atribuída ao potencial genético dos animais.

A variação no desenvolvimento do feto confirmada pela variação observada para peso ao nascer pode ter influenciado a ocorrência de prenhez precoce, pois o início do desenvolvimento dos tecidos reprodutivos do animal se dá ainda na fase fetal, podendo assim ser alterado pela dieta materna ou potencial genético da matriz, além de afetar o desempenho reprodutivo futuro. O crescimento e diferenciação dos principais tecidos, órgãos e sistemas do feto bovino ocorre entre o 15° e 45° dia de gestação, sendo que o desenvolvimento do aparelho reprodutivo em bovinos tem início na 5° semana e é mais expressivo a partir da 9° semana de gestação<sup>32</sup>. Além disso, por volta do 3° a 4° mês de gestação ocorre a miogênese fibrilar, processo cujo número de fibras muscular é definido, sendo de grande importância para características relacionadas a eficiência reprodutiva<sup>33</sup>.

As mães das fêmeas precoces passaram pelo primeiro terço da gestação, período do qual ocorre o início do desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, em média entre os meses de dezembro a fevereiro, já as mães de fêmeas convencionais passaram por esse período entre os meses de março a maio. Desta forma, infere-se que durante o desenvolvimento dos órgãos

reprodutivos na fase fetal, as mães de fêmeas precoces encontraram melhor quantidade e qualidade de pastagens, visto que nos meses de dezembro a fevereiro é observado grande produção forrageira, na região na qual o rebanho de estudo foi criado<sup>34</sup>. Já as mães de fêmeas convencionais passaram pelo primeiro terço da gestação no período de transição das águas para a época seca do ano, no qual ocorre queda da produção forrageira e também na qualidade das mesmas<sup>34</sup>. Desta forma, é possível que as mães de fêmeas precoces tenham sido submetidas a melhor condição nutricional, enquanto as mães de fêmeas convencionais passaram por um período de restrição quando seus fetos estavam na etapa de multiplicação de números de fibras musculares, afetando o peso ao nascer.

Influência do desenvolvimento fetal e também do peso ao nascer sobre o desempenho reprodutivo e a idade a primeira prenhez também foram observados por Freetly et al.<sup>35</sup>, ao avaliar vacas com e sem baixo plano nutricional durante a gestação. De fato, Fuston et al.<sup>36</sup> observaram maior número de novilhas filhas de vacas com bom nível nutricional atingindo a puberdade antes da primeira estação de monta e maior taxa de prenhez, em comparação a vacas não suplementadas. Outros estudos demonstraram que variação no nível nutricional da matriz, durante o período de gestação, pode afetar a qualidade dos oócitos ou a formação embrionária, resultando em alteração no desempenho reprodutivo da progênie, como maior taxa de prenhez observada em novilhas nascidas de vacas com melhor nível nutricional durante o terço inicial da gestação<sup>37</sup>, o que pode ter ocorrido no presente estudo.

Assim como o desenvolvimento dos tecidos reprodutivos, o início do desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, como os ovários, e o controle endócrino da reprodução, a nível do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, se dá durante o período fetal, sendo afetada pela nutrição da matriz<sup>38</sup>. Com isso, há redução nas concentrações do hormônio Folículo Estimulante (FSH) na fase pré-pubere, esse hormônio, por sua vez, afeta o desenvolvimento testicular, em machos, e dos ovários e corpo lúteo, em novilhas, afetando também o desencadeamento da puberdade nos animais<sup>38,39</sup>. O mesmo comportamento foi observado por Cushman et al.<sup>40</sup>, que ao avaliarem filhas de matrizes recebendo diferentes níveis nutricionais, observaram que as filhas de matrizes com maior nível nutricional tiveram a primeira concepção antecipada, em comparação as filhas de matrizes com menor nível. Em revisão, Greenwood et al.<sup>41</sup> observaram menor idade a maturidade sexual e maior taxa de prenhez para animais cujas mães foram submetidas a melhores condições nutricionais, em comparação com filhos de mães submetidas a menor nível nutricional, em bovinos e ovinos.

Em contrapartida, Marson et al.<sup>37</sup> não observaram variação no peso ao nascer nem na idade à puberdade, em decorrência da suplementação proteica. Assim, mesmo que os animais recebam melhor nível nutricional, se não for observado variação no desenvolvimento do animal culminando em maior peso ao nascer não ocorrerá, sempre, alteração na idade à puberdade. Desta forma, os efeitos ambientais observados no presente estudo, podem estar associados também ao potencial genético dos animais que, possivelmente, levou a maiores pesos ao nascimento, sendo que esses animais, tiveram maior desenvolvimento durante a fase fetal o que culminou com a antecipação da puberdade e ocorrência de prenhez precoce. Demonstrando, assim, que o desempenho durante a fase fetal tem influência direta no desencadeamento da puberdade e o desempenho reprodutivo futuro da fêmea<sup>42</sup>.

Os resultados apresentados no presente estudo não indicam que deve ser feita seleção para alto peso ao nascer, visto que os valores observados nesta pesquisa tanto para fêmeas precoces quanto as convencionais estão próximas da média observada na literatura. Por outro lado, indicam que deve ser lançado mão de estratégias de manejo, como a suplementação e/ou oferta de nível nutricional adequado para matrizes gestantes, sendo estas estratégias relacionadas a programação fetal e que podem ser direcionadas a fim de garantir bom desenvolvimento fetal e PN medianos, culminando também com antecipação da idade à puberdade. Nesse contexto, é importante frisar que o direcionamento do manejo, bem como a seleção para peso ao nascer, deve ser realizada tomando os devidos cuidados para evitar pesos excessivos ao nascer e, conseqüente, problemas reprodutivos.

Dentre as características de carcaça avaliadas, a EG foi a que apresentou maior poder discriminante para prenhez precoce. De fato, estudos demonstram que a condição corporal do animal, fator relacionado com a EG, está entre os pontos-chaves na redução da idade ao primeiro acasalamento<sup>43,44</sup>. Laeflet<sup>45</sup> observou o trato reprodutivo mais desenvolvido em novilhas com maior cobertura de gordura. Resultados semelhantes foram obtidos por Buskirk et al.<sup>46</sup>, que constataram relação positiva entre a espessura de gordura e a porcentagem de novilhas púberes antes do acasalamento. Os referidos autores observaram que cerca de 93% das novilhas com 5,8 mm de gordura subcutânea estavam ciclando no início da estação de acasalamento, enquanto apenas 32% das novilhas com 2,9 mm de espessura de gordura estavam ciclando. Em outro estudo, Barcellos<sup>47</sup> demonstrou que para cada unidade de aumento da espessura de gordura de cobertura a idade à puberdade foi reduzida em média 9,9 dias.

Staples et al.<sup>48</sup> atribuem a influência da gordura na reprodução a melhoria do status energético, esteroidogênese, modulação da insulina e modulação da produção e liberação das prostaglandinas. A fêmea bovina não é capaz de ovular, até acumular uma quantidade de gordura em relação a sua massa corporal, sendo esse um mecanismo de sobrevivência, mas também de acúmulo de energia para suprir as exigências nutricionais da gestação e lactação<sup>49</sup>. De forma que é possível observar um efeito da proporção de gordura e proteína na determinação da puberdade.

O início da deposição de gordura está relacionado a redução do crescimento muscular e aproximação da maturidade fisiológica. Esse ponto específico da curva de crescimento do animal gera sinais metabólicos que são capazes de desencadear a puberdade. Esses sinais estão associados a diminuição da sensibilidade do hipotálamo aos baixos níveis de estrógenos circulantes, levando a maturação do mesmo com conseqüente liberação de hormônio luteotrófico (LH) de forma pulsátil<sup>50,51</sup>.

Outro fator que está associada a idade à puberdade à deposição de gordura é a produção de leptina, hormônio que também atua como sinalizador da condição corporal do animal ao hipotálamo, ativando os mecanismos realizados por esse órgão e aumentando o número de picos de secreção de LH. Por outro lado, em situações nas quais há reduzida deposição de gordura ocorre inibição do hipotálamo e redução nos picos de LH, atrasando a primeira ovulação e a entrada das fêmeas em reprodução<sup>52-54</sup>. Além disso, novilhas com maior cobertura de gordura na garupa possuem trato reprodutivo mais desenvolvido, em decorrência do maior tamanho dos úteros, ovários e folículos, apresentando melhor desempenho reprodutivo<sup>45</sup>.

Assim, conforme observado no presente estudo, a espessura de gordura foi uma característica eficiente para discriminar o grupo de fêmeas com ocorrência de prenhez precoce, visto que novilhas mais precoces, passam a depositar gordura de forma antecipada, apresentando maiores valores para esta característica. Desta forma, quando se almeja reduzir a idade de entrada das fêmeas a reprodução podem ser utilizadas estratégias que possibilitem o aumento da espessura de gordura.

Os resultados da análise da associação entre a ocorrência de prenhez precoce e características de escores visuais estão apresentadas na Tabela 4, sendo apresentadas, dentre as 18 características visuais avaliadas nas fêmeas, apenas aquelas cujo poder de discriminação foi significativo.

Dentre as características funcionais avaliadas, as que apresentaram maior significância estatística, avaliada pelo valor de Wilks' Lambda, foram ossatura, musculosidade, profundidade, inserção de cauda e garupa, respectivamente. Contudo, todas as características listadas na tabela apresentaram contribuição na discriminação dos grupos, avaliado pelo partial lambda.

Tabela 4 – Resultados da análise discriminante para características de escores visuais entre fêmeas precoces e convencionais

	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove	p-level
Ossatura	0,8619	0,8669	50,5320	0,0000
Musculosidade	0,7818	0,9556	15,2992	0,0001
Profundidade	0,7640	0,9778	7,4546	0,0067
Inserção de Cauda	0,7590	0,9843	5,2599	0,0225
Garupa	0,7570	0,9870	4,3489	0,0378
Úbere	0,7546	0,9901	3,2921	0,0705
Aprumo	0,7523	0,9931	2,2955	0,1307
Frame	0,7516	0,9940	1,9855	0,1598
Umbigo	0,7515	0,9941	1,9543	0,1631
Temperamento	0,7514	0,9942	1,9042	0,1685
Pelagem	0,7499	0,9962	1,2481	0,2647
Boca	0,7479	0,9989	0,3540	0,5523
Reprodução	0,7478	0,9991	0,2967	0,5863
Racial	0,7473	0,9997	0,0973	0,7553

As mesmas características identificadas através do valor do Wilks' Lambda apresentaram valor expressivo para F-remove, indicando a redução no poder discriminante uma vez que elas forem retiradas da análise, que foram ossatura, musculosidade, profundidade, inserção de cauda e garupa. Em relação ao nível de significância, o p-level, as características que apresentaram maior significância foram ossatura, musculosidade, profundidade, inserção de cauda e garupa.

Foi observado que o escore mediano para ossatura pode ser utilizado para discriminar grupo de fêmeas precoce. Esta característica é utilizada como um indicativo da estrutura do animal, na qual almeja-se animais com ossatura mediana, evitando-se os excessivamente finos ou grossos<sup>21</sup>. Quanto mais pesada e grossa a estrutura e ossatura do animal maior o seu desenvolvimento, sendo essa característica um bom indicativo do tamanho adulto do animal, estando relacionado com elevado tamanho e, possivelmente, a animais com potencial tardio<sup>55</sup>.

Outra característica que se mostrou mais objetiva para discriminar fêmeas precoces e convencionais foi a musculabilidade, essa característica está relacionada com o desenvolvimento muscular e o rendimento de carcaça. A musculabilidade também pode ser um indicativo de que os animais irão depositar gordura de acabamento na idade adulta, podendo ser avaliado em idades mais jovens<sup>21</sup>. Os resultados observados no presente estudo demonstram que animais com maior desenvolvimento de massa muscular também apresentam fenótipos mais precoces, estando associado a menor idade de entrada a reprodução. De fato, estudos avaliando a correlação entre musculabilidade e precocidade sexual, demonstram correlação positiva e de alta magnitude entre estas duas características<sup>29,56</sup>.

A profundidade de costela também apresentou significativo potencial para discriminação da ocorrência de prenhez precoce, estando, comumente, associada ao maior volume de massa muscular, visto que animais com curvas de crescimento para ciclo curto tendem expressar a musculabilidade em idades mais precoces, atingindo o crescimento corporal em idades mais jovens e, assim, apresentam maior profundidade de costela em relação aos membros<sup>56</sup>. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os observados por Souza<sup>29</sup>, que ao avaliar a predição da precocidade sexual com a utilização de escores visuais, observaram que a musculabilidade e a profundidade são indicadores eficientes de precocidade em novilhas da raça Nelore.

A profundidade é uma característica que avalia a relação da altura da costela em relação aos membros, estando diretamente relacionado ao biótipo precoce<sup>21</sup>, correlacionada com musculabilidade<sup>56</sup> e também precocidade sexual<sup>29</sup>. O objetivo da avaliação visual é identificar, mesmo em idades jovens, os animais que apresentam desenho que corresponda a indivíduos que irão depositar gordura de acabamento mais precocemente, sendo identificados através da maior relação de costela em comparação com os membros, associado também a maior deposição de gordura subcutânea<sup>57</sup>.

A associação da profundidade de costela e também da musculabilidade com a precocidade sexual podem ser atribuídas a influência destas características corporais na atividade ovariana e, conseqüentemente, na idade à primeira concepção e a parição<sup>58-60</sup>. A melhor conformação, avaliada tanto pela profundidade quanto pela musculabilidade, sugerem melhor condição corporal ou reserva de gordura, sendo esses fatores associados ao aparecimento precoce da puberdade e atividade ovariana, através do estímulo a secreção do LH.

A inserção da cauda também foi identificada como uma característica discriminante eficiente para prenhez precoce, sendo que, no presente estudo, os escores mais elevados para inserção de cauda foram relacionados a fêmeas com menor idade à primeira concepção. Esses resultados podem ser atribuídos a associação da inserção da cauda com a musculosidade, característica também utilizada para discriminação de fêmeas precoces, sendo a inserção de cauda um ponto para visualização do grau de musculosidade no corpo do animal<sup>21,56,57</sup>. Conforme discutido anteriormente, a musculosidade está associada ao desencadeamento hormonal da puberdade, o mesmo pode ser atribuído a maior inserção da cauda.

A angulação da garupa, característica avaliada através da conformação pélvica<sup>21</sup>, também se mostrou efetiva na discriminação de fêmeas precoces. Para essa característica, são almejados animais que apresentam escores medianos, representando garupas largas e com leve inclinação, visto que escores mais baixos representam garupas excessivamente inclinadas, enquanto escores altos indicam garupas excessivamente planas, estando ambos associados a dificuldade de parição. Infere-se, a partir dos resultados obtidos nesse estudo, que o maior tamanho da garupa está associado também ao maior crescimento dos animais e, assim como a maior ossatura, pode ser utilizado como indicativo de fêmeas mais tardias e de maior tamanho corporal a maturidade<sup>30</sup>. Devendo, dessa forma, quando se busca a redução da idade à puberdade, utilizar fêmeas com garupas de larguras medianas.

Como em sistemas de produção de bovinos de corte, existem várias características inter-relacionadas que interferem, não só na seleção de fêmeas, mas também no desempenho produtivo e reprodutivo, a técnica de análise multivariada do tipo discriminante permitiu identificar a relação dessas características, facilitando a gestão do sistema, o direcionamento do processo de seleção prática, e também técnicas de manejo a fim de permitir que os animais apresentem as características desejadas.

#### 4. CONCLUSÃO

As características de crescimento, carcaça e escores visuais podem ser utilizadas com o objetivo de melhor orientar o proprietário na seleção prática de fêmeas para precocidade sexual. Sendo que, através da técnica de análise discriminante, as variáveis de peso ao nascer, espessura de gordura, ossatura, musculatura, profundidade, inserção de cauda e garupa foram as que apresentaram maior poder de discriminação, mostrando a possibilidade do uso dessas características como critérios de direcionamento de manejo e tomada de decisões práticas, a fim de possibilitar que os animais expressem a prenhez precoce. Além, de poder ser utilizado na seleção prática e antecipada de fêmeas que apresentam desempenho que culmine com a prenhez precoce.

## 5. REFERÊNCIAS

1. Melis MH Van, Eler JP, Rosa GJM, Ferraz JBS, Figueiredo LGG, Mattos C, et al. Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2010;88:3809–3813.
2. Perotto D, Miyagi AP, Souza JC, Moletta JL, Freitas JA. Estudos de características reprodutivas de animais da raça canchim, criados a pasto, no estado do paraná. *Arch Vet Sci.* 2006;11(2):1–6.
3. Monsalves FM. Valor econômico e impacto da sele o para precocidade reprodutiva de fêmeas na Raça Nelore. [Disserta o]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2008.
4. Azevedo DMMR, Martins Filho R, Lobo RNB, Malhado CHM, Lobo RB, Moura AAA de, et al. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2006;35(3):988–996.
5. Boligon AA, Rorato PRN, Albuquerque LG De. Correla es genéticas entre medidas de perimetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2007;36(3):565–571.
6. Eler JP, Santana Junior ML, Ferraz JBS. Sele o para precocidade sexual e produtividade da fêmea em bovinos de corte. *Estudos.* 2010;37(9/10):699–711.
7. Lobo RB, Bezerra LAF, Figueiredo LGG, Baldi F, Faria CU, Vozzi PA, et al. Avalia o genética das raças Nelore, Guzera , Brahman e Tabapuã: Sumário 2010. Ribeirão Preto: ANCP; 2010.
8. Dias LT, Fato LE, Albuquerque LG de. Estimativa de herdabilidade para idade ao primeiro parto de fêmeas Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2004;33(1):97–102.
9. Albuquerque LG de, Mercadante MEZ, Eler JP. Aspectos da sele o de Bos indicus para produ o de carne. *Bol Ind Anim.* 2007;64(4):339–348.
10. Semmelmann CEN, Lobato JFP, Rocha MG da. Efeito de sistemas de alimenta o no ganho de peso e desempenho reprodutivo de novilhas Nelore acasaladas aos 17/18 meses. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(3):835–843.
11. Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, Corah LR. Management considerations in heifer development and puberty. *J Anim Sci.* 1992;70(12):4018–4035.
12. Ciccioi NH, Charles-Edwards SL, Floyd C, Wettemann RP, Purvis HT, Lusby KS, Horn GW, Lalman DL. Incidence of puberty in beef heifers fed high- or low-starch diets for different periods before breeding. *J Anim Sci.* 2005;83:2653–2662.
13. Silveira JC Da, McManus C, Santos Mascioli A Dos, Silva LOC Da, Silveira AC Da, Garcia JAS, et al. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características

- produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do sul. *Rev Bras Zootec.* 2004;33(6):1432–1444.
14. Eler JP, Silva JA, Evans JL, Ferraz JB, Dias F, Golden BL. Additive genetic relations between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nelore cattle. *J Anim Sci.* 2004;82:2519–2527.
  15. Hair Junior JF. *Análise Multivariada de Dados.* Porto Alegre: Bookman; 2006.
  16. Sartorio SD. *Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R.* [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Alves de Queiroz; 2008.
  17. SAS. *Statistical Analysis System user's guide.* Version 9.1 ed. Cary: SAS Institute. 2002.
  18. Garnero A V, Lôbo RB, Bezerra LAF, Oliveira HN. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(3):714–718.
  19. Vozi PA. *Análise genético-quantitativa de características de precocidade sexual na raça Nelore.* [Tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2008.
  20. Yokoo MJI, Werneck JN, Pereira MC, Albuquerque LG de, Koury Filho W, Sainz RD, Lobo RB, Araujo FR da C. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesq Agropec Bras.* 2009;44(2):197–202.
  21. Qualitas N. *Sumário de Touros de 2016.* Goiânia: Qualitas Agronegócios; 2016.
  22. Statsoft I. *Programa computacional Statistica.* Version 7.0. 2004. Disponível em: <http://statistica.updatestar.com/pt>.
  23. Nobrega DM. *Análise discriminante utilizando o software SPSS.* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia; 2010.
  24. Lobo RB, Bezerra LAF, Figueiredo LGG, Baldi F, Faria CU, Vozi PA, Magnabosco CU, Bergmann JAG, Oliveira HN. *Sumário de Touros.* Ribeirão Preto: ANCP; 2016.
  25. Rocha Sarmiento JL, Pimenta Filho EC, Ribeiro MN, Filho RM. Efeitos Ambientais e Genéticos sobre o Ganho em Peso Diário de Bovinos Nelore no Estado da Paraíba. *Rev Bras Zootec.* 2003;32(2):325–330.
  26. Souza JC de, Salles FM, Silva LOC da, Mota MF, Freitas JA de, Malhado CHM, Ferraz Filho PB. Avaliação de características produtivas em animais da raça Nelore por meio de análise multivariada. *Rev Bras Ci Vet.* 2010;17:99–103.
  27. Laureano MMM, Boligon AA, Costa RB, Forni S, Severo JLP, Albuquerque LG.

- Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2011;63(1):143–152.
28. Rezende MPG de, Silveira MV da, Silva RM da, Silva LOC da, Gondo A, Ramires GG, Souza JC de. Ganho de Peso pré e pós desmame em bovinos da raça Nelore criados no pantanal sul mato grossense. *Cienc Anim Bras.* 2014;24(2):20–27.
  29. Souza JF de. Predição da precocidade sexual, na pré e puberdade, através de escores visuais de conformação, precocidade e musculosidade em fêmeas da raça Nelore. [Dissertação]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2003.
  30. Pereira MC, Yokoo MJ, Bignardi AB, Sezana JC, Albuquerque LG de. Altura da garupa e sua associação com características reprodutivas e de crescimento na raça Nelore. *Pesq Agropec Bras.* 2010;45(6):613–620.
  31. Klecka WR. *Discriminant Analysis.* California: Sage Publications; 1980.
  32. Henderson CR. Sire evaluation and genetic trends. *J Anim Sci.* 1973;10–41.
  33. Du M, Tong J, Zhao J, Underwood KR, Zhu M, Ford SP, Nathanielsz PW. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *J Anim Sci.* 2010;88(13 Suppl).
  34. Penso S, Bauer MDO, Chichorro JF, Gondim CA, Vasconcelos LV. Caracterização Estacional De Uma Pastagem Natural Do Cerrado Mato-Grossense Submetida Ao Pastejo. *Ciênc Anim Bras.* 2009;10(1):124–134.
  35. Freetly HC, Ferrell CL, Jenkins TG. Timing of realimentation of mature cows that were feed-restricted during pregnancy influences calf birth weights and growth rates. *J Anim Sci.* 2000;78:2790–2796.
  36. Funston RN, Martin JL, Adams DC, Larson DM. Effects of winter grazing system and supplementation during late gestation on performance of beef cows and progeny. *Proceedings, West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 2008;59:102–105.
  37. Martin JL, Vonnahme KA, Adams DC, Lardy GP, Funston RN. Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. *J Anim Sci.* 2007;85(841–847).
  38. Martin GB, Blache D, Miller DW, Vercoe PE. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal.* 2010;4(7):1214–1226.
  39. Long NM. Effects of early to mid gestacional undernutrition on offspring growth, carcass characteristics and histology of adipose tissue in the bovine. *J Anim Sci.* 2012;90:197–206.

40. Cushman RA, McNeel AK, Freetly HC. The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. *Livest Sci.* 2014;162(1):252–258.
41. Greenwood PL, Bell AW, Vercoe PE, Viljoen GJ. *Managing the Prenatal Environment to Enhance Livestock Productivity.* New York: Springer; 2009.
42. Schoonmaker J, Ladeira MM. Reflexos de novas tecnologias empregadas na nutrição materna sobre a saúde e crescimento dos bezerros. In: *Bovinicultura de corte, desafios e tecnologias.* Salvador: EDUFBA; 2004. p. 193–220.
43. Marques F dos S. Relações entre características fenotípicas e genéticas e a predição de gestação de novilhas Nelore acasaladas dos 11 aos 15 meses. [Dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, 2009.
44. Lobato JFP. Considerações efetivas sobre seleção, produção e manejo para maior produtividade de rebanhos de cria. In: *Produção de bovinos de corte.* Porto Alegre: EDI-PUCRS; 1998. p. 405–414.
45. Leaflet AS. Relationship between body composition and reproduction in heifers. Ames: Iowa State University; 2001.
46. Buskirk DD, Faulkner DB, Hurley WL, Kesler DJ, Ireland FA, Nash TG, Castree JC, Vicini JL. Growth, Reproductive Performance, Mammary Development, and Milk Production of Beef Heifers as Influenced by Prepubertal Dietary Energy and Administration of Bovine Somatotropin. *J Anim Sci.* 1996;74:2649–2662.
47. Barcellos JOJ. Puberdade em novilhas Bradford: desenvolvimento corporal e relações endócrinas. [Tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. 2001.
48. Staples CR, Burke JM, Thatcher WW. Symposium: optimizing energy nutrition for reproduction dairy cows. *J Dairy Sci.* 1998;81(3):865–871.
49. Bronson FH, Manning JM. The energetic regulation of ovulation: a realistic role for body fat. *Biol Reprod.* 1991;44(6):945–50.
50. Evans ACO, Adams GP, Rawlings NC. Follicular and hormonal development in prepubertal heifers from 2 to 36 weeks of age. *J Reprod Fert.* 1994;102(1):463–470.
51. Kinder JE, Bergfeld EGM, Wherman ME, Peters KE, Kojima FN. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *J Reprod Fert Suppl.* 1995;49:393–407.
52. Rawlings NC, Evans ACO, Honaramooz A, Bartlewski PM. Antral follicle growth and endocrine changes in prepubertal cattle, sheep and goats. *Anim Reprod Sci.* 2003;78(3–4):259–270.
53. Schillo KK, Hall JB, Hileman SM. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J Anim Sci.* 1992;70(12):3994–4005.

54. Foster DL, Ryan KD. Endocrine mechanisms governing transition into adulthood in female sheep. *J Reprod Fertil.* 1981;30:75–90.
55. Meyer K. Estimates of genetic parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationship to early growth and skeletal measures. *Livest Prod Sci.* 1995;44(2):125–137.
56. Koury Filho W, Albuquerque LG de, Alencar MM de, Forni S, Vasconcelos Silva JA de, Lôbo RB. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(12):2362–2367.
57. Melo RAT de, Moura MMSC. Avaliação visual em programas de melhoramento genético. *Cad. pós-graduação FAZU.* 2012;2:2–6.
58. Olson TA. The effect of cows size on reproduction. In: *Factores affecting calf crop.* London: CRC Press; 1994. p. 243–249.
59. Morris CA. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. 1. Associations with fertility in the first joining season and with age at first joining. *Anim Breed Abstr.* 1980;48(10):655–676.
60. Short RE, Bellows R. Relationships among weith gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J Anim Sci.* 1971;32:127–132.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características relacionadas a reprodução e precocidade sexual tem grande influência sobre a rentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte. Sendo assim, estudos que estimem os parâmetros genéticos, obtendo os coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas e residuais entre as características que possam ser utilizadas como critério de seleção é importante para auxiliar na tomada de decisões e no direcionamento dos programas de seleção genética e de técnicas de manejo gerais. Em adição, o conhecimento das relações genéticas e biológicas entre as características de importância econômica possibilitarão um melhor desempenho geral do rebanho, com maior intensidade de seleção, progressos genéticos e aumento da rentabilidade.

Observou-se no presente estudo, que existe variabilidade genética potencial para ser explorada a fim de aumentar a precocidade sexual de bovinos da raça Nelore, de forma que a correta identificação de animais com genótipo superior por meio das avaliações genéticas, assim como a seleção e a multiplicação destes aumentaria consideravelmente a frequência de genes relacionados a precocidade sexual. Em adição, as estimativas de herdabilidade obtidas para idade à primeira concepção indicam que essa característica pode ser utilizada em programas de melhoramento genético levando a respostas favoráveis e em curtos períodos de tempo, podendo ser uma alternativa a idade ao primeiro parto, apresentando como vantagem a possibilidade de avaliação antecipada nas fêmeas.

Além disso, dada as dificuldades práticas da mensuração da idade à puberdade, a utilização da idade à primeira concepção e ao primeiro parto se mostraram efetivas na identificação de animais com potencial para precocidade sexual na produção de bezerros, que é o, principal, objetivo da busca pela redução da maturidade sexual dos animais, ou seja, que o primeiro bezerro das fêmeas seja produzido em menor idade possível, reduzindo a duração do ciclo de produção, sem prejuízos ao desempenho reprodutivo futuro.

Esse estudo demonstrou que a utilização de idade à primeira concepção e ao primeiro parto como critério de seleção para melhoria da precocidade sexual do rebanho, tem impacto positivo, confirmado pelas correlações genéticas, nas características relacionadas ao crescimento, carcaça e reprodução, levando a maior eficiência do sistema como um todo. Dessa forma, a seleção para precocidade sexual auxilia no fornecimento de material genético de qualidade, atendendo a demanda por animais mais produtivos, em termos de crescimento e ganho em peso; férteis, avaliados pelos menores intervalos de partos e maiores números de

filhos por matriz; e também com melhor qualidade de carcaça, tanto em relação ao acabamento quanto rendimento. Dessa forma, a seleção para precocidade sexual está aliada a precocidade de acabamento e crescimento levando a redução do ciclo de produção e valorização da qualidade do produto final.

O desempenho fenotípico das novilhas é determinante para a ocorrência de prenhez em menor idade, sendo que, nesse estudo, foi demonstrando que as características de peso ao nascer, espessura de gordura, ossatura, musculatura, profundidade, inserção de cauda e garupa apresentam maior poder de discriminação para prenhez precoce, podendo ser utilizado para identificar as fêmeas que irão apresentar esta característica, bem como direcionar o manejo da fazenda para que os animais apresentem melhor desempenho para essas características. O peso ao nascer está associado ao melhor desenvolvimento geral do feto, afetando a formação e o desenvolvimento dos tecidos reprodutivos. A espessura de gordura está associada com a produção hormonal e também condição corporal responsáveis pelo desencadeamento da puberdade e maturidade sexual. Visto que o direcionamento de energia no animal para a reprodução ocorrer apenas após o desenvolvimento e crescimento do animal, assim, a deposição de gordura de acabamento na carcaça atua como sinalização interna para que o animal se torne púbere e venha a emprenhar. Já as características de escores visuais refletem um biótipo precoce e também animais com melhores condições para emprenhar e vir a manter a gestação culminando em um parto viável. Desta forma, técnicas de manejo que possibilitem que os animais apresentem melhor desenvolvimento fetal, espessura de gordura e biótipo precoce, levarão a redução da maturidade sexual e irá antecipar o primeiro parto de novilhas, sendo desejável.

Dada a pequena utilização das características de PS, IDP, FR e RD como critérios de seleção e também o baixo número de estudos que abordam as mesmas em bovinos da raça Nelore e/ou em condições de clima tropical, é importante que mais estudos sejam desenvolvidos para avaliar os parâmetros genéticos, o ganho genético e fenotípico, bem como a inter-relação dessas com as demais características de importância econômica para os sistemas de produção de bovinos de corte.

Dessa forma, observou-se que a identificação genética e fenotípica de fêmeas com potencial para precocidade sexual e o conhecimento das associações dessa característica com as demais características consideradas em um programa de seleção, traz vantagens produtivas, reprodutivas e, conseqüentemente, econômicas para sistemas de produção de bovinos da raça Nelore. Ademais, as informações obtidas a partir dessa pesquisa apresentam aplicação prática

e imediata nos sistemas de produção de bovinos, em especial aos que são compostos por animais da raça Nelore e/ou com sangue zebuíno, uma vez que demonstrou que a aceleração da maturidade sexual e a redução da idade ao primeiro parto é viável e efetiva.