

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS ARAÇATUBA

DAVID GIRALDO ARANA

COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA PREDIÇÃO DA
PRECOCIDADE EM NOVILHAS NELORE

Araçatuba – SP
2019

DAVID GIRALDO ARANA

**COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA PREDIÇÃO DA
PRECOCIDADE EM NOVILHAS NELORE**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Araçatuba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

Orientador: Prof. Adj. Guilherme de Paula Nogueira

Araçatuba – SP

2019

G516c Giraldo-Arana, David
 Comparação de critérios para predição da
 precocidade em novilhas Nelore / David
 Giraldo-Arana. -- Araçatuba, 2019
 93 p. + 1 CD-ROM

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
 (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária,
 Araçatuba
 Orientador: Guilherme de Paula Nogueira

 1. EGS. 2. estação de monta. 3. puberdade. 4.
 fertilidade. 5. prenhez. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Comparação de critérios para predição da precocidade em novilhas Nelore

AUTOR: DAVID GIRALDO ARANA

ORIENTADOR: GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA

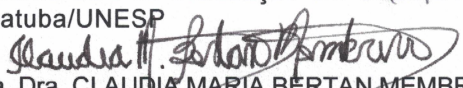
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP


Prof. Dr. YURI TANI UTSUNOMIYA

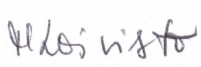
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP


Profa. Dra. CLAUDIA MARIA BERTAN MEMBRIVE

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas / Câmpus de Dracena/Unesp

Profa. Dra. MARIA CAROLINA VILLANI MIGUEL

Curso de Medicina Veterinária / Centro Universitário Central Paulista - UNICEP


Profa. Dra. MARION BURKHARDT DE KOIVISTO

Professora Aposentada do Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Araçatuba, 31 de julho de 2019.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Comparação de critérios para predição da precocidade em novilhas Nelore

AUTOR: DAVID GIRALDO ARANA

ORIENTADOR: GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. YURI TANI UTSUNOMIYA

Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. CLAUDIA MARIA BERTAN MEMBRIVE

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas / Câmpus de Dracena/Unesp



Profa. Dra. MARIA CAROLINA VILLANI MIGUEL

Curso de Medicina Veterinária / Centro Universitário Central Paulista - UNICEP

Profa. Dra. MARION BURKHARDT DE KOIVISTO

Professora Aposentada do Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Araçatuba, 31 de julho de 2019.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DAVID GIRALDO ARANA nascido no dia 11 de abril de 1989, no município de Tuluá, Valle del Cauca, Colômbia. É médico Veterinário e Zootecnista pela Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias (2012). Durante a graduação foi monitor das disciplinas de microbiologia e cirurgia e recebeu o reconhecimento de “Matricula de Honor” no ano de 2009. Ocupou a 4ª melhor nota na prova nacional “Examen de Calidad de Educación Superior” (ECAES) do ano 2011. Em fevereiro de 2015, obteve título de mestre em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Araçatuba (FMVA-UNESP), defendendo a dissertação intitulada Efeitos da Somatotrofina Recombinante Bovina na Puberdade de Novilhas Nelore, sob orientação do professor Guilherme de Paula Nogueira. O projeto de pesquisa teve financiamento pela FAPESP através do auxílio à pesquisa (FAPESP, 2012/18090-3), além de bolsa de mestrado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela mesma FAPESP (2012/14368-7). Em agosto de 2015, ingressou no programa de doutorado em Ciência Animal, na área de concentração Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal, na mesma instituição que concluiu o Mestrado. Durante os últimos quatro anos tem se desempenhado como gerente de pecuária em empresas de iniciativa privada no estado de Mato Grosso do Sul.

Dedico

Aos meus pais Jorge e Martha, por ser meu melhor exemplo;

*Aos meus irmãos Dorangela, Lorena e Esteban, grandes joias da
minha vida;*

*Ao maior presente que a vida me deu, Bárbara, quem me dá luz
em todos os momentos, principalmente nos de incerteza,*

Com vocês qualquer coisa se torna possível!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, dificuldades e alegrias, todas estas, oportunidades de crescimento, evolução e formação de caráter;

Aos meus pais, Jorge e Martha, por estarem sempre ao meu lado, me ensinado o caminho do bem. Vocês sempre serão meus heróis!

À Bárbara, meu amor! Minha amiga, parceira e confidente! Obrigado por estar ao meu lado sempre, independente da distância, por acreditar em mim mais que ninguém, você é o maior e melhor presente que recebi. Obrigado por ter entrado na minha vida! Amo você!

Aos meus irmãos, Dorangela, Lorena e Esteban, pelas brigas, risadas, tristezas, confidências e sonhos, mas sobre tudo pela parceria inacabável e incondicional, maior demonstração de amor possível. Orgulho-me infinitamente de ter vocês como irmãos!

À Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba (FMVA-UNESP), na figura do diretor Prof. Dr. Iveraldo dos Santos Dutra e ao programa de pós-graduação em Ciência Animal, por me receber e proporcionar a realização desse projeto;

Ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme de Paula Nogueira, por ter me aceitado novamente como orientado, pela oportunidade de crescimento, por me permitir explorar as minhas capacidades em todo momento. Pelo exemplo de docente e pesquisador, muito obrigado;

A P@RM AGROPECUARIA, e todos os funcionários envolvidos nos trabalhos, especialmente ao Danilo Martins, pela confiança depositada permitindo a execução deste trabalho. Ficarei agradecido para sempre;

A DELTAGEN e GENSYS, por atender às minhas solicitações com prontidão;

Ao Natal e ao Luciano, por me liberar do serviço sempre que precisei, mesmo isso significando atrasos ou dificuldades na operação das fazendas, vocês são pessoas diferenciadas;

À Profa. Dra. Flavia Lombardi Lopes e o Prof. Dr. Rafael Silva Cipriano, por terem participado da banca de qualificação e pelas contribuições;

Ao Prof. Dr. Yuri Tani Utsunomiya pelo auxílio nas análises estatísticas durante o experimento;

À Profa. Dra. Cláudia Maria Bertan Membrive, Prof. Dr. Yuri Tani Utsunomiya, Profa Dra. Maria Carolina Villani Miguel e a Profa. Dra. Marion Burkhardt de Koivisto, por terem aceitado o convite de participação da banca de defesa de tese;

Ao professor Luis Fernando Uribe Velásquez, quem me orientou e inspirou na vida acadêmica durante a graduação;

À equipe do Laboratório de Endocrinologia Animal, por me ajudarem sempre que possível, mesmo que sem tempo. A Devani Mariano e o Marcos Maioli, por dosar com tanto carinho e competência as minhas amostras; Ana Flavia Paiva, pela ajuda no serviço pesado do curral, a Tâmilis e Waneska, pelo companheirismo em todo momento. Estarei agradecido por sempre;

Ao médico veterinário, Leandro Pavanello, pela ajuda no curral e parceria de sempre;

A Devani Mariano Pinheiro, minha MÃE no Brasil, pessoa fantástica e inigualável, exemplo de dedicação e amor ao trabalho. Muito obrigado pelas muitas broncas (muitas mesmo), pela paciência (que não foi pouca), ensinamentos, parceria e sobre tudo pelo imenso carinho que me destes, adoro você!

E finalmente à vida, por me ensinar sempre e da melhor maneira possível, que todos os dias temos algo a aprender.

GRACIAS TOTALES!

*“Nossa vida é um caminho, quando paramos,
não vamos para frente.”*

Papa Francisco.

GIRALDO-ARANA, D. **Comparação de critérios para predição da precocidade em novilhas Nelore**. 2019. 93 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2019.

RESUMO

Comumente o biotipo é o principal critério utilizado para predição da puberdade precoce em novilhas Nelore. Este experimento comparou os possíveis efeitos do peso a desmama (PeD), peso ao sobreano (PeS), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGSG), concentrações séricas de IGF-I (IGF-I) e insulina ao sobreano (Ins), ganho diário de peso: até a desmama (GD), entre a desmama ao sobreano (GS) e do nascimento até o sobreano (GT), além de escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculatura (M) avaliados tanto na desmama como no sobreano, sobre a idade à primeira prenhez e desempenho na primeira estação de monta (EM) de novilhas Nelore. Para isso foram utilizados dados de 241 novilhas, produzidos pela P@RM agropecuária, estas nascidas entre maio e setembro de 2016. As mesmas permaneceram à pasto num único lote a partir da desmama. Avaliações de CPM e mensuração do peso corporal em jejum alimentar e hídrico após 12h foram realizadas na desmama e repetidas após ganho mínimo de 50kg de peso. Foi iniciada a EM no dia seguinte à avaliação de sobreano, quando as novilhas foram submetidas ao protocolo de indução de puberdade e duas inseminações artificiais em tempo fixo, e posterior repasse com touro. Para a idade em dias à primeira prenhez houve efeito individual de C na desmama, PeD, GD, P e M no sobreano, GS, GT e IGF-I ($p < 0,05$), no entanto, P e M na desmama não se mostraram importantes ($p > 0,05$). Todas as avaliações de CPM mostraram correlações positivas com o GD, GS e GT tanto na desmama ($r = 0,61$; $0,38$; $0,43$; $p < 0,05$) quanto no sobreano ($r = 0,46$; $0,50$; $0,41$; $p < 0,05$).

Resultado similar foi observado entre GD e GS com GT ($r=0,73$; $0,66$; $p<0,05$). As novilhas que apresentaram maiores notas de CPM ao sobreano tiveram maior GT, EGSG e IGF-I quando comparadas com novilhas com notas abaixo da média ($p<0,05$). Em resumo, as avaliações de CPM tanto na desmama como no sobreano estão correlacionadas com o ganho diário de peso e diminuição da idade a primeira prenhez de novilhas Nelore, com melhor desempenho na sua primeira estação de monta. Cabe ressaltar que os escores visuais não se mostraram como preditores contundentes de precocidade sexual quando avaliados separadamente. Sugere-se que mais estudos devem ser realizados objetivando a avaliação de outros indicadores do status nutricional e de crescimento, procurando alternativas para continuar o aprimoramento do rebanho.

Palavras chave: EGS. Estação de monta. Puberdade. Fertilidade. Prenhez.

GIRALDO-ARANA, D. **Comparison of criteria for precocity prediction in Nellore heifers**. 2019. 93 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2019.

ABSTRACT

Lately frame has being used to predict the occurrence of precocious puberty in Nellore heifers. This experiment compared the possible effects of weaning weight (PeD), yearling weight (PeS), rump backfat thickness (EGSG), serum concentrations of IGF-I (IGF-I) and insulin to yearling (INS), daily weight gain until weaning (GD), between weaning to yearling (GS) and from birth to yearling (GT), further the visual scores of conformation (C), precocity (P) and musculature (M) on weaning and yearling, on age at first pregnancy and the performance in the first breeding season (EM) of Nellore heifers. For that, data from 241 animals, produced by P@RM farming, born between May to September 2016 was used. After weaning all heifers were kept on pasture in a single lot and CPM score and body weight gain, under restriction of food and water for 12 h, were evaluated at weaning and repeated after a minimum weight gain of 50 kg. Breeding season started a day after evaluation of yearling, where heifers were subjected to a puberty induction protocol and two fixed time artificial inseminations, followed by a clean-up bull. There was an individual effect of C at weaning, PeD, GD, P and M on the yearling, GS, GT and IGF-I on age at days at first pregnancy ($p < 0.05$), however, the date of birth, P and M at weaning had no significant effect ($p > 0.05$). All CPM evaluations showed positive correlations with GD, GS and GT both at weaning ($r = 0.61, 0.38, 0.43, p < 0.05$) and yearling ($0.46, 0.50, 0, 41, p < 0.05$). A similar result was observed between GD and GS with GT ($r = 0.73, 0.66, p < 0.05$). Heifers with highest CPM scores at yearling had higher GT, EGSG and IGF-I than heifers with below-average ($p < 0.05$). In summary, evaluations of CPM in both weaning and yearling are correlated with daily weight gain, decrease in the age at first pregnancy and a better performance in the first breeding season in Nellore

Heifers. It should be emphasized that the visual scores were not shown as conclusive predictors of sexual precocity when evaluated separately. It is suggested that further studies should be carried out aiming at other indicators of nutritional status and growth, looking for alternatives to continue the improvement of the herd.

Key words: EGS. Breeding season. Puberty. Fertility. Pregnancy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Médias de quadrados mínimos para peso aos 205 dias de idade segundo o mês de nascimento do bezerro. Adaptado de De Souza et al. (2000).....	29
FIGURA 2 – a. Animais com notas de CPM 5 (esq.) e 1 (dir.); b. Pontos anatômicos e referencias corporais para avaliação de caraterísticas de C (preto) P (amarelo) e M (vermelho) em bovinos.....	46
FIGURA 3 – Local anatômico e imagem de ultrassom para medição da espessura da gordura subcutânea na garupa em novilhas Nelore.....	48
FIGURA 4 – Esquema de protocolo de indução de puberdade utilizado em novilhas Nelore.....	49
FIGURA 5 – Esquema de protocolo de IATF utilizado em novilhas Nelore. (IATF: Inseminação artificial a tempo fixo; BE: Benzoato de estradiol; eCG: Gonadotrofina coriônica equina; ECP: Cipionato de estradiol).....	50
FIGURA 6 Modelos de regressão linear simples individuais onde a idade em dias foi ajustada como variável resposta e apenas uma das variáveis candidatas foi incluída como preditor no modelo. (a), Correlações de variáveis preditoras sobre a idade à primeira prenhez de novilhas Nelore. (b), Coeficiente angular da regressão das variáveis sobre a idade à primeira prenhez de novilhas Nelore.....	56
FIGURA 7 Mapa de calor baseado no correlograma de todas as caraterísticas analisadas de maneira individual, tendo como variável resposta a idade de prenhez em dias.....	59
FIGURA 8 Plotter de modelo de correlação múltipla, tendo como variáveis preditoras o GT e o IGF-I, e como variável resposta a idade de prenhez em dias.....	60

FIGURA 9 Frequência de notas de CS, PS e MS acima da média do lote (3-5) em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.....	62
FIGURA 10 Ganho diário de peso total (g/d), espessura da gordura subcutânea (mm) e concentrações séricas de IGF-I (ng/mL) e Insulina (μUI/mL) no sobreano de novilhas Nelore em função das notas de CPM agrupadas em frequências de 1-2 e 3-5.....	64
FIGURA 11 Espessura de gordura subcutânea (mm) de novilhas da raça Nelore em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.....	65
FIGURA 12 Concentração sérica de insulina (μUI/mL) de novilhas da raça Nelore em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.....	66
FIGURA 13 a. ganho diário de peso do nascimento até a desmama (g/d) e b. ganho diário de peso da desmama até o sobreano (g/d).....	68
FIGURA 14 Ganho diário de peso (g/d) e concentração sérica de IGF-I (ng/mL) de novilhas da raça Nelore em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.....	69

LISTA DE ABREVIações

% = porcentagem

°C = graus Celsius

BE = benzoato de estradiol

CA = controle alto

CB = controle baixo

CE = Circunferência escrotal

CV = coeficiente de variação

C = conformação

CD = conformação à desmama

CEIP = certificado especial de identificação e produção

CL = corpo lúteo

CS = conformação ao sobreano

D = dia

ECC = escore de condição corporal

EGS = espessura da gordura subcutânea

EGSC = espessura da gordura subcutânea entre 12 e 13 costela

EGSG = espessura da gordura subcutânea na garupa

EM = estação de monta

E₂ = estradiol

FSH = hormônio folículo estimulante

G = grama

GDP = ganho diário de peso

GD = ganho diário de peso até a desmama

GH = hormônio de crescimento

GHR 1A = receptor do hormônio de crescimento

GnRh = hormônio liberador de gonadotrofinas

GS = ganho diário de peso da desmama ao sobreano

GT = ganho diário de peso do nascimento até a desmama

GWAS = Estudo de associação genômica ampla

h^2 = herdabilidade

IATF = inseminação artificial em tempo fixo

IEP = intervalo entre parto

INS = insulina

IGF-I = fator de crescimento semelhante à insulina tipo I

IGFBPs = proteínas ligadoras do fator de crescimento semelhante à insulina

IM = intramuscular

IEP = intervalo entre partos

IPP = idade ao primeiro parto

kDa = quilodalton

kg = quilograma

LH = hormônio luteinizante

M = musculatura

MD = musculatura à desmama

MS = musculatura ao sobreano

mg = miligrama

MHz = mega-hertz

mL = mililitro

mm = milímetro

ng = nanograma

P = precocidade

PD = precocidade à desmama

PE = perímetro escrotal

PeN = peso corporal ao nascimento

PeD = peso corporal na desmama

PeS = peso corporal ao sobreano

PS = precocidade ao sobreano

P_4 = progesterona

r = coeficiente de correlação

RNA_m = RNA mensageiro

Rpm = rotações por minuto

SNP = Polimorfismo de nucleotídeo único

TMB = tetrametilbenzidina

μUI = micro unidade internacional

VO = via oral

vs = versus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	Bovinocultura de corte no Brasil	22
2.2	Reprodução e sua importância na cadeia produtiva	23
2.3	Puberdade das novilhas	26
2.4	Gordura subcutânea e puberdade.....	30
2.5	IGF-I, Insulina e Leptina	31
2.6	Nutrição da bovinocultura de corte brasileira	36
2.7	Biotipo e programas de melhoramento com puberdade.....	38
2.8	CPM: Conformação, Precocidade e Musculatura.....	41
3	HIPÓTESE	43
4	OBJETIVOS	44
5	MATERIAIS E MÉTODOS	45
5.1	Local do experimento e animais	45
5.2	Tratamento	45
5.2.1	Avaliação visual de Conformação, Precocidade e Musculatura	45
5.2.2	Ganho diário de peso e espessura de gordura subcutânea.....	47
5.2.3	Indução de puberdade e estação de monta	48
5.3	Coleta de sangue e ensaios hormonais	50
5.4	Análise estatística.....	52

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
7	CONCLUSÕES	71
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
	REFERÊNCIAS.....	73
	ANEXO A – Comitê de Ética	93

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência da puberdade entre as diferentes espécies de bovinos (*Bos taurus* e *Bos indicus*) ocorre em diferentes idades. Raças *Bos taurus* como a Holandesa iniciam em média a puberdade aos 12 meses de idade (GLENCROSS, 1984) e raças *Bos indicus* como a Nelore, são mais tardias e em média iniciam a atividade reprodutiva a partir dos 24 meses de idade (NOGUEIRA, 2004). Com isso há uma defasagem na produtividade, pois a pecuária nacional apresenta índices reprodutivos incompatíveis com seu alto potencial de produção (MOUSQUER et al, 2014).

A seleção animal baseada exclusivamente em ganho de peso, acarreta no aumento do peso adulto. Como consequência, tem-se produzido animais grandes e tardios, que não estão de acordo com o sistema de criação a pasto, mais frequentemente empregado no país, provocando desequilíbrio entre as exigências de manutenção e a disponibilidade de matéria seca. A tendência atual é procurar animais que atendam as exigências do mercado e de equilíbrio com o sistema de produção (JORGE Jr et al., 2001). Por isto, ferramentas como a avaliação de escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e Musculatura (M) como ferramenta de seleção de animais que não somente ganhem mais peso, mas sim que distribuam melhor o peso ganho na sua carcaça, permite obter rebanhos com biotipos mais adequados ao sistema de produção nacional.

Considerado a possível importância da distribuição do peso e o biotipo das novilhas da raça Nelore sobre a ocorrência da puberdade e desempenho na primeira estação de monta, formulou-se a hipótese de que animais com maiores ganhos diários de peso e melhor distribuição do mesmo na carcaça dentro do lote de contemporâneos utilizando escores visuais de CPM, tanto na desmama como no sobreano apresentarão menor idade à primeira prenhez e melhor desempenho na primeira estação de monta.

Objetivou-se Comparar notas de avaliação visual de CPM com as concentrações séricas de IGF-I e insulina, deposição de gordura subcutânea

na garupa, ganho de peso na desmama e no sobreano, assim como idade a primeira prenhez e desempenho na primeira estação de monta de novilhas da raça Nelore.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bovinocultura de corte no Brasil

A bovinocultura de corte é uma atividade tradicional no Brasil, constituindo um papel fundamental na economia do país, sendo uma de suas principais atividades econômicas (NICACIO et al, 2017). No mundo, o Brasil é o primeiro país exportador de carne bovina e o segundo maior produtor, atingindo 9,90 milhões de toneladas no ano de 2018 (IBGE, 2019).

A maior parte do rebanho bovino brasileiro é constituído de raças zebuínas, que formam cerca de 80% do rebanho nacional e, entre essas, a raça Nelore é a de maior destaque, compondo em torno de 70-80% do rebanho zebuínico do país (BRUNES et al, 2018). Esta raça é conhecida por sua rusticidade (CARDOSO, 2011), isto é, pelas suas características de alta tolerância ao clima tropical e à parasitas (NOGUEIRA, 2013), sua alta adaptabilidade permite uma criação extensiva, sendo esta a mais adotada, devido aos reduzidos custos de produção (DAY; NOGUEIRA, 2013).

Outra característica da raça Nelore é a ocorrência da puberdade tardia quando comparado com outras raças, a média da idade ao primeiro parto encontrada nas fêmeas é de 4 anos (NICACIO, 2016), com intervalo entre partos variando entre 20 a 21 meses (ALMEIDA et al, 2013) e idade à puberdade variando de 22 a 36 meses (SOUZA et al, 1995), enquanto a média dos animais taurinos para entrada à puberdade é de 12 meses (GUIMARÃES et al, 1999). Com isso há uma defasagem na produtividade, pois a pecuária nacional apresenta índices reprodutivos incompatíveis com seu alto potencial de produção (2016; MOUSQUER et al, 2014).

Caso o intervalo entre partos (IEP) ideal fosse atingido, ter-se-ia a produção de um bezerro por vaca por ano, mas nos sistemas de bovinocultura de corte brasileiros, o IEP mais longo é predominante (MOUSQUER et al, 2014), acarretando em perda de eficiência, pois a elevada participação de animais de recria ocupa áreas extensas, que poderiam ser destinadas a animais de cria (FRANCO et al, 2016), implicando no aumento do descarte

involuntário, diminuição da longevidade e disponibilidade de animais para reposição, diminuição do progresso genético e maiores gastos com inseminação (BERGAMASCHI et al, 2010).

2.2 Reprodução e sua importância na cadeia produtiva

Características reprodutivas influenciam a rentabilidade do sistema de produção (PEREIRA et al, 2002), chegando a ser, em índices de seleção, 14 vezes mais importantes economicamente do que características de crescimento (BRUMATTI et al, 2011). A eficiência reprodutiva está relacionada diretamente com a taxa de prenhez, parição, intervalo entre partos e desmama anual, fatores que determinam a eficiência da exploração da pecuária no Brasil (EMERICK et al., 2009). Particularmente a idade à puberdade, tem um impacto importante na eficiência reprodutiva e econômica do rebanho e da vida reprodutiva da vaca (LARSON, 2007; FUNSTON et al., 2012), sendo o fator com maior relevância sobre o desempenho da fêmea a sua primeira estação de monta (DAY; ANDERSON, 1998), que, por sua vez, além de ser dependente de idade mínima, também está relacionada com genética, sanidade e nutrição (CARDOSO; NOGUEIRA, 2007).

Para um bom desempenho econômico a reprodução precisa ser vista como um dos fatores mais importantes a serem considerados (ELER et al, 2012), pois, ao contrário do que se pensa, a taxa reprodutiva no gado de corte é ainda mais importante que no gado de leite, por ser mais relacionada com a lucratividade, já que uma vaca de corte inativa reprodutivamente gera apenas como possibilidade de renda sua própria comercialização (MORAES et al, 2006).

Dentro da cadeia produtiva da bovinocultura de corte, a fase de cria não pode ser ineficiente, uma vez que a produção de bezerros seja comprometida, haverá comprometimento da fase seguinte, a de recria e engorda, gerando impacto em todo o sistema produtivo. A fase de cria é

composta pelas etapas de acasalamento, gestação, parto e amamentação, terminando no momento da desmama (NICACIO, 2016).

A avançada IPP é atribuída parcialmente ao atraso do aparecimento do primeiro cio fértil (BRUNES et al, 2018), esse fato é reflexo de inúmeros fatores, entre eles a menor pressão de seleção exercida e uma dieta de baixa disponibilidade de nutrientes, muito comum na estação seca e nos sistemas de produção comumente utilizados (MATOS, 2013).

A idade à puberdade e consequentemente a idade ao primeiro parto influencia a lucratividade da pecuária nacional, já que afeta diretamente a taxa de desfrute (BERETTA et al., 2002), a qual mede a capacidade do rebanho em gerar excedente, ou seja, representa a produção (em arrobas ou cabeças) em um determinado espaço de tempo em relação ao rebanho inicial (ALVES, 2014). Tendo a primeira parição aos quatro anos de idade as taxas de desfrute são em torno de 10%, em sistemas em que esta idade é de três anos, esse índice pode ser quase duplicado, enquanto em sistemas com dois anos ao primeiro parto essa taxa pode atingir até 40% (BERETTA et al., 2002; BRUNES et al, 2018).

Os manejos para produzir novilhas de reposição se concentram em conhecer os processos fisiológicos que determinam a primeira ovulação. Melhorias nutricionais visando redução da idade à puberdade podem contribuir para o aumento na vida reprodutiva do animal e consequentemente a produção de maior número de bezerros, com benefícios para toda a cadeia produtiva (CARDOSO; NOGUEIRA, 2007), porém, inferir a idade à puberdade de novilhas é um procedimento muito complexo e dispendioso (NOGUEIRA, 2004). Assim sendo, dentro da raça Nelore, existe um esforço crescente para o melhoramento genético, especialmente em relação a estas características reprodutivas que tanto inibem a melhoria da bovinocultura (NOGUEIRA et al, 2015).

São vários os fatores que regulam de maneira negativa a eficiência das fêmeas: idade ao primeiro parto tardia (NOGUEIRA, 2013), baixa taxa de natalidade, percentual reduzido de fêmeas produtivas no rebanho, elevada

idade ao abate e principalmente, a idade de início da puberdade (SILVA et al, 2018). O rebanho brasileiro se caracteriza por ter uma elevada proporção de fêmeas em etapa de recria, sendo a puberdade tardia um dos principais motivos para o este fenômeno (SEMMELMANN et al, 2001).

A antecipação da idade ao primeiro parto está diretamente ligada à eficiência e à lucratividade da produção de carne bovina. Novilhas que parem mais cedo têm maior vida produtiva que as fêmeas mais tardias, conseqüentemente, novilhas que parem pela primeira vez aos dois anos de idade deverão produzir mais bezerros do que as que parem aos três anos de idade (MOUSQUER et al, 2014). A inclusão de novilhas em idade mais jovens a reprodução resulta em redução de categorias improdutivas, visto que a fase de recria segura os bovinos por período de 12 a 36 meses dentro do ciclo produtivo (ZERVOUDAKIS et al., 2002).

Entretanto, não há nenhuma facilidade em compreender as causas de baixa fertilidade, já que esta possui origem multifatorial, sendo necessário abranger aspectos da biologia reprodutiva, embriologia, metabolismo, imunologia, nutrição e genética (WATHES, 2012), muitas transformações têm sido implementadas com o foco principal de atingir estes objetivos (BRUNES et al, 2018).

Diferentes estudos comprovaram esta origem multifatorial e relataram que os fatores que contribuem para a avançada IPP são as baixas taxas de fertilidade, alta mortalidade de bezerros, baixo ganho de peso dos animais de recria (FRANCO et al, 2016), sazonalidade da produção de forragens, manejo deficiente das pastagens, inexistência de suplementação durante o período de crescimento dos animais (ALMEIDA et al, 2013), baixo potencial genético, não adequação ao ambiente e manejo (SIQUEIRA et al, 2013), forragens de baixa qualidade, insuficiência de programas de melhoramento genético e alta incidência de doenças infecciosas, parasitárias e nutricionais (ALMEIDA et al, 2013).

Ainda assim, os resultados obtidos não são satisfatórios, mas o interesse em implantar melhorias existe (GOBESSO et al, 2017), pois o uso de

tecnologias nesta área vem crescendo, se o campo da pesquisa investir ainda mais em explorar e transferir para técnicos e produtores, este cenário tem enorme potencial de mudança (NICACIO, 2016).

Com o progresso genético do rebanho é possível alcançar uma realidade em que as novilhas deem cria com um mínimo de distocia, procriem novamente em tempo hábil, continuem sua produção por vários anos, se tornem prenhes em sua primeira estação de monta e que esta ocorra precocemente (ENGELKEN, 2008).

2.3 Puberdade das novilhas

A puberdade é quando a novilha adquire capacidade de se reproduzir, resultado de inúmeras alterações endócrinas, fisiológicas e morfológicas que a permitem conceber, manter a gestação e parir uma cria saudável (RESENDE et al, 2014). É o início da ciclicidade reprodutiva, consequência de uma série acumulativa de eventos hormonais e acredita-se estar mais associada com o peso corporal do que com a idade (MOUSQUER et al, 2014), devido as inúmeras cascatas de eventos fisiológicos que o mesmo provoca e não somente pela quantidade de gordura (BROOKS et al, 1985).

Sabe-se que seu desencadeamento é fruto de um complexo mecanismo neuroendócrino, mas este ainda não foi completamente elucidado, existindo uma clara necessidade de entender os processos que determinam o início da atividade sexual em bovinos (ALMEIDA et al, 2013), sendo a hipótese gonadostática a mais aceita (MARSON et al, 2004). Vários fatores irão influenciar a idade à puberdade, como por exemplo o genótipo, estação do ano, comportamento do rebanho, terapia hormonal, taxa de crescimento, peso corporal, estado nutricional, genética, características do manejo adotado e nutrição das novilhas (ALMEIDA et al, 2013).

A ausência de secreção do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) pelo hipotálamo durante a fase pré-púbere deve-se à ação do estrógeno (E_2), segundo a hipótese gonadostática, exercendo o efeito de feed

back negativo sobre o eixo hipotalâmico-hipofisário, portanto a gradativa redução da sensibilidade do hipotálamo aos efeitos inibitórios do E_2 desencadeiam o aumento da liberação do GnRH do hipotálamo para a hipófise. Este processo faz com que a pulsatilidade do hormônio luteinizante (LH) seja aumentada (MARSON et al, 2004).

O aumento da liberação pulsátil de LH vai resultar no estímulo do crescimento folicular e, posteriormente, na maior produção de E_2 , levando ao estro e causando uma retroalimentação positiva no hipotálamo, provocando um pico de GnRH, que estimula a hipófise a liberar um pico de LH, marcando o período pré-ovulatório, determinando a ovulação do folículo dominante e formação do corpo lúteo (CL) (SILVA et al, 2018).

Uma cascata de eventos se relaciona com as alterações fisiológicas e anatômicas desencadeadoras da puberdade, a ativação desta cascata é regulada por uma série de mecanismos que controlam a liberação de GnRH, alguns desses sinais são originados internamente e relacionam-se ao crescimento corporal, enquanto outros são dependentes de fatores externos, como por exemplo, a alimentação (ALMEIDA et al, 2013).

Durante a peri-puberdade algumas mudanças já ocorrem no hipotálamo, pois há uma frequência de liberação dos pulsos de GnRH dentro da circulação hipotalâmica-porta-hipofisária (RODRIGUEZ; WISE, 1989), mas o início da puberdade só se dá ao primeiro estro da novilha, seguido por uma fase lútea fisiológica, que envolve a transição de um período de inatividade ovariana para outro, no qual as ovulações regulares ocorrem (MORAN et al, 1989).

O GnRH controla a liberação dos hormônios hipofisários LH e hormônio folículo estimulante (FSH) que agem na gônada, estimulando a produção de, por exemplo, progesterona (P_4), 17β estradiol e inibina, que por sua vez, agindo no hipotálamo e hipófise, retroalimentam este eixo de forma positiva ou negativa (CORTE JUNIOR, 2009). As gonadotrofinas secretadas pela hipófise vão agir nas gônadas regulando o desenvolvimento folicular, esteroidogênese (produção de estradiol e P_4) e ovulação (CORTE JUNIOR, 2009).

Na peri-puberdade já ocorrem ondas foliculares nas fêmeas, mas ao final os folículos não chegam à ovulação, resultando em atresia, isto é possível porque muito antes da puberdade a novilha é capaz de produzir e liberar o FSH, a variação na frequência dos pulsos de GnRH interfere no tipo de gonadotrofina secretada pela hipófise alternando entre o FSH e o LH. Basicamente um aumento na frequência de pulsos de GnRH estimula a secreção de LH enquanto baixas frequências de pulsos permitem a secreção de FSH. (ALMEIDA et al, 2013).

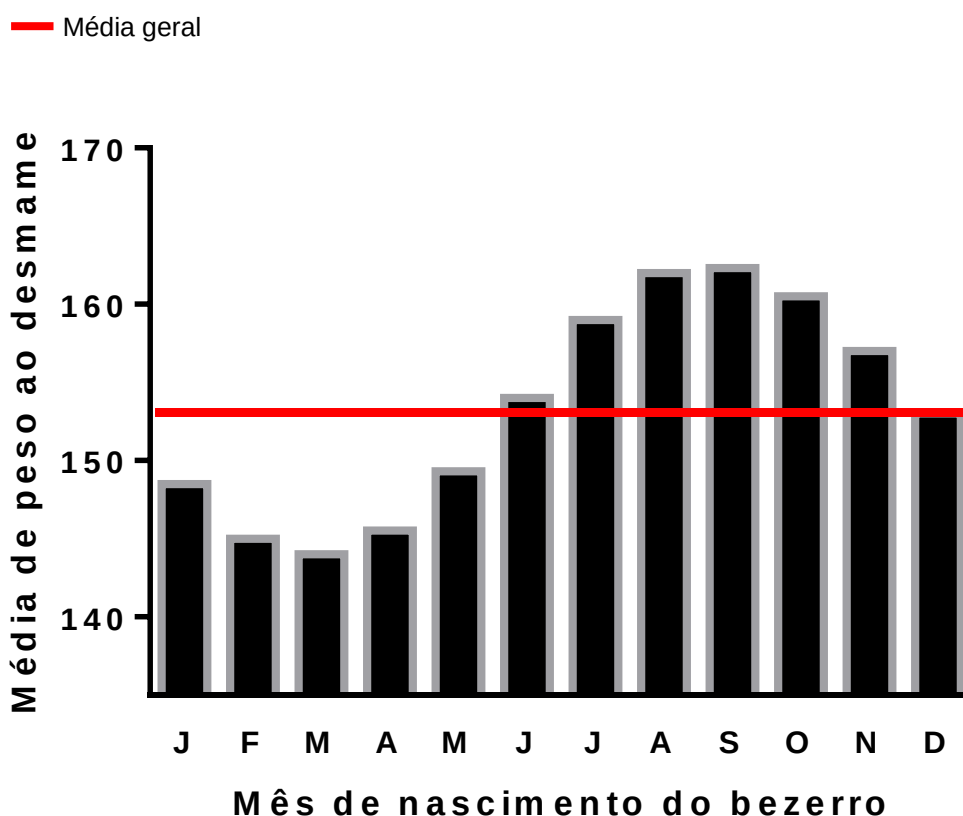
Após o nascimento das bezerras, as concentrações séricas do hormônio luteinizante diminuem. Antes da onda folicular que culminará com a ovulação, há dois períodos de aumento dos pulsos de LH, um no início da chamada pré-puberdade e outro que marca a transição para a peri-puberdade (ALMEIDA et al, 2013). Entretanto, a concentração plasmática de estrógeno permanece baixa até um mês antes da puberdade, quando aumenta gradualmente até o momento da primeira ovulação (NAKADA et al, 2000), estimulando a síntese de receptores para GnRH na hipófise, aumentando sua sensibilidade e a frequência e amplitude dos pulsos de GnRH (CORTE JUNIOR, 2009), desencadeando um novo aumento na liberação de LH, restabelecendo a atividade gonadal e dando início ao período de maturidade sexual (ALMEIDA et al, 2013).

Fatores ambientais e nutricionais influenciam a idade à puberdade de novilhas. No Brasil, a estação (mês) de nascimento afeta o peso a desmama dos bezerros (SOUZA et al., 2000; Figura 1), fator que influencia diretamente a idade à puberdade de novilhas, já que o peso à desmama está correlacionado negativamente com esta ($r = -0,39$; $p < 0,01$; RESTLE et al., 1999).

A estação de nascimento influencia a idade à puberdade devido ao ciclo de crescimento no período de produção de forragens nas águas, seguido por uma manutenção ou perda de peso no período de escassez de forragem na época da seca, ciclo este, de ganho e perda de peso denominado “efeito sanfona” (GARCIA et al., 2004). A idade à puberdade influencia também o momento de prenhez dentro da estação de monta, situação importante devido

a que novilhas que ficam prenhez no início da estação de monta têm maior possibilidade de ficarem prenhez no seguinte período reprodutivo, mantendo assim um baixo intervalo entre partos e produzindo bezerros mais pesados à desmama (MONTEIRO et al., 2013).

FIGURA 1 - Médias de quadrados mínimos para peso aos 205 dias de idade segundo o mês de nascimento do bezerro.



Fonte: Adaptado de Souza et al. (2000).

Relacionando a nutrição e o sistema endócrino, observa-se que modificações no plano nutricional podem influenciar o processo de maturação sexual, culminando com aumento da frequência de pulsos de LH e tamanho dos folículos no período pré-pubertal (DAY et al, 1987).

A restrição de nutrientes diminui a frequência de pulsos de LH e atrasa a puberdade em novilhas de corte, o contrário também é observado, um balanço energético positivo após um período de restrição alimentar estimula a puberdade, já a restrição alimentar moderada ou crônica a longo prazo resulta em uma redução gradual na taxa de crescimento do folículo dominante, máximo diâmetro e persistência (YELICH et al, 1996).

Vacas de corte criadas a pasto, com forragens de baixa qualidade, suplementadas diariamente e não 3 vezes na semana, como de costume, obtiveram melhora no status nutricional, percebido pela expressão de mRNA normalizada nas enzimas glicogênicas, aumento da concentração sérica do fator de crescimento semelhante a insulina 1 (IGF-I) e reduzida variação de glicose e insulina a nível plasmático (COOKE et al, 2008), resultando, por fim, em puberdade e prenhez precoces.

2.4 Gordura subcutânea e puberdade

A deposição de gordura corporal é um indicador do estado nutricional (SCHRODER; STAUFENBIEL, 2006), e está relacionada diretamente com a idade à puberdade por intermédio da leptina, que atua como sinalizador da condição corporal do animal ao hipotálamo (SPICER, 2001). Novilhas com maior cobertura de gordura na garupa possuem trato reprodutivo mais desenvolvido, visto que possuem cornos uterinos, ovários e folículos maiores (LEAFLET, 2001).

Há relatos de experimentos que realizaram processos de seleção focados na diminuição da quantidade de gordura na carcaça em raças taurinas, o que teve um reflexo negativo sobre as variáveis reprodutivas em fêmeas. Isto teve implicação no aumento da idade e peso que estas novilhas atingiram a puberdade com redução da fertilidade quando adultas (BERG; WALTERS, 1983; MACNEIL et al., 1984). No entanto, há relatos que não observaram correlação entre a espessura da gordura subcutânea (EGS; 56 dias pós desmame) e a idade à puberdade de novilhas (YILMAZ et al., 2006).

Dentre as principais causas da baixa eficiência produtiva da maior parte dos rebanhos de cria está o pouco desenvolvimento corporal e o baixo escore de condição corporal (ECC) das novilhas (LOBATO, 2003). O ECC permite avaliar subjetivamente a quantidade de tecido adiposo depositado e constitui um dos indicadores do estado nutricional que mais se associa com o índice de prenhez (RICE, 1991). Vacas com comprometimento nutricional parecem ser mais sensíveis aos efeitos do “feedback” negativo do estradiol (WETTEMANN et al. 2003) e, em novilhas, um baixo ECC retarda a idade do primeiro serviço e condiciona também baixa taxa de prenhez quando primíparas (LOBATO, 2003).

Outras mensurações como o peso corporal, espessura da gordura subcutânea entre a 12a e 13a costela (EGSC) e espessura da gordura subcutânea na garupa (EGSG) podem ser realizadas para estimar as reservas energéticas dos animais (SCHRODER; STAUFENBIEL, 2006).

A garupa é a área com maior quantidade de tecido adiposo no subcutâneo do animal, sendo uma área de fácil acesso para realizar a mensuração da EGSG. Sua medida apresenta eficiência semelhante à EGSC (SILVA et al., 2003; GIRALDO-ARANA, 2015) e, um operador treinado pode executá-la com alta precisão, agilidade e repetitividade (STOUFFER; CROSS, 1985). A EGSG apresenta correlação positiva com a gordura corporal total ($r=0,90$; SCHRODER; STAUFENBIEL, 2006) e com mensurações de ECC ($r=0,82$ a $0,93$; AYRES et al., 2009).

2.5 IGF-I, Insulina e Leptina

Em situações de subnutrição há atraso no início da puberdade, aumento do intervalo pós-parto e baixas concentrações de IGF-I (ALMEIDA et al, 2013), fazendo surgir a probabilidade de sua participação no ciclo reprodutivo. Na tentativa de demonstra-la, foi percebido que o IGF-I atua, de alguma maneira, ainda não totalmente elucidada, no sistema nervoso central promovendo a liberação de GnRH (EMERICK et al, 2009). A ação do IGF-I não

seria diretamente sobre o GnRH, mas sim sobre as células da glia, estas possuem receptores para ele, ocorrendo estímulo para liberação do GnRH (ALMEIDA et al, 2013).

O sistema somatotrófico está envolvido em processos reprodutivos que são críticos para a ocorrência da puberdade (ARMSTRONG et al., 1992; BELTRAN, 2007) e o estabelecimento da prenhez (SOSA et al., 2010), regulando a atividade biológica dos ovários (BARCELLOS et al., 2014) e do útero (SOSA et al., 2010).

Há relatos que observaram que a redução da concentração plasmática de IGF-I por meio de imunização contra hormônio de crescimento (GH) atrasou a idade à puberdade (ARMSTRONG et al., 1992), ou experimentos nos quais o aumento na concentração plasmática de IGF-I foi associada com diminuição da idade à puberdade (HOPPER et al., 1993; YILMAZ et al., 2006; COOKE et al 2013), sugerindo que o IGF-I pode ser importante para a maturação sexual em bovinos.

No entanto, o papel do IGF-I na reprodução bovina não pode ser visto isoladamente, ou como um preditor da idade à puberdade (YILMAZ et al., 2006), pois é apenas um componente do sistema do complexo IGF, que atua como um sinalizador indireto da aptidão do animal para que os eventos relacionados à reprodução possam ocorrer decorrentes do status nutricional (JONES et al., 1991). Isto é, em parte, porque o IGF-I não dá nenhuma informação sobre as funções autócrina ou parácrinas e não é o único hormônio capaz de influenciar a reprodução (JONES et al., 1991).

O IGF-I é um peptídeo com peso molecular de aproximadamente 7,6 kDa composto por 70 aminoácidos, estruturalmente similar à insulina, produzido pelo fígado e pelas células da granulosa, secretado à medida que é produzido, sendo que sua produção é estimulada a partir do hormônio de crescimento GH, constituído por 198 aminoácidos, com duas pontes sulfídicas e peso molecular de 22 kDa, secretado pelos somatotrofos da hipófise anterior (MAIOLI; NOGUEIRA, 2017).

O GH não exerce sua função de forma direta, o faz a partir dos fatores de crescimento (IGFs), formando o eixo GH-IGF (MARTINELLI JR. et al, 2008). Além disso, a biodisponibilidade de IGF-I é determinada pela concentração de IGF-I livre. As proteínas ligadoras do IGF-I (IGFBPs) são as que definem a biodisponibilidade do IGF-I circulante, deixando sem bioatividade a fração do IGF-I que está ligado a essas proteínas (FORTES et al., 2012), permitindo o transporte até as células alvo, aumentando a meia vida deste (AKERS et al., 2005).

O fator de crescimento tem suas concentrações séricas altamente correlacionadas com as concentrações intra-foliculares e seu aumento foi reportado, também, no período peri-puberal (JONES et al, 1991; YELICH et al, 1996). Em vacas de corte lactantes foi percebido que até o dia da primeira ovulação as concentrações plasmáticas de IGF-I aumentam, ao passo que a de GH diminui (STAGG, 2000). Novilhas em restrição alimentar tiveram queda linear na concentração de IGF-I, enquanto que na dieta de realimentação houve aumento até saída do anestro, entretanto as concentrações observadas alcançaram apenas 50% dos valores registrados no período anterior a restrição, mesmo retornando a ciclicidade ovulatória (BOSSIS et al, 2000), sugerindo que a retomada da ciclicidade possui correlação com o IGF-I e que situações de baixa qualidade nutricional afetam diretamente na puberdade.

Há a necessidade de maiores estudos para compreender a correlação destes hormônios com a função reprodutiva, mas pode-se afirmar que estão fisiologicamente relacionadas ao score corporal e à nutrição, já que ambos sinalizam ao cérebro se há reservas de energia suficientes para suprir as demandas que implicam na gestação e na lactação (EMERICK et al, 2009), isto foi comprovado com a redução do IGF-I, da insulina e da glicose circulante em situações de baixo score corporal e má nutrição (SCHILLO, 1992). A frequência de pulsos de LH também reduz nestas situações, indicando que estes hormônios estão, quando em quadros de restrição alimentar, atrasando a puberdade e em casos de balanço energético positivo, estimulando-a (YELICH et al, 1996).

O IGF-I, quando testado *in vitro*, aumentou o número de sítios de ligação de LH e a produção de P₄ e androstenediona, sendo que esta última tem sua produção realizada pelas células da teca e estimuladas pelo LH, sugerindo que o fator de crescimento aumentou a sensibilidade das células foliculares ao LH (STEWART et al, 1996).

Desta forma, há impacto também no aumento da produção de estradiol folicular, hormônio determinante para ocorrência da ovulação (ALVAREZ et al, 2000; STEWART et al, 1996). A produção de progesterona também foi correlacionada com o aumento de IGF-I, estimulando o crescimento do corpo lúteo e contribuindo para o estabelecimento e manutenção da prenhez (ALVAREZ et al, 2000).

Foi documentado presença de receptores de IGF-I e do próprio GH no ovário de ovelhas, constituindo parte do sistema de sinalização e regulação intra-ovariana (ADASHI et al, 1985). *In vitro* percebeu-se que a presença de IGF-I estimula as células da granulosa e atua conjuntamente com o FSH no aumento da secreção de progesterona (ADASHI et al, 1985). Em outro experimento foi possível atrelar o aumento da concentração de IGF-I com o GH, já que as vacas tratados com GH exógeno tiveram aumento do mesmo e melhoraram sua função ovariana e uterina (BILBY et al, 1999).

O sistema nervoso central possui a capacidade de reconhecer quando o corpo alcança o peso ideal para a reprodução a partir da sinalização causada pela leptina, proteína de 146 aminoácidos, 16 KDa, com estrutura terciária semelhante às citocinas, produzido pelos adipócitos (PROLO et al, 1998), este também estimula a secreção de IGF-I, estimula a lipólise, aumentando a sensibilidade à insulina e a disponibilidade de glicose muscular (UNGER, 2003).

Sua expressão é aumentada quando há aumento da insulina durante a alimentação, portanto baixas concentrações estimulam o consumo de alimentos e o armazenamento de energia para que o metabolismo consiga suprir suas necessidades em períodos de baixa oferta nutricional (PORTOCARRERO, 1998).

Esta molécula aumenta a responsividade do hipotálamo, hipófise e gônadas, este aumento promove maior produção de estradiol, promovendo melhor proliferação e diferenciação das células da teca e da granulosa (ALMEIDA et al, 2013).

A leptina não tem efeito direto sobre as concentrações de IGF-I, mas aumentam a concentração de insulina e esta possui impacto direto na secreção de IGF-I (ZIEBA et al, 2003). O elevado consumo de energia aumenta a expressão de RNAm para o receptor de GH (GHR 1A) no fígado. Maiores quantidades de GHR 1A, melhora a capacidade do fígado de responder ao GH (RADCLIFF et al., 2004). A expressão de GHR 1A no fígado é dependente de insulina (BUTLER et al., 2003), o que justifica que dietas com elevado aporte energético favoreçam o sistema somatotrófico. Além disso, a insulina estimula a proteólise das IGFBPs ligadas ao IGF-I, aumentando assim a concentração da fração livre deste, ficando biodisponível para atuar sobre os seus receptores (SPICER et al., 2000; LUCY, 2011).

A insulina e o IGF-I são hormônios dependentes do nível de energia na puberdade e podem atuar direta ou indiretamente por meio da captação de glicose pelo ovário, modulando assim a atividade reprodutiva (BARCELLOS et al., 2014). A insulina é um dos principais hormônios metabólicos, com efeitos diretos na divisão celular e produção da progesterona, tendo papel fundamental na reprodução, manutenção da glicemia e secreção de IGF-I. Por fim a glicose se correlaciona positivamente com ambos, IGF-I e insulina (TRINDADE JUNIOR et al, 2015).

Há um sinergismo entre a insulina e o IGF-I no início do crescimento folicular, influenciando assim o desenvolvimento folicular ao início da puberdade. A relação entre a concentração plasmática de IGF-I e a modulação da atividade ovariana, é dada pela estimulação dos receptores de LH e FSH e, posterior desenvolvimento folicular (BARCELLOS et al., 2014).

2.6 Nutrição da bovinocultura de corte brasileira

É importante salientar que o surgimento da puberdade em novilhas Nelore tem origem multifatorial, onde a nutrição, a genética, o peso vivo, o escore do trato reprodutivo e o manejo geral do rebanho estão intimamente relacionados à idade a puberdade e ao primeiro parto (SILVA et al, 2018). Para que a primeira cria ocorra aos dois anos de idade é necessário instituir uma combinação que envolva a alimentação de boa qualidade em todas as fases desde o nascimento, peso ideal e crescimento adequado, de modo que a fêmea possa direcionar a energia para a puberdade e reprodução (SILVA et al, 2018).

Cerca de 90% da carne bovina no Brasil é produzida em sistemas de alimentação baseada exclusivamente em pastagens, portanto as pastagens tem sido a principal fonte de alimento para os bovinos nos sistemas nacionais (JUNG et al, 2009). A melhoria do plano nutricional do rebanho de cria pode elevar sensivelmente os índices zootécnicos, com taxas de natalidade da ordem de 80%, o aumento da taxa de natalidade para 70%-80% pode gerar um incremento da margem bruta entre 35% e 60% dependendo da fase de comercialização dos animais e da taxa de natalidade alcançada (JUNG et al, 2009).

A escassez de forragens na seca e a degradação de pastagens são os principais obstáculos relacionados à nutrição, adentrando em outro motivo de importância para o aparecimento tardio da puberdade nos rebanhos zebuínos no Brasil: a estacionalidade caracterizada pela sazonalidade da produção de forragens, onde temos alta oferta de forragem no período das águas e muito baixa oferta de forragem na seca, associada à ausência de suplementação alimentar na primeira estação seca após o desmame, quando a fêmea ainda está em crescimento (MOUSQUER et al, 2014).

Durante o período pós-natal, mecanismos endócrinos garantem que a bezerra não ative o sistema reprodutivo até que possua um desenvolvimento somático compatível com a reprodução, próximo de 65-70% do peso adulto

(MOUSQUER et al, 2014). Ao atingir essa faixa de peso, ocorre uma sinalização do metabolismo energético do animal, que informa que o gasto energético com o crescimento e desenvolvimento estão diminuindo, tornando permissiva a utilização de energia pelos mecanismos relacionados à reprodução (SEMMELMANN et al, 2001). Paulatinamente, ocorre uma substituição da ação dos hormônios de crescimento pelos sexuais (SOUSA et al, 2018).

O modelo chamado de “porcentagem mínima de gordura” foi proposta, esta dizia que deveria haver uma quantidade mínima de gordura corporal para a ocorrência da puberdade em mamíferos (FRISCH; MCARTHUR, 1974). Entretanto, estudos realizados com ratos (BRONSON, 1987) e com novilhas (BROOKS et al, 1985) demonstraram que a puberdade não está relacionada com uma porcentagem constante de gordura corporal, desta forma é improvável que o tecido adiposo, por si só, seja o elo entre o status nutricional e secreção de LH.

É de maior probabilidade que numerosos mecanismos estejam envolvidos na secreção de LH e que alterações metabólicas decorrentes das flutuações nutricionais, com consequente alteração na gordura corporal tenham papel importante no controle da liberação pulsátil de LH (SCHILLO et al., 1992).

Como elucidado acima, inúmeros pesquisadores já demonstraram que a relação entre a nutrição e o LH pode ocorrer através de sinais sanguíneos específicos, não somente pela quantidade de tecido adiposo, mas também pelos metabólitos e hormônios metabólicos (VAICIUNAS et al, 2008; LEBRETHON et al, 2000; COSTA; DUARTE, 2006; TRINDADE JR et al., 2015).

Independentemente do porquê, é possível afirmar, com certeza, que a alimentação possui importante papel na reprodução, já que em um animal predomina primeiro o instinto de sobrevivência e somente depois de atendidas estas condições é que são deflagrados os processos fisiológicos envolvidos na

reprodução, tais como síntese de hormônios sexuais, produção de gametas e comportamento sexual (ROSA et al, 2017).

2.7 Biotipo e programas de melhoramento com puberdade

Na raça Nelore existe grande variabilidade de tipos morfológicos, os quais apresentam curvas de crescimento diferentes (KOURY FILHO, 2005), sendo possível observar animais grandes e tardios, que não estão de acordo com o sistema de criação a pasto, mais frequentemente empregado no país, provocando desequilíbrio entre as exigências de manutenção e a disponibilidade de matéria seca (JORGE Jr et al., 2001). A tendência atual é identificar biotipos mais equilibrados, que atendam as exigências do mercado e do sistema de produção (JORGE Jr et al., 2001; KOURY FILHO, 2005).

É clara a necessidade de identificação de mais fatores determinantes da eficiência reprodutiva de matrizes que compõe o rebanho, gerando informações que possam ser utilizadas por maior número de produtores, de forma a melhorar a seleção e o manejo, contribuindo para tornar a pecuária uma atividade cada vez mais rentável. Um controle reprodutivo, bem como o levantamento de fatores determinantes da fertilidade geral do rebanho, utilizando a idade, o peso corporal, a época de parição, escore de condição corporal, condição uterina e ovariana pode ser utilizado para estimar as chances de as fêmeas engravidarem (MOUSQUER et al, 2014).

O controle reprodutivo começa pela escrituração zootécnica baseada num eficiente sistema de identificação individual dos animais do plantel. O monitoramento da eficiência reprodutiva é realizado pelo acompanhamento do rebanho, pelo exame reprodutivo conduzido por médico veterinário e pela escrituração dos eventos reprodutivos e produtivos. Esses dados geram índices que propiciarão um diagnóstico dos pontos de estrangulamento passíveis de comprometer a produtividade do rebanho. A partir disso, é possível estabelecer estratégias e intervenções para aumentar a eficiência reprodutiva (BERGAMASCHI et al, 2010).

A melhoria da eficiência reprodutiva e o aumento nos índices de precocidade sexual podem ser obtidos pela identificação e pela multiplicação dos melhores genótipos dentro do rebanho, bem como, o oferecimento de condições ambientais que permitam a expressão desse potencial genético (BRUNES et al, 2018). A seleção nada mais é do que a escolha dos animais que serão pais da próxima geração e, para a identificação desses animais, é necessário determinar o seu mérito genético (BOCCHI, 2003).

A meta de programas de melhoramento genético é mudar as frequências alélicas nas populações para aumentar a produtividade dos rebanhos. Para tanto, faz-se necessário o conhecimento de parâmetros genéticos envolvidos na avaliação genética dos animais e, conseqüentemente, na seleção. O coeficiente de herdabilidade de uma característica em uma população é o parâmetro genético de maior importância para a determinação da estratégia a ser utilizada em seu melhoramento, porque mede a capacidade de transmissão desse caráter à sua progênie (SIQUEIRA et al, 2013).

Os valores de herdabilidade podem variar de 0,0 a 1,0 ou de 0 a 100%. Quando a herdabilidade de uma característica é baixa (0,0 a 0,1) significa que grande parte da variação da característica é devido às diferenças ambientais entre os indivíduos, e a seleção não será efetiva; quando alta (acima de 0,3), significa que diferenças genéticas entre os indivíduos são responsáveis, em grande parte, pela variação da característica, quando apresenta valores entre 0,1 e 0,3, é considerada apenas moderada (PEREIRA, 1999).

Resultados encontrados para a raça Nelore têm demonstrado altos coeficientes de herdabilidade que variam de 0,57 (ELER et al, 2002) a 0,73 (SILVA et al, 2003) para prenhez aos 14 meses e 0,52 para prenhez aos 16 meses (DIAS et al, 2004). Esse alto coeficiente de herdabilidade para prenhez aos 14 meses de idade sugere um grande potencial de seleção para esta característica nessa raça (SOUSA et al., 2018).

Quando se utilizam simultaneamente várias características para construir índices de seleção, as correlações são importantes para decidir quais características serão incluídas e que peso relativo será dado a cada uma delas

(CARDELLINO; ROVIRA, 1983). Por exemplo, apesar da seleção para perímetro escrotal (PE) não trazer benefício econômico direto, este é geneticamente correlacionado com várias características reprodutivas de machos e fêmeas e com características ponderais (BERGMANN, 1993). Assim, sua inclusão tem sido recomendada nos programas de melhoramento genético para eficiência reprodutiva em bovinos de corte (SIQUEIRA et al, 2013). Outro exemplo é, que 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 (BRUNES et al, 2018).

O objetivo básico no desenvolvimento de fêmeas de reposição é prover a quantidade de ganho adequado ao menor custo possível, levando-se em conta o peso alvo para o acasalamento, idade, biotipo e características auxiliares na identificação de fêmeas mais precoces à puberdade, sistemas de alimentação e/ou suplementação nos períodos de escassez (SEMMELMANN et al., 2001). A identificação de fêmeas da raça Nelore que concebam em idades mais jovens é uma das prioridades de alguns programas de seleção e melhoramento da raça Nelore que visam a redução da idade ao primeiro acasalamento (SEMMELMANN et al., 2001; SIQUEIRA et al., 2013).

O conhecimento dos biotipos dos rebanhos brasileiros deve se traduzir em valores genéticos, de maneira que quando bem aplicados, permitam gerar expressiva melhoria dos resultados econômico-financeiros. Entretanto, a seleção somente por pesos e ganhos em pesos a determinadas idades têm se mostrado insuficiente para atingir estes objetivos (COSTA et al, 2008), já que como elucidado anteriormente, a quantidade de tecido adiposo não é o único fator determinante para a garantia da puberdade precoce (STEINER et al, 1983).

Entretanto a estrutura corporal tem sido muito utilizada com sucesso para monitorar o peso dos animais, seu nível de gordura e taxa de maturidade, com vista a manter o gado dentro dos padrões de mercado, otimizar o uso de recursos, a seleção de reprodutores (as) e o melhoramento genético. Animais

de frame size pequeno (biotipo precoce) atingem a sua maturidade fisiológica com menor peso e com nível maior de gordura na carcaça quando comparados com animais de frame size maiores (biotipo tardio) (MOTA et al, 2014).

Características morfológicas permitem uma leitura crítica dos tipos biológicos que variam de ultraprecoces a extremamente tardios, lembrando que extremos não são desejados, o que se busca são animais equilibrados com o ambiente em que estão sendo criados, em consonância com o mercado consumidor, que cumpram seu objetivo eficientemente e em menor quantidade possível de tempo. Assim, torna-se evidente que não existe um biotipo mais eficiente para todos os sistemas de produção, mas tipos morfológicos mais eficientes para diferentes ambientes (DE MELO; MOURA, 2013). Por isto, ferramentas como a avaliação de escores visuais de CPM como ferramenta de seleção de animais que não somente ganhem mais peso, mas sim que distribuam melhor o peso ganho na sua carcaça, permite obter rebanhos com biotipos mais adequados ao sistema de produção nacional (KOURY FILHO, 2005).

2.8 CPM: Conformação, Precocidade e Musculatura

Para seleção genética outra medida utilizada é a avaliação visual. Desde a década de 70 (FRIES, 2004), com a implementação do sistema de avaliação Ankony (LONG, 1973). Este sistema é uma boa forma de identificar animais de melhor conformação produtiva, se baseia na pontuação de algumas características medidas visualmente, sendo 1 a nota mínima e 10 a máxima e a maioria dos métodos utilizados atualmente são uma modificação do mesmo (KOURY FILHO, 2005).

O método CPMU foi desenvolvido pela empresa GenSys e, partir da década de 1990, tem gerado informações que são utilizadas em programas de melhoramento no Brasil (FARIA et al., 2007). Os índices usualmente avaliados são Conformação (C), Precocidade (P) e Musculatura (M), compondo uma descrição física e produtiva do animal, auxiliando na seleção das

características desejadas pela indústria (ROCHA, 1999) e estabelecendo um programa de seleção que deixa explícito as características que podem ser melhoradas no rebanho (DIBIASI, 2006).

A idade da vaca ao parto é um dos fatores considerados na Conformação (JORGE Jr, 2001), sabe-se que o ponto de estrangulamento na eficiência das fêmeas se dá pelo mesmo fator (NOGUEIRA, 2013), demonstrando a importância dos escores visuais. Estimativas de herdabilidade para estes parâmetros foram delineados, tendo resultados de 0,11 a 0,13 para C, 0,09 a 0,11 para P e de 0,16 a 0,18 para M em animais Nelore (KOURY FILHO, 2001). Segundo as estimativas de herdabilidade encontradas na literatura para o sistema de CPM aplicados a bovinos Nelore há uma considerável relevância em aplica-lo para a seleção das características lucrativas para o mercado Nacional (MELIS et al, 2003).

Embora a adoção de escores visuais sejam uma boa alternativa para critério de seleção e melhoramento genético, existem poucos trabalhos com metodologias bem definidas. Na raça Nelore há uma enorme variabilidade de biotipos, é necessário selecionar os mais adaptados aos sistemas de produção adotados, mantendo a eficiência produtiva (CYRILLO et al, 2001).

3 HIPÓTESE

Novilhas da raça Nelore com melhores notas de avaliação de CPM. apresentam maiores concentrações séricas de IGF-I e insulina, maior deposição de gordura subcutânea na garupa e maior ganho de peso na desmama e no sobreano, assim como menor idade a primeira prenhez.

4 OBJETIVOS

Comparar notas de avaliação visual de CPM com as concentrações séricas de IGF-I e insulina, deposição de gordura subcutânea na garupa, ganho de peso na desmama e no sobreano, assim como idade a primeira prenhez e desempenho na primeira estação de monta de novilhas da raça Nelore.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” da Faculdade de Odontologia, Campus de Araçatuba, sob o número de protocolo FOA-00675-2017.

5.1 Local do experimento e animais

O experimento foi realizado na fazenda Dois Irmãos, propriedade da P@RM Agropecuária, localizada no município de Bataguassu, Mato Grosso do Sul, Brasil, 21° 50'31'' de latitude sul, 52°28'47'' de longitude oeste e 329 metros de altitude. As atividades foram realizadas entre maio de 2017 e abril de 2018.

Para o experimento foram utilizadas 241 novilhas da raça Nelore provenientes de rebanho participante de programa de melhoramento genético (DELTAGEN), chancelado pela expedição de Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP). Os animais foram mantidos durante a totalidade do período experimental em um único lote, com acesso a pastagem de *Brachiaria decumbens*, suplemento proteico/energético (BELLMAN Lambisk S®; 4g/kg/dia) e água *ad libitum*.

5.2 Tratamento

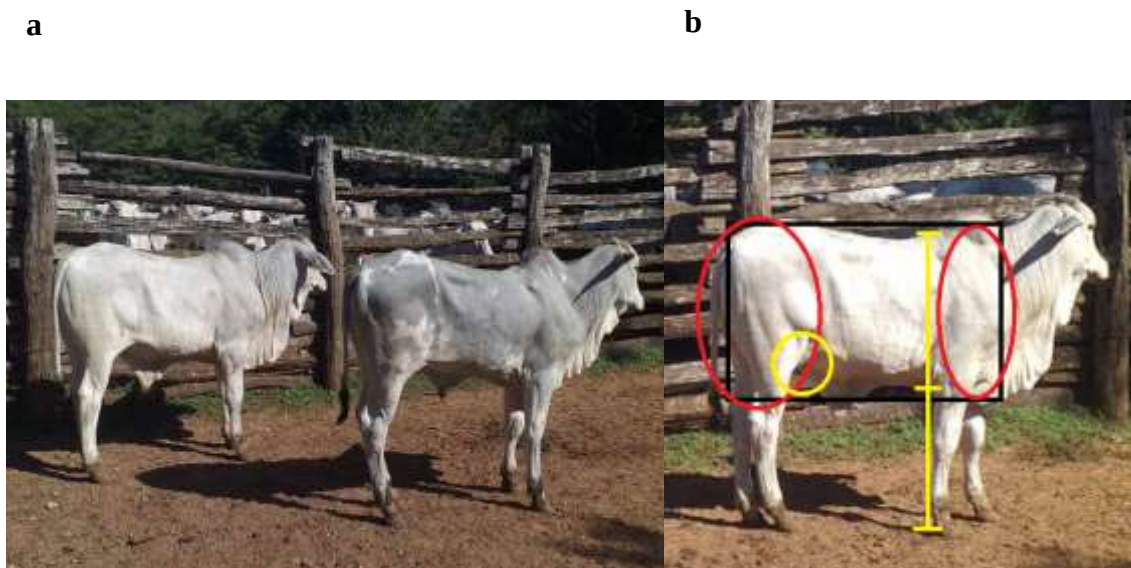
5.2.1 Avaliação visual de Conformação, Precocidade e Musculatura

Foram realizadas avaliações de escores visuais para características corporais de CPM, com o objetivo de descrever e identificar a distribuição dos diferentes tecidos da carcaça no peso do animal (FRIES, 1996). As mesmas foram feitas no momento da desmama (182,60±17,32kg; 217±18 dias de idade)

e no sobreano, garantindo ganho mínimo individual de 50kg de peso corporal ($272,00 \pm 26,55$ kg; 440 ± 32 dias de idade) entre as duas avaliações. Para isto foram designadas a cada característica de maneira individual, escores conceituais relativos ao grupo de manejo em escala de 1 a 5, em que 5 é a melhor expressão da característica e 1 a pior (JORGE Jr et al., 2001).

A avaliação foi realizada por três avaliadores experientes, obtendo-se como nota final para cada característica a média das notas proferidas por estes. Primeiro foram estabelecidos dentro do lote o animal 3 (média do grupo contemporâneo) e os extremos 1 e 5 (Figura 2a) para cada um das características avaliadas. A seguir, cada animal foi avaliado individualmente e os escores são atribuídos em relação ao grupo do qual o mesmo faz parte (Figura 2b).

FIGURA 2 – a. Animais com notas de CPM 5 (esq.) e 1 (dir.); b. Pontos anatômicos e referencias corporais para avaliação de características de C (preto) P (amarelo) e M (vermelho) em bovinos.



Fonte: Arquivo pessoal

As características conformação, precocidade e musculatura são descritas como (JORGE Jr et al., 2001):

- Conformação, é avaliada através da classificação do animal, em termos de capacidade de produção de carne, se abatido naquele momento, considerando-se a combinação da quantidade de carne na carcaça e a presença de massas musculares.
- Precocidade, são observadas as formas das massas musculares, pontuando-se os animais conforme a expectativa de se chegar a um acabamento mínimo de carcaça com peso vivo não elevado. Os animais com boa precocidade de terminação são aqueles que apresentam boa abertura torácica, boa profundidade de costelas, boas massas musculares e virilha pesada e em início de deposição de gordura, aliada a um bom desenvolvimento corporal. Animais altos, esguios e extremamente magros tendem a ser mais tardios.
- Musculosidade, avalia-se o desenvolvimento de massa muscular como um todo, principalmente nos quartos traseiros, garupa, lombo, paleta e antebraço.

5.2.2 Ganho diário de peso e espessura de gordura subcutânea

Foi mensurado o peso corporal de todos os animais tanto no dia do nascimento como nas avaliações de CPM. Prévio às pesagens na desmama e no sobreano, as novilhas foram submetidas a jejum hídrico-alimentar de 12 horas. Foi utilizada balança eletrônica (Coimma KM-3) com posterior cálculo do ganho diário de peso (GDP) dentro de cada período.

No dia de avaliação de sobreano, foi mensurada a EGSG, utilizando aparelho de ultrassom GE Logic-100 (5,0 MHz) e óleo vegetal como interface entre a pele e o transdutor. Para a realização da medição, o transdutor foi posicionado linearmente entre o ílio e o ísquio sendo deslocado até o limite superior do *Biceps femoris* (Figura 3).

FIGURA 3 – Local anatômico e imagem de ultrassom para medição da espessura da gordura subcutânea na garupa em novilhas Nelore.



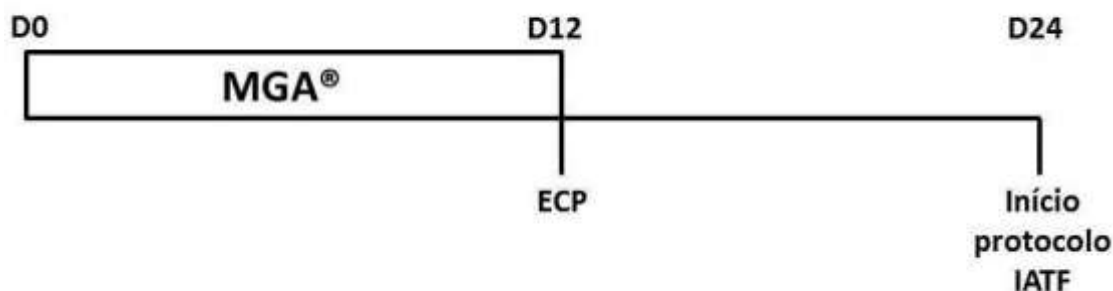
Fonte: Arquivo pessoal

5.2.3 Indução de puberdade e estação de monta

Foi realizada indução de puberdade em todas as novilhas, iniciando o protocolo no dia seguinte à avaliação de CPM. de sobreano (Figura 4). Foram fornecidas durante 12 dias via oral (VO) 0,5mg de acetato de melengestrol (2,28g MGA premix[®], Zoetis, Brasil), misturado no suplemento proteico/energetico. No dia 12 foi aplicado via intramuscular (IM) 0,6mg de cipionato de estradiol (0,3mL ECP[®], Zoetis, Brasil). 12 dias depois do protocolo de indução foi iniciado o protocolo de inseminação artificial a tempo fixo (IATF), dando começo a EM que teve duração total de 112 dias, entre novembro de 2017 e fevereiro de 2018.

FIGURA 4 – Esquema de protocolo de indução de puberdade utilizado em novilhas Nelore.

(MGA: Acetato de melengestrol; ECP: Cipionato de estradiol).



Fonte: Elaborado pelo autor

Todas as novilhas foram submetidas a protocolo de IATF (Figura 5): No dia 0 foi inserido um dispositivo intravaginal de liberação lenta de progesterona de terceiro uso (1,9 g; CIDR[®], Zoetis, Brasil) junto aplicação de 2 mg, via IM de benzoato de estradiol (2 mL Gonadiol[®], Zoetis, Brasil). No dia 7 foi aplicado 12,5 mg via IM de Dinoprost (2,5 mL Lutalyse[®], Zoetis, Brasil). No dia 9 o CIDR foi retirado, concomitante a isto houve aplicação via IM de 0,6 mg de cipionato de estradiol (0,3 mL ECP[®], Zoetis, Brasil). A IATF foi realizada por técnico experiente 48 horas após a retirada do implante utilizando sêmen de seis touros, após comprovação da fertilidade dos mesmos. Os touros foram distribuídos em função de acasalamento por complementaridade de características funcionais, baseado no resultado do programa de acasalamento dirigido da DELTAGEN.

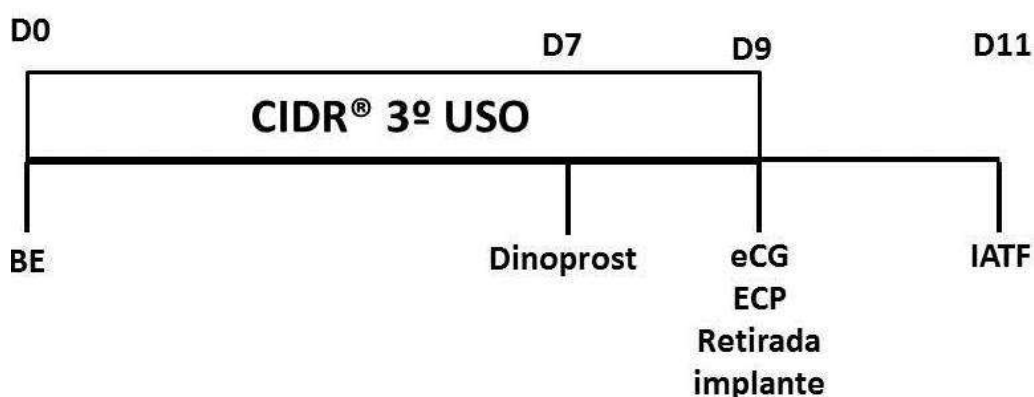
Após 30 dias, foi realizado diagnóstico de prenhez por ultrassom utilizando aparelho de ultrassom GE Logic-100 (5,0 MHz) e foi feito um segundo protocolo de IATF nas novilhas que não estavam prenhez.

Dez dias após a segunda IATF todas as novilhas foram expostas a touro durante 60 dias (1:15 touro por novilhas) para repasse. Os touros utilizados neste experimento foram avaliados e aprovados por exame andrológico 15 dias antes do início da estação de monta (CBRA, 1998). No final da estação de monta foi realizado outro diagnóstico de prenhez e estabelecidas

as datas de concepção. A idade de prenhez e resultado de cada IATF e/ou repasse foi calculada pela data de parto dos animais.

FIGURA 5 – Esquema de protocolo de IATF utilizado em novilhas Nelore.

(IATF: Inseminação artificial a tempo fixo; BE: Benzoato de estradiol; eCG: Gonadotrofina corionica equina; ECP: Cipionato de estradiol).



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Coleta de sangue e ensaios hormonais

No momento da avaliação visual de CPM, no sobreano das novilhas, foram coletadas amostras de sangue para dosagem das concentrações de IGF-I e insulina, utilizando tubo a vácuo de 10 mL sem anticoagulante, as quais foram refrigeradas a 4°C até a separação do soro em centrifuga refrigerada por 10 minutos a 3500rpm (2665g) e 4°C (Cientec Modelo CT-5000R). Posteriormente as frações do soro foram aliquotadas em duplicata em tubos de 2mL (Axigen Scientific MCT-200B) e armazenadas em freezer a -20°C até as quantificações hormonais.

A concentração de IGF-I foi obtida utilizando ensaio *in house* de ELISA com o sistema de amplificação biotina-estreptavidina peroxidase em um ensaio competitivo (MAIOLI e NOGUEIRA, 2017). Os controles alto (CA; 446,05ng/mL)

e baixo (CB; 157,20ng/mL) foram dosados em quadruplicata, dois no início e dois no final do ensaio. Média do coeficiente de variação inter (CA: 12,06% CB: 13,86%), intraensaio (CA: 6,56% CB: 8,14%), limite de detecção (5,57ng/mL) e limite de quantificação (16,87ng/mL).

A Insulina foi quantificada por ELISA utilizando o sistema de amplificação biotina-estreptavidina peroxidase em um ensaio competitivo. Foram adicionados 100 µL/poço do antisoro anti-b-Insulina produzido em Guinea Pig (*Cavia porcellus*) na diluição 1:350.000, seguido por uma incubação de 24 horas a 4°C. Após a ligação do anticorpo específico ao anticorpo de captura, foram realizadas duas lavagens com Tween 80 0,05% e adicionados 100 µL dos padrões e amostras e a microplaca foi incubada novamente, sob agitação constante, por 24 horas a 4°C.

Ao término da incubação, o conteúdo dos poços não foi removido e não foram realizadas lavagens, e adicionou-se 100 µL/poço da Insulina bovina biotinilada (0,2 ng/poço), e placa foi mantida a 4°C por 24 horas sob agitação constante. Posteriormente foram realizadas duas lavagens com Tween 80 0,05%, sendo adicionados 2,5 mU de peroxidase/100 µL/poço (Streptavidin-POD conjugate 500 U/mL, Roche) e incubadas por 30 minutos à 40C.

As microplacas foram lavadas novamente com Tween 80 0,05%, e então foram adicionados 100 µL/poço de substrato composto por 2 mM 3,3',5,5'-Tetrametilbenzidina (TMB), 100 mM de ácido cítrico, 10,63 mM de peróxido de ureia, 126,8 mM de Na₂HPO₄ e 4% de DMSO.

As microplacas foram mantidas em estufa a 37°C, protegidas da luz, por 40 minutos e a reação de oxidação do substrato foi interrompida pela adição de 30 µL/poço de ácido sulfúrico 2M. A determinação da densidade óptica foi imediatamente realizada, em leitora de microplacas (Sunrise, Tecan, cod. 16039400), utilizando o comprimento de onda de 450 nm.

Para o cálculo das doses, as concentrações dos padrões foram convertidas em log de base 10 (eixo x), e as densidades ópticas, após o cálculo de porcentagem da ligação máxima (% B/B₀) foram convertidos com a função logit. A determinação das concentrações plasmáticas de insulina foi realizada

pela interpolação com a curva padrão, utilizando regressão linear. Os resultados são expressos em micro-unidades internacionais por mL ($\mu\text{UI/mL}$).

Os CA ($121,75 \mu\text{UI/mL}$) e CB ($26,02 \mu\text{UI/mL}$) foram dosados em quadruplicata, dois no início e dois no final do ensaio. Média do coeficiente de variação inter (CA: 13,92% CB: 15,09%), intraensaio (CA: 7,11% CB: 7,60%), limite de detecção ($1,57 \mu\text{UI/mL}$) e limite de quantificação ($4,76 \mu\text{UI/mL}$).

5.4 Análise estatística

Previamente às avaliações estatísticas principais, algumas variáveis foram corrigidas para a minimização de fatores confundidores. Mais especificamente, a influência do touro doador de sêmen sobre a idade à prenhez foi avaliada por meio de Análise de Variância (ANOVA). Nas mensurações de peso à desmama e peso ao sobreano, os animais foram avaliados em datas diferentes de acordo com seus respectivos grupos de contemporâneos. Desta forma, a idade à mensuração foi utilizada como covariável em modelos de regressão linear simples. Na eventualidade do efeito fixo de touro ou a idade à mensuração possuir influência significativa ($p < 0,05$) sobre a variável analisada, as medidas foram corrigidas através da tomada de valores residuais.

Com o intuito de identificar quais variáveis analisadas contribuíram significativamente para a idade à prenhez das novilhas, utilizamos modelos de regressão linear simples individuais onde a idade em dias foi ajustada como variável resposta e apenas uma das variáveis candidatas foi incluída como preditor no modelo. Para cada modelo, os resultados foram sumarizados em termos de $-\log_{10}(p)$ para o teste de Wald para a hipótese $b = 0$, onde b é o coeficiente angular da regressão, bem como em termos de coeficiente de determinação (R^2). As variáveis foram então classificadas como não significantes ($p > 0,05$), nominalmente significantes ($p < 0,05$) ou significantes de

acordo com o critério de Bonferroni ($p < 0,05/K$, onde K é o número de variáveis testadas).

Todos os preditores foram utilizados para a construção de uma matriz de correlações. A métrica de correlação adotada foi o coeficiente de produto-momento de Pearson. Uma vez computadas, as correlações foram utilizadas para a realização de agrupamento hierárquico das variáveis por meio de distâncias Euclidianas. O agrupamento foi representado por meio de mapa de calor e teve o objetivo de revelar subconjuntos de preditores que, apesar de individualmente significativos, contribuem com a mesma fonte de informação. A partir deste mapa, isolamos apenas um preditor por subconjunto, com o propósito de evitar colinearidade e saturação do modelo estatístico ajustado a seguir. Adicionalmente, quantificamos o grau de colinearidade entre os preditores através do cálculo do fator de inflação de variância, cuja raiz quadrada representa a magnitude da inflação do erro padrão da estimativa quando o modelo de regressão contempla todas os preditores correlacionados.

Após filtragem de preditores candidatos, o seguinte modelo de regressão múltipla foi ajustado à idade à prenhez:

$$\mathbf{y} = \mathbf{1}_n \mu + \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{e}$$

no qual $\mathbf{y}$ é o vetor $n \times 1$ contendo as n observações de idade à prenhez em dias, $\mathbf{1}_n$ é um vetor $n \times 1$ onde todos os elementos são iguais a 1, μ é o intercepto do modelo (i.e., média geral), $\mathbf{b}$ é o vetor $k \times 1$ de efeitos não observados dos k preditores candidatos, $\mathbf{X}$ é a matriz $n \times k$ conectando as observações em $\mathbf{y}$ aos efeitos em $\mathbf{b}$, e $\mathbf{e}$ é o vetor $n \times 1$ contendo os valores residuais não observados. O sistema de equações para estimativa dos efeitos em $\mathbf{b}$ foi solucionado pelo método dos mínimos quadrados. A significância dos efeitos foi testada por meio do teste de Wald, e a proporção da variância em $\mathbf{y}$ explicada pelos preditores foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2).

A eficiência na estação de monta foi atribuída à idade da prenhez categorizada em função do momento em que ela ocorreu criando grupos de prenhez (<16 meses, entre 16 e 18 meses, > 18 meses e falhadas). Para as análises realizadas em função do grupo de prenhez foram utilizados teste t não pareado par a par. Foi realizado teste de associação de Qui quadrado de Pearson utilizando a frequência de notas de CPM em cada categoria de prenhez. Para as análises estatísticas empregou-se o software estatístico R v 3.4.4 (R CORE TEAM, 2018) e o Prism v 3.03 (GraphPad Software Inc., 2002).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 241 novilhas, 199 (83%) foram diagnosticadas como prenhas ao final da estação de monta total (aos 514 ± 38 dias de idade), 66 (33%) destas antes de completarem 16 meses consideradas precoces, enquanto que 42 animais ficaram vazias.

O principal objetivo no desenvolvimento de fêmeas de reposição é prover a quantidade de ganho adequado ao menor custo possível, levando-se em conta o peso alvo para o acasalamento, idade, biotipo e características auxiliares na identificação de fêmeas mais precoces à puberdade. A identificação de fêmeas da raça Nelore que concebam em idades mais jovens é uma das prioridades de alguns programas de seleção e melhoramento da raça Nelore que visam à redução da idade ao primeiro acasalamento (SEMMELMANN et al., 2001).

Variáveis como conformação à desmama (CD), peso à desmama (PeD), ganho diário de peso do nascimento à desmama (GD), precocidade ao sobreano (PS), musculatura ao sobreano (MS), ganho diário de peso da desmama ao sobreano (GS), ganho diário de peso do nascimento ao sobreano (GT) e concentração sérica de IGF-I apresentaram-se como importantes preditores da idade à prenhez na primeira estação de monta de novilhas Nelore ($p < 0,05$). Enquanto as variáveis: data de nascimento, precocidade à desmama (PD), musculatura à desmama (MD), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGSG) e concentração sérica de insulina não influenciaram a idade à prenhez na primeira estação de monta de novilhas Nelore ($p > 0,05$; Figuras 6a e 1 6b).

As herdabilidades diretas para os escores visuais mensurados à desmama são inferiores às obtidas ao sobreano. Em geral, a resposta à seleção para as avaliações visuais ao sobreano tendem a serem superiores (BOLIGON e ALBUQUERQUE, 2010). Estes resultados estão em concordância com as

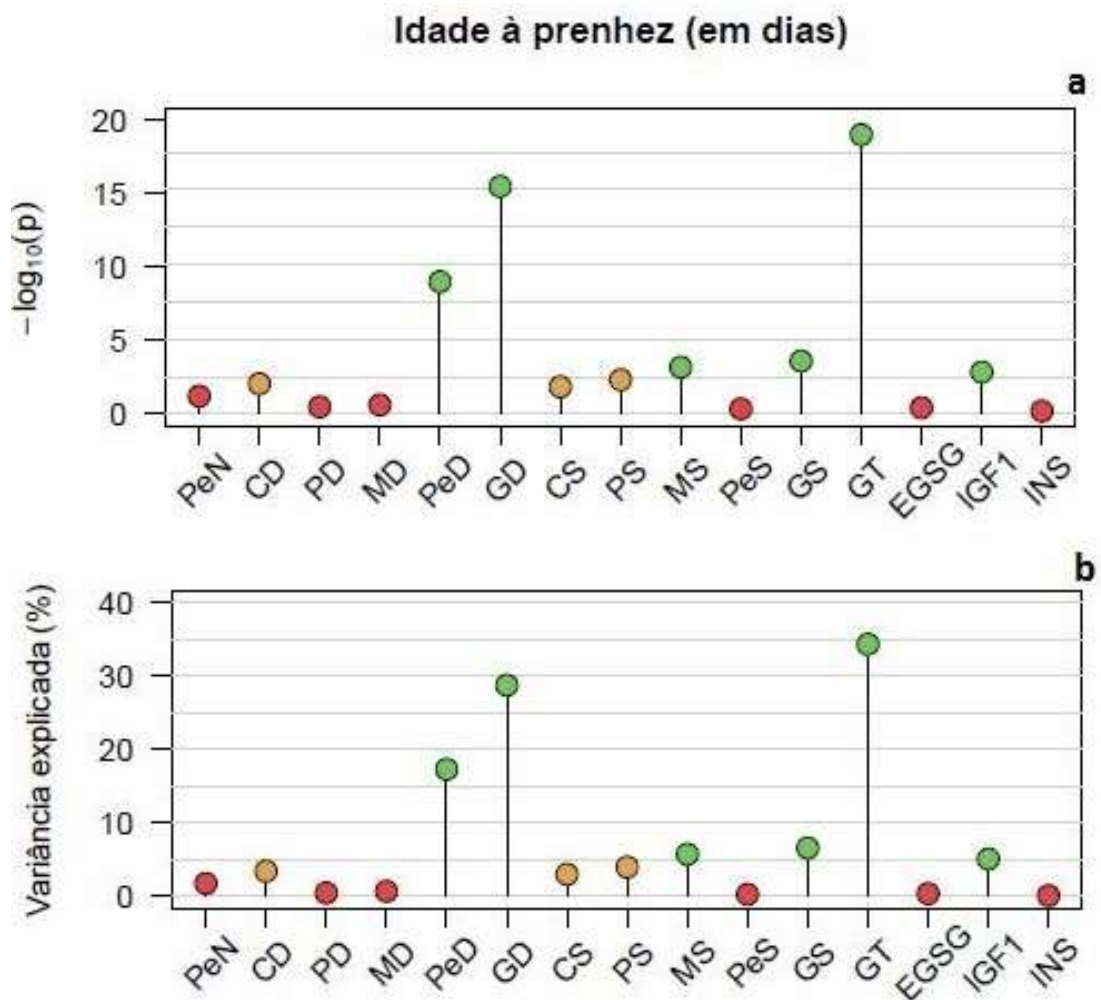
FIGURA 6 - Modelos de regressão linear simples onde a idade em dias foi ajustada como variável resposta. **(a)**, Testes de hipótese para o coeficiente angular de regressão (b) de variáveis preditoras sobre a idade à primeira prenhez de novilhas Nelore. **(b)**, Coeficiente de determinação (R^2) das variáveis sobre a idade à primeira prenhez de novilhas Nelore.

Caraterísticas em vermelho não foram significativas estatisticamente ($p > 0,05$).

Caraterísticas em laranja foram nominalmente significantes ($p < 0,05$);

Caraterísticas em verde foram significantes de acordo com o critério de Bonferroni ($p < 0,05/K$).

PeN: peso ao nascimento; CD: conformação na desmama; PD: precocidade na desmama; MD: musculatura a desmama; PeD: peso na desmama; GD: ganho de peso diário até a desmama; CS: conformação ao sobreano; PS: precocidade no sobreano; MS: musculatura no sobreano; PeS: peso no sobreano; GS: ganho diário de peso da desmama ao sobreano; GT: ganho diário de peso do nascimento até o sobreano; EGSG: espessura de gordura subcutânea no sobreano; IGF-1: concentração sérica de IGF-I no sobreano; INS: concentração sérica de insulina no sobreano.



Fonte: Elaborado pelo autor

observações deste experimento, onde as características de PD e MD não foram relacionadas com a idade à primeira prenhez. O peso vivo e a idade ao início da estação do acasalamento são importantes para o sucesso na prenhez de novilhas, especialmente para que o parto ocorra aos dois anos e meio (SEMMELMANN et al., 2001). As avaliações de CD, PD, MD e PeD possuíram correlação positiva com o GD ($r=0,61$; $0,38$; $0,43$ e $0,93$; $p<0,05$). Situação semelhante foi observada com CS, PS, MS e PeS com o GS ($r=0,46$; $0,50$; $0,41$; $0,70$; $p<0,05$). Foi possível observar correlações positivas ($r=0,73$; $0,66$; $p<0,05$) do GD e GS com o GT. Há relatos de correlações positivas, de média a alta magnitude, entre as características avaliadas por escores com as características de desempenho ponderal indicando que a seleção para conformação, precocidade e musculatura promovem também aumento nos pesos, tanto à desmama como ao sobreano, facilitando assim a adoção de índices de seleção (KOURY FILHO, 2005).

A diminuição da idade de novilhas na primeira estação de monta, muitas vezes é inviável economicamente pois pressupõe uma melhoria na fase de recria das bezerras gerando aumento dos custos com a suplementação e elevada perda de bezerros pelo aumento de partos distócicos (GOTTSCHELL et al., 2008). A redução da idade à primeira estação de monta em novilhas de corte é um objetivo de sistemas de produção mais produtivos e deve ser procurado em condições bioeconômicas adequadas (ROSA, 2010).

Nossos dados sugerem que o ganho de peso tanto na fase de amamentação, como de recria, definem de maneira contundente o sucesso de novilhas Nelore na primeira estação de monta. Relatos com conclusões semelhantes podem ser achados na literatura, onde se afirma que a idade à puberdade é influenciada pelo ganho de peso após a desmama (COOKE et al. 2008; BARCELLOS et al., 2014), afetando positivamente o desenvolvimento folicular (BARCELLOS et al., 2014), que consequentemente melhora o desempenho reprodutivo das novilhas na sua primeira estação de monta (COOKE et al., 2008).

Diversas publicações com evidências semelhantes aos do atual experimento podem ser achados na literatura: A seleção de fêmeas para peso corporal elevado aos 365 e 450 dias tem correlação com a menor idade ao primeiro parto (0,38 e 0,33 respectivamente; GROSSI et al., 2009). O ganho de peso diário afeta de maneira significativa a ciclicidade e desenvolvimento folicular de novilhas em crescimento. Ganhos de 0,5kg/dia em novilhas anelradas (75% Nelore) produziram ciclicidade de 0 a 50%, 21 e 0 dias antes do início da estação de monta, enquanto animais com ganhos de 0,75, 1 e 1,25kg/d, apresentaram ciclicidade em 63 e 65, 42 e 58 e 100 e 100%, 21 e 0 dias antes do início da estação de monta (BARCELLOS et al., 2014). Animais com maior ganho diário de peso (0,65 vs 0,45kg/d) apresentaram puberdade mais cedo e mais pesadas que novilhas com menos ganho de peso (17 vs 19,9 meses e 326,2 vs 302,3kg; ROMANO et al., 2007).

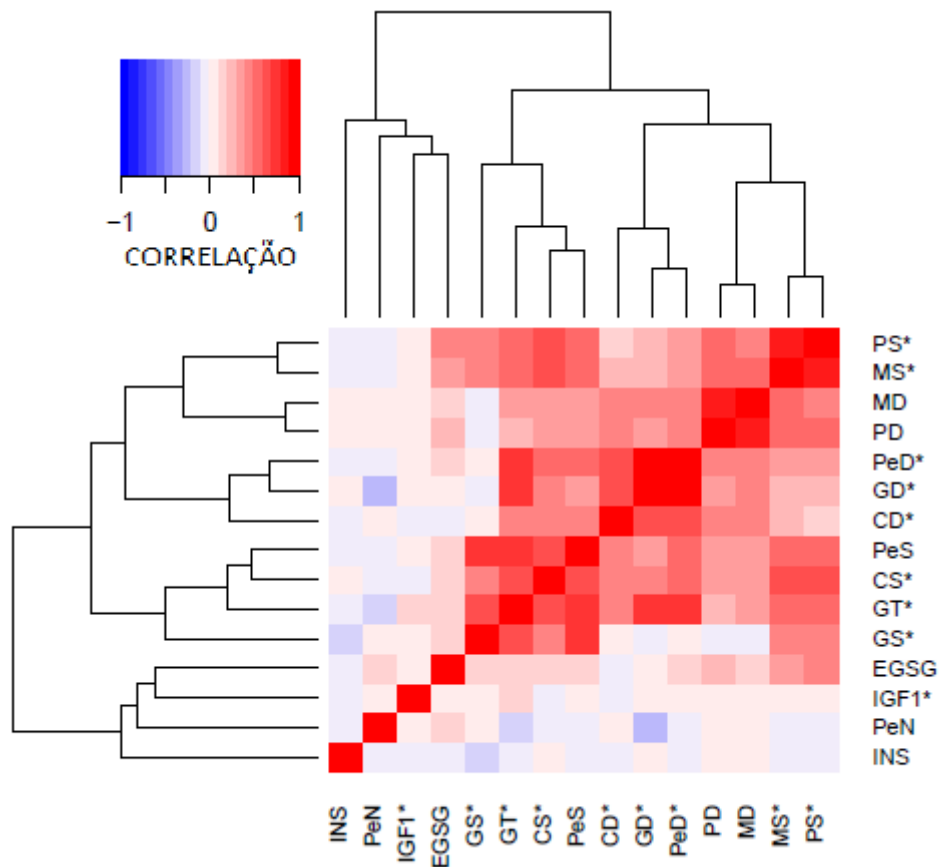
Após correlograma e agrupamento em subconjuntos de variáveis preditoras que contribuem com a mesma fonte de informação (representado por meio de mapa de calor; Figura 7), foram definidas as variáveis GT e o IGF-I para compor modelo regressão múltipla, pois as mesmas se mostraram mais importantes estatisticamente de maneira individual em cada subgrupo quando a idade em dias foi analisada como variável resposta. Foi identificado fator de inflação de 10,44 para o GT e de 1,10 para IGF-I, isto devido a existência de correlação destas variáveis com as outras excluídas do modelo. O modelo de regressão múltipla, composto por GT e IGF-I como variáveis preditoras conseguiu explicar 35,9% (coeficiente angular= -0,40 GT e -0,02 IGF-I) da variância da idade de prenhez em dias quando esta é tida como variável resposta (Figura 8).

Quando as novilhas que emprenharam com menos do que 16 meses foram comparadas com as que emprenharam com mais do que 16,1 meses, observamos diferença nas médias do PS e MS ($3,38 \pm 0,12$ vs $3,05 \pm 0,10$; $p < 0,05$ e $2,97 \pm 0,14$ vs $2,43 \pm 0,10$; $p < 0,002$ respectivamente). Quando avaliadas as frequências de notas de CS, PS e MS de 3 a 5, em função da eficiência dentro da estação de monta, observou-se associação entre as características de

P e M com o momento em que as novilhas ficaram prenhas ($p<0,004$; $p<0,007$).

FIGURA 7 - Mapa de calor baseado no correlograma de todas as características analisadas de maneira individual, tendo como variável resposta a idade de prenhez em dias.

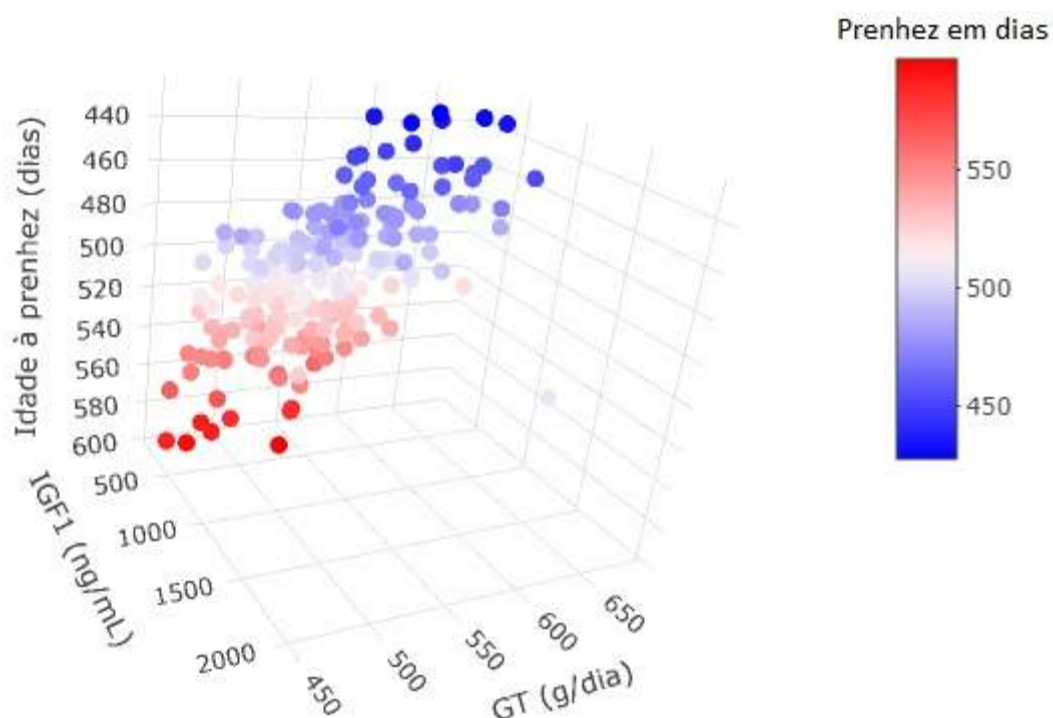
PeN: peso ao nascimento; CD: conformação na desmama; PD: precocidade na desmama; MD: musculatura a desmama; PeD: peso na desmama; GD: ganho de peso diário até a desmama; CS: conformação ao sobreano; PS: precocidade no sobreano; MS: musculatura no sobreano; PeS: peso no sobreano; GS: ganho diário de peso da desmama ao sobreano; GT: ganho diário de peso do nascimento até o sobreano; EGSG: espessura de gordura subcutânea no sobreano; IGF-1: concentração sérica de IGF-I no sobreano; INS: concentração sérica de insulina no sobreano.



Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 8 - Gráfico de dispersão tridimensional de modelo de regressão múltipla, tendo como variáveis preditoras o GT e o IGF-I, e como variável resposta a idade de prenhez em dias.

GT: ganho diário de peso do nascimento até o sobreano; IGF-1: concentração sérica de IGF-I no sobreano.



Fonte: Elaborado pelo autor

A seleção animal baseada exclusivamente em ganho de peso, acarreta no aumento do peso adulto (JORGE Jr et al., 2001). A ponderação dos escores visuais de conformação, precocidade e musculosidade na composição de índices de seleção com as características de ganho de peso tem permitido a identificação de características associadas com maior precocidade, como a capacidade de deposição de gordura, massas musculares mais desenvolvidas e tamanho moderado (SEMMELMANN et al, 2001).

A avaliação por escores visuais é considerada uma boa forma de identificar animais de melhor conformação produtiva. O método de avaliação por CPM foi desenvolvido pela empresa GenSys e, partir da década de 1990, tem gerado informações que são utilizadas em programas de melhoramento no

Brasil (FARIA et al., 2007) e atualmente é a metodologia de avaliação visual por escores mais utilizada e conhecida no Brasil (KOURY FILHO, 2005).

Os valores médios dos escores de CD, PD, MD, CS, PS, MS não diferiram entre as novilhas que emprenharam durante a estação de monta, quando comparadas com as falhadas ($p>0,05$). Nossos resultados diferem dos publicados em outras pesquisas que evidenciaram nas novilhas que alcançaram prenhez apresentaram valores de CPM ao sobreano, maiores do que as novilhas que falharam ($p<0,01$; SEMMELMANN et al., 2001). Cabe ressaltar que outro aspecto importante é a influência do manejo nutricional do rebanho. No caso dos animais do experimento, receberam suplementação proteico/energético durante a totalidade da recria, podendo alterar a manifestação dos fenótipos de crescimento. Pode-se inferir que esta influência nutricional consiga mascarar alguns efeitos dos escores visuais sobre o desempenho reprodutivo das novilhas.

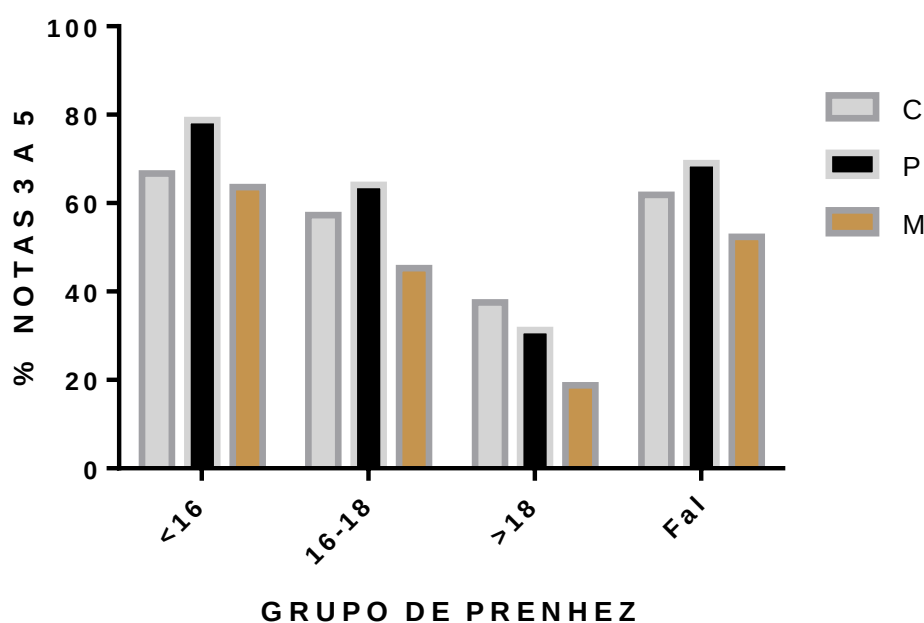
Estes resultados coincidem parcialmente com outras publicações, onde as novilhas Nelore prenhes aos 18 meses apresentaram maior frequência de escores visuais 3 a 5 de CS, PS e MS em relação às prenhes aos 24-26 meses de idade e as falhadas (93,1; 99,1 e 96,6% precoce; versus 85,7; 92,4 e 82% normal e 72,4; 83 e 67,8% falhada; COSTA PITA et al., 1998). No entanto, o padrão apresentado nas frequências de CS, PS e MS das novilhas falhadas, destoa totalmente das novilhas que emprenharam, quando avaliadas em função do seu desempenho na EM (Figura 9).

A dinâmica do desenvolvimento dos tecidos acontece cronologicamente em “ondas de crescimento específicos”. A onda de crescimento inicia-se com o tecido nervoso prosseguindo para o tecido ósseo e muscular e, finalmente, o tecido adiposo (OWENS et al., 1993). Dependendo da raça e a sua curva de crescimento (SILVEIRA et al., 2011), o desenvolvimento de cada um destes tecidos pode ser precoce, médio ou tardio (OWENS et al., 1993). O peso maduro (ou peso adulto) é alcançado quando o ganho de peso passa a ser composto exclusivamente por gordura, não

havendo então acréscimos na deposição de proteína, água e minerais (GOULART, 2012).

FIGURA 9 - Porcentagem de notas de CS, PS e MS de 3 a 5 em função do grupo de prenhez ou falhadas dentro da primeira estação de monta.

<16, novilhas que emprenharam antes dos 16 meses; 16-18, novilhas que emprenharam entre 16 e 18 meses; >18, novilhas que emprenharam com mais do que 18 meses; Fal, novilhas que falharam na estação de monta.



Fonte: Elaborado pelo autor

A curva de crescimento apresenta três fases diferenciadas quanto ao seu comportamento: Na primeira fase, do nascimento até o desmame, observa-se um crescimento acelerado; a segunda fase do desmame até o ponto de inflexão da curva (máximo crescimento) representa a desaceleração no crescimento e a fase final representa a estabilização do crescimento ou maturidade (OSPINA-PATÍÑO; MEDEIROS, 2003). Quando os bovinos estão próximos da sua maturidade, ocorre uma desaceleração do ganho de peso e inicia-se um aumento na deposição de gordura. Durante este período a

ingestão de alimentos é reduzida e a eficiência da alimentação é comprometida (WERTZ-LUTZ et al., 2010).

A média de C praticamente não mudou entre a desmama e o sobreano, isso pode ser evidenciado na ausência de significância nas duas avaliações sobre a idade à prenhez e desempenho na EM. Já as características de P e M mostraram-se importantes para o desempenho das novilhas na primeira EM. Especulamos que isto possa ser explicado pelo fato destas duas características representarem principalmente ganhos de tecidos moles, especificamente músculo e gordura, enquanto a C, é característica mais associada com ganhos estruturais como osso. Este padrão de CPM, no sobreano estaria indicando possivelmente que as novilhas estão atingindo ou pelo menos estão mais perto da fase final da sua curva de crescimento.

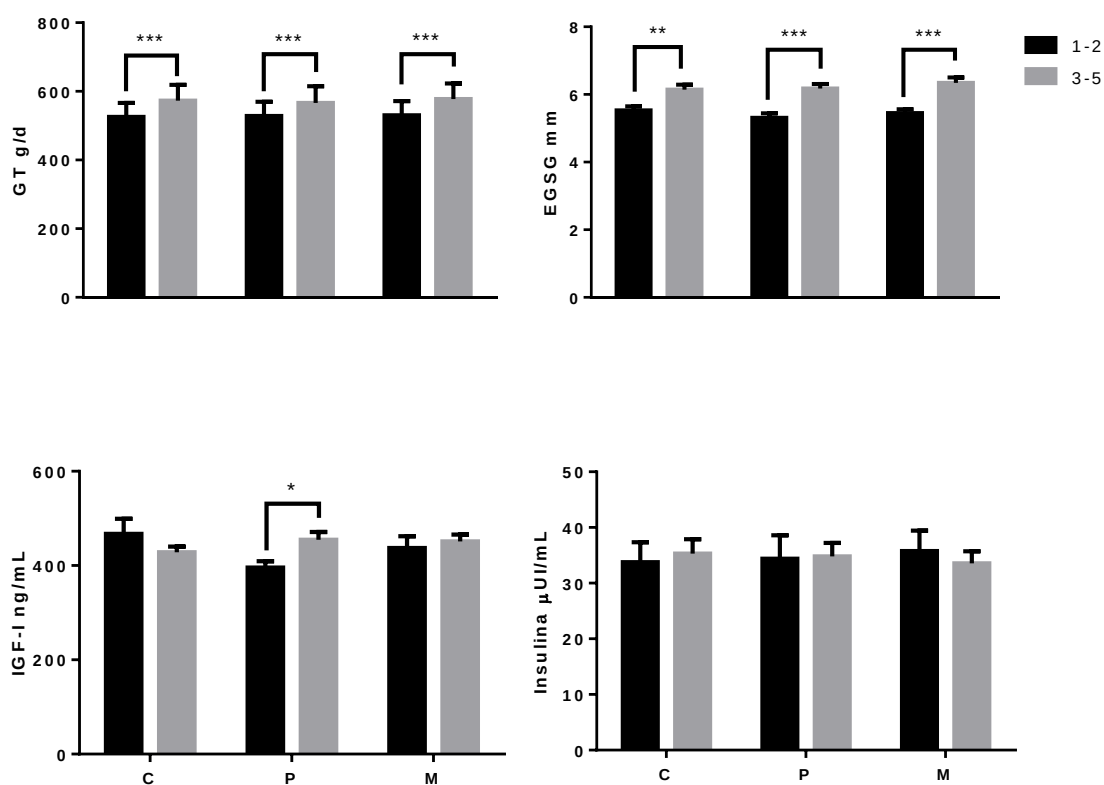
Quando comparada a ocorrência de notas 1-2 e 3-5 para as características de CS, PS e MS com o GT, EGSG e as concentrações séricas de IGF-I e Insulina, foi possível observar que os animais com avaliações iguais ou superiores à média do lote (3-5) apresentaram maior GT e EGSG, enquanto a concentração de IGF-I foi maior quando estratificado para a característica de PS. A concentração de insulina não diferiu (Figura 10). Estes resultados sugerem que os animais com notas de CPM no sobreano igual ou superiores à média do lote, apresentaram melhor estado metabólico justo no início da EM quando comparadas com as novilhas com notas menores (1-2).

A EGSG não diferiu quando comparada entre os diferentes grupos de prenhez ($<16=5,51\pm0,18$; $16-18=6,30\pm0,15$; $>18=5,56\pm0,29$; $\text{falhadas}=5,50\pm0,20$ mm; Figura 11) nem apresentou correlação com o PeD, PeS, ou GT. Esses resultados surpreendem, principalmente pelo fato da aparente importância da PS sobre a idade a prenhez em dias e sobre a eficiência na EM, medição associada à deposição de gordura subcutânea. Existem relatos de forte correlação entre as medidas de EGSG e EGSC (AYRES et al., 2009; GIRALDO-ARANA, 2015), no entanto, a deposição de gordura subcutânea na garupa é maior (SCHRODER; STAUFENBIEL, 2006) e acontece de maneira mais precoce do que entre a 12 e 13 costela (GIRALDO-

ARANA, 2015). Hipotetizamos que por se tratar de animais novos, em fase ainda de crescimento e com suplementação nutricional importante, possa existir interferência na exatidão desta mensuração, talvez incluso, a EGS possa ser mais adequada do que a EGSG nesta categoria animal.

FIGURA 10 - Ganho diário de peso total (g/d), espessura da gordura subcutânea (mm) e concentrações séricas de IGF-I (ng/mL) e Insulina (μ UI/mL) no sobreano de novilhas Nelore em função das notas de CPM agrupadas em frequências de 1-2 e 3-5.

* $p < 0,05$;
 ** $p < 0,01$;
 *** $p < 0,001$.

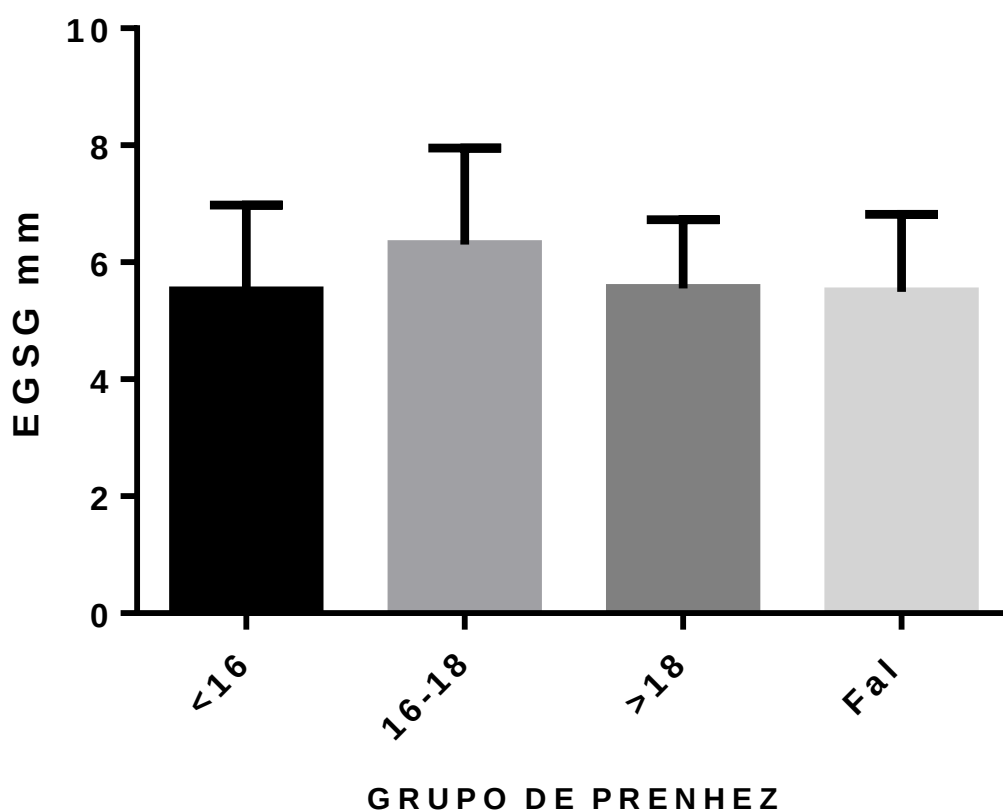


Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados publicados nos outros estudos concluíram que os escores visuais ao sobreano (COSTA PITA et al., 1998) e a EGSG (GIRALDO-ARANA, 2015) podem auxiliar na indicação da idade ao primeiro parto de

fêmeas Nelore, no entanto, nossas observações não permitem confirmar esta afirmação, acreditamos que possa ser devido ao fato de que o rebanho onde fizemos o experimento tem um processo de seleção para precocidade sexual de mais de 10 anos, resultando em nível de homogeneidade tal, que não permite observar diferenças nos fenótipos de CPM e EGSG entre animais prenhez e falhados, ou quando comparamos animais que emprenharam mais cedo na estação de monta.

FIGURA 11 - Espessura de gordura subcutânea (mm) de novilhas da raça Nelore em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.



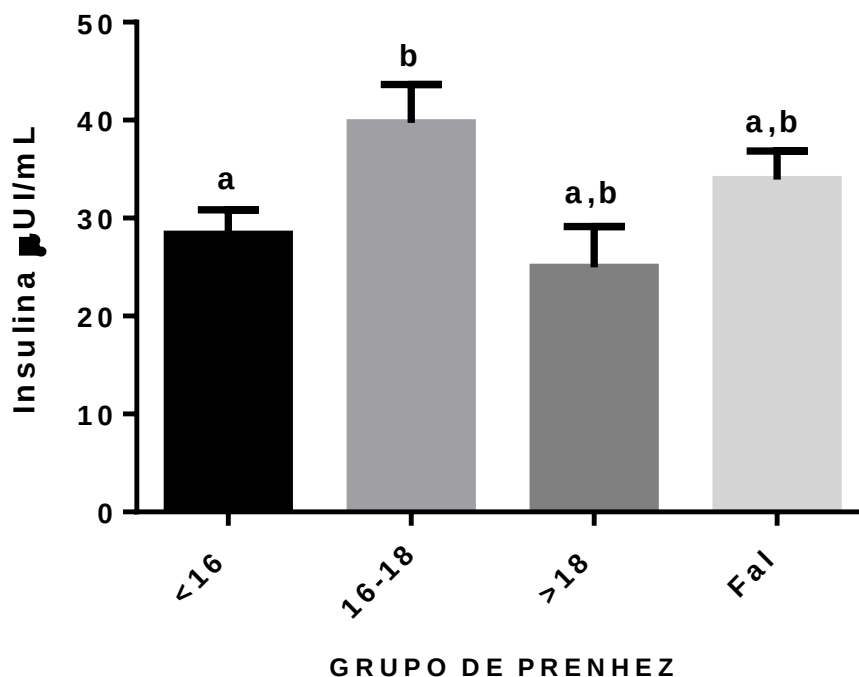
Fonte: Elaborado pelo autor

A seleção quanto aos escores visuais pode responder rapidamente à seleção individual, e também deve promover mudanças genéticas favoráveis à

idade ao primeiro parto de animais da raça Nelore (BOLIGON; ALBUQUERQUE, 2010). Cabe observar que os rebanhos utilizados pelos outros autores não tinham seleção prévia para precocidade sexual, pois a mesma estava apenas iniciando no país. Isto pode ser evidenciado também pela taxa de prenhez obtida em animais precoces deste estudo (<16 meses, 31%), quando comparada com as outras publicações onde a idade apresentada como precoce era inclusive maior (< 18 meses, 20,6%; SEMMELMANN et al., 2001).

A concentração sérica de insulina foi maior nas novilhas que emprenharam entre 16-18 meses quando comparadas com as novilhas que emprenharam com menos que 16 meses (Figura 12), no entanto não foi possível evidenciar correlação com nenhuma outra característica.

FIGURA 12 - Concentração sérica de insulina ($\mu\text{UI/mL}$) de novilhas da raça Nelore em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando analisada a proporção de ganho de peso no sobreano em relação a desmama (razão GS/GD), foi possível observar tendência ($p = 0,07$) a ser maior no grupo 16-18 (0,59) do que nas prenhas com <16 meses (0,56), além disso, este grupo de prenhez apresentou também tendência a ter maior EGSG ($p = 0,06$) do que as novilhas precoces. Podemos inferir que as novilhas que emprenharam com idade normal (16-18) apresentaram padrão de crescimento diferente ao das novilhas precoces (<16), onde o desenvolvimento no período do sobreano mostrou-se mais importante, indicando maior atividade anabólica no momento da coleta, explicando assim a maior concentração de insulina.

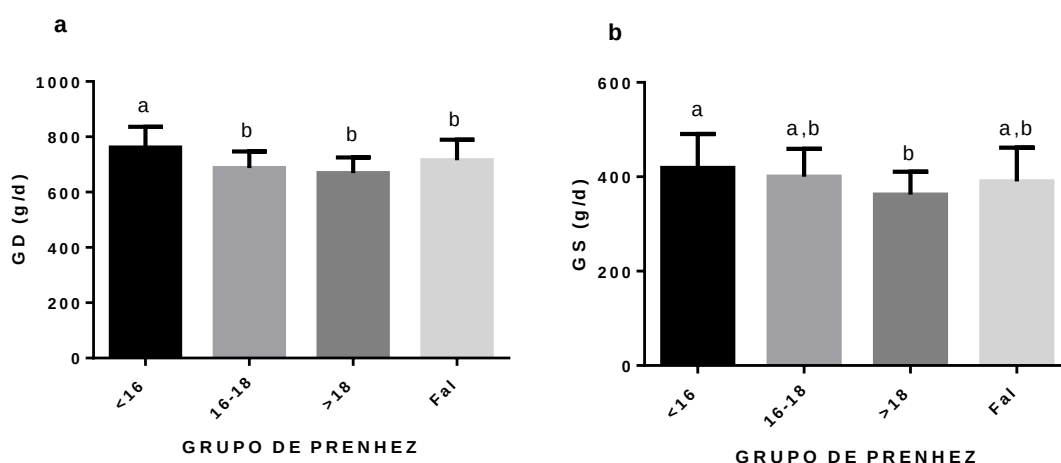
As novilhas precoces (<16 meses) apresentaram maior GD quando comparadas com os outros grupos de prenhez ($<16 = 761,50 \pm 9,21$; 16-18 = $687,10 \pm 5,53$; $>18 = 669,10 \pm 14,09$ e Falhadas = $715,7 \pm 11,42$ g/d; Figura 13a), no entanto, no sobreano o ganho diário das novilhas <16 meses foi maior que o ganho das novilhas tardias (>18 ; $p < 0,05$), sendo semelhante aos demais grupos ($<16 = 418,60 \pm 8,89$; 16-18 = $400,10 \pm 5,49$; $>18 = 362,10 \pm 12,14$; Falhadas = $390,10 \pm 11,09$ g/d; Figura 13b), coincidindo com as correlações individuais de cada característica quando a variável resposta é idade a prenhez em dias (Figura 6). Esses resultados corroboram outros achados, onde bezerras da raça Holandes que ganharam mais peso durante o período pré desmame (0,64kg/d; 42 dias) mas semelhante ganho de peso pós desmama, atingiram a puberdade 31 dias mais novas e 20 kg mais leves, além de apresentarem tendência a emprenhar mais cedo do que bezerras que ganharam menos peso nessa fase (0,44kg/d; RINCKER et al., 2011). Pode se inferir que o GD seja mais importante do que o GS para a manifestação de puberdade precoce em fêmeas Nelore.

O ganho de peso e condição corporal no período pré desmama e depois até atingir a puberdade, determinam o potencial reprodutivo de uma fêmea bovina (D'OCCHIO et al., 2018). O GT foi maior nas novilhas <16 do que em todos os outros grupos de prenhez. As 16-18 tiveram GT maior do que as >18 ($<16 = 589,70 \pm 5,68$; 16-18 = $540,70 \pm 3,73$; $>18 = 511,30 \pm 9,58$;

Falhadas = $550,2 \pm 7,84$ g/d). Esta característica apresentou correlação positiva em função do tempo, diminuindo a medida que a EM avançava ($r=0,52$; $p<0,001$). Novilhas pré púberes que ganharam mais peso durante sua recria emprenharam mais cedo, porém com semelhante peso relativo ao peso adulto (55%; SAMADI et al., 2014), acreditasse que novilhas precisam ter GT de 600-700g/d para garantir ótimo peso e condição corporal no início da estação de monta (D'OCCHIO et al., 2018).

FIGURA 13 - a. ganho diário de peso do nascimento até a desmama (g/d) e **b.** ganho diário de peso da desmama até o sobreano (g/d).

Valores com letras diferentes apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) entre si.



Fonte: Elaborado pelo autor

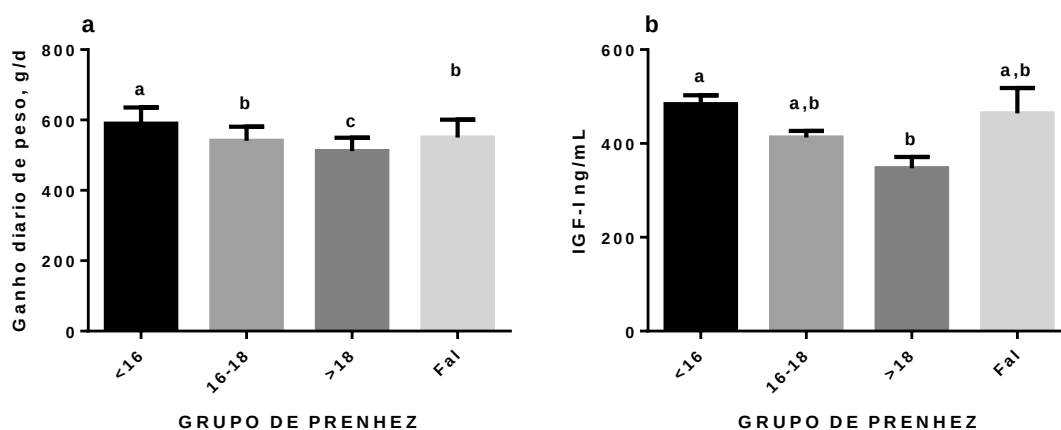
As concentrações séricas de IGF-I foram maiores nas novilhas que emprenharam com menos de 16 meses, quando comparadas com as que emprenharam com mais do que 18 meses ($483,50 \pm 19,33$ vs $347,33 \pm 23,90$ ng/mL; $p<0,002$). As concentrações séricas de IGF-I apresentaram correlação negativa com a idade a prenhez, ($r=-0,28$; $p<0,001$; Figura 14a e 14b). Nossos resultados evidenciaram correlação positiva entre as concentrações de IGF-I e os GD e GS ($r=0,14$; $p<0,05$), com destaque do GT ($r=0,22$; $p<0,001$). As duas

características mostraram-se determinantes para idade a prenhez e desempenho na primeira EM de novilhas Nelore.

Há relatos de associação identificados por SNP e GWAS de idade a puberdade de novilhas Brahman com diferentes metabólitos do sistema IGF (6 de 10), sendo o mais evidente o receptor de IGF-I (FORTES et al., 2012). Esses resultados corroboram os obtidos em pesquisas prévias realizadas em nosso laboratório, onde se observou que novilhas prenhez antes dos 16 meses de idade, quando comparadas à novilhas não prenhes antes dos 16 meses, apresentaram maiores concentrações de IGF-I (BELTRAN, 2007), além de evidenciar correlação entre a concentração de IGF-I com o diâmetro do maior folículo ($r=0,13$; $p=0,05$; GIRALDO-ARANA, 2015).

FIGURA 14 - a. ganho diário de peso (g/d) e **b.** concentração sérica de IGF-I (ng/mL) de novilhas da raça Nelore em função da eficiência dentro da primeira estação de monta.

Valores com letras diferentes apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) entre si.



Fonte: Elaborado pelo autor

As concentrações plasmáticas de IGF-I estão associadas positivamente com a ingesta de nutrientes e com o ganho de peso (YELICH et al., 1996; SAMADI et al., 2014), sendo assim um indicador do status nutricional do animal, já que promover maior ganho diário de peso e adequado ECC (notas 3-

4 na escala de 1-5) em novilhas *Bos Indicus* pré púberes, estão associados com aparente melhora na homeostases metabólica, apresentado maiores concentrações de IGF-I, insulina, glicose e leptina (SAMADI et al., 2014).

7 CONCLUSÕES

Baseados nos resultados obtidos e considerando as condições experimentais conclui-se que novilhas Nelore com melhores notas de avaliação de CPM no sobreano apresentam maior concentração sérica de IGF-I nas novilhas com PS acima da média, semelhante concentração sérica de insulina, maior deposição de gordura subcutânea na garupa, maior ganho de peso corporal, além de menor idade à primeira prenhez e melhor desempenho na primeira estação de monta.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As avaliações de CPM tanto na desmama como no sobreano estão correlacionadas com ganho diário de peso, concentrações séricas de IGF-I e diminuição da idade a primeira prenhez de novilhas Nelore, com melhor desempenho na sua primeira estação de monta. No entanto, cabe ressaltar que os escores visuais não se mostraram como preditores contundentes de precocidade sexual quando avaliados separadamente, isto porque fatores ambientais e ou efeitos aditivos de seleção podem ter interferido na manifestação destes fenótipos.

O ganho diário de peso até a desmama mostrou-se como uma característica determinante para a ocorrência de puberdade precoce, inclusive mais importante que no período pós desmama. Pode ser que este seja um período promissor para intensificar o desenvolvimento das fêmeas com melhores resultados reprodutivos na vida adulta.

Sugere-se que mais estudos devam ser realizados objetivando a avaliação de outros indicadores do status nutricional e de crescimento, isso porque com o tempo os escores visuais terão impacto menor de seleção nos rebanhos que os adotam há muitos anos, sendo necessários procurar alternativas para continuar o aprimoramento do rebanho.

REFERÊNCIAS

ADASHI, E. Y.; RESNICK, C. E.; D'ERCOLE, A. J.; SVOBODA, M. E.; VAN WYK, J. J. Insulin-like growth factors as intraovarian regulators of granulosa cell growth and function. **Endocrine Reviews**, v. 6, p. 250-450, 1985.

AKERS, R.M.; ELLIS, S.E.; BERRY S.D. Ovarian and IGF-I axis control of mammary development in prepubertal heifers. **Domestic Animal Endocrinology**, v.29, p.259–267, 2005.

ALMEIDA, J.; CONLEY, A. J.; MATHEWSON, L.; BALL, B. A. Expression of anti-Müllerian hormone, cyclin-dependent kinase inhibitor (CDKN1B), androgen receptor, and connexin 43 in cows testes during puberty. **Theriogenology**, v. 77, p. 400-732, 2013.

ALVAREZ, P.; SPICER, L. J.; CHASE, C. C., PPAYTON, M. E.; HAMILTON, T. D.; STEWART, R. E.; HAMMOND, A. C.; OLSON, T. A.; WETTEMANN, R. P. Ovarian and endocrine characteristics during na estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. **Journal Of Animal Science**, v. 78, p. 1290-1305, 2000.

ALVES, P. **Taxa de desfrute**. 2012. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/23681/taxa-de-desfrute.htm>. acesso em: 04 fevereiro 2014.

ARMSTRONG, J.D.; STANKO, R.L.; COHICK, W.S.; SIMPSON, R.B.; HARVEY, R.W.; HUFF, B.G.; CLEMMONS, D.R.; WHITACRE, M.D.; CAMPBELL, R.M.; HEIMER, E.P. Endocrine events prior to puberty in heifers: role of somatotropin, insulin-like growth factor- I and insulin-like growth factor binding proteins. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v.43, p.179–193, 1992.

AYRES, H.; MACHADO R.F.; TORRES-JÚNIOR, J.R.S.; DEMÉTRIO, C.G.B.; LIMA, C.G.; BARUSELLI, P.S. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Science**, v. 123, p. 175-179, 2009.

BARCELLOS, J.O.J.; PEREIRA, G.R.; DIAS, E.A.; McMANUS, C.; CANELLAS, L.; BERNARDI, M.L.; TAROUÇO, A.; PRATES, E.R. Higher feeding diets effects on age and liveweight gain at puberty in crossbred Nelore × Hereford heifers. **Tropical Animal Health Production**, v.46, p.953–960, 2014.

BELTRAN, M.P. **Possíveis efeitos da leptina e IGF-I plasmáticos sobre a puberdade e a precocidade sexual de novilhas Nelore (*Bos taurus indicus*)**. São Paulo 2007. Tese (Doutorado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, doutor em Medicina Veterinária. 2007.

BERETTA, V.; LOBATO, J.F.P.; MIELITZ NETO, C.G.A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2 (supl.), p.991-1001, 2002.

BERG, R.T.; WALTERS, L.E. The meat animal: changes and challenges. **Journal of Animal Science**, v.57, p.133-146, 1983.

BERGAMASCHI, M. A. M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R. T. **Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras**. Cartilha técnica. EMBRAPA: CPPSE, 30 p, 2010.

BERGMANN, J. A. G. **Melhoramento genético da eficiência reprodutiva em bovinos de corte**. Anais do Congresso Brasileiro de reprodução animal, Belo Horizonte, 90 p, 1993.

BILBY, C.; BADER, J. F.; SALFEN, B. E.; YOUNGGUIST, R. S.; MURPHY, C. N.; GARVERICK, H. A.; CROOKER, B. A.; LUCY, M. C. Plasma GH, IGF-1, and conception rate in cattle treated with low doses of recombinant bovine GH. **Theriogenology**, v. 51, p. 1285-1296, 1999.

BOCCHI, A. L. **Fatores de meio que influenciam o peso aa desmama de bovinos da raça Nelore em diferentes regiões geográficas**. Jaboticabal 2003. Tese (Mestrado), Universidade Estadual Paulista Julho de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, 70 p, 2003.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v.45, n.12, p.1412-1418, dez. 2010.

BOSSIS, I.; WETTEMANN, R. P.; WELTY, S. D.; VIZCARA, J.; SPICER, L. J. Nutritionally induced anovulation in beef Heifers: ovarian and endocrine function during re-alimentation and resumption of ovulation. **Biology of Reproduction**, v.62 (5), p.1436-1444, 2000.

BRONSON, F. H. Puberty in female rats: relative effect of exercise and food restriction. **American Journal of Physiology-Regulatory**. Integrative and Comparative Physiology, 252 p, 1987.

BROOKS, A. L.; MORROW, R. E.; YOUNGQUIST, R. S. Body composition of beef heifers at puberty. **Theriogenology**, v. 24, 300 p, 1985.

BRUMATTI, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; FORMIGONNI, I. B. **Desenvolvimento de índice de seleção em gado de corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico.** Arquivos de Zootecnia, v. 60, 213 p, 2011.

BRUNES, L. C.; MAGNABOSCO, C. U.; BALDI, F. S.; OLIVEIRA, M. F.; CASTRO, L. M.; SANTOS, M. F.; QUEIROZ, L. C. R.; GUIMARAES, N. C. Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore. Planantina, DF: **Embrapa Cerrados**, Documento 346, 2018.

BUTLER, S.T.; MARR, A.L.; PELTON, S.H.; RADCLIFF, R.P.; LUCY, M.C.; BUTLER, W.R. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: Effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. **Journal of Endocrinology**, v.176, p.205–217, 2003.

CARDELLINO, R.; ROVIRA, J. Mejoramiento genético animal. **Agropecuária Hemisfério Sul**, v. 1, 253 p, 1983.

CARDOSO, L. L. Hierarchical Bayesian models for genotype $\times$ environment estimates in post-weaning gain of Hereford bovine via reaction norms. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.294-300, 2011.

CARDOSO, D.; NOGUEIRA, G.P. Mecanismos neuroendócrinos envolvidos na puberdade de novilhas. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.10, p.59-67, 2007.

COOKE, R. F.; ARTHINGTON, J. D.; ARAUJO, D. B.; LAMB, G. C.; EALY, A. D. **Effects of supplementation frequency on performance, reproductive, and metabolic responses of Brahman-crossbred females.** 2008. Journal of Animal Science, v. 86, p. 251-256, 2008.

COOKE, R.F.; BOHNERT, D.W.; FRANCISCO, C.L.; MARQUES, R.S.; MUELLER, C.J.; KEISLER, D.H. Effects of bovine somatotropin administration on growth, physiological, and reproductive responses of replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.91, p.2894-2901, 2013.

CORTE JÚNIOR, A. O., 2009. **Variação do ciclo estral de novilhas *Bos taurus indicus* (Nelore) em diferentes estações do ano**. Tese (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, 2009.

COSTA J. V.; DUARTE J. S. Tecido adiposo e adipocinas. **Acta Médica Portuguesa**, v. 19, p. 251-256, 2006.

COSTA, A. N. L.; ARAUJO, A. A.; MOURA, A. A. A. N.; CAMPOS, A. C. N.; MONTEZUMA, P. A. Sincronização do estro e ovulação em novilhas girolandas: comparação entre dois protocolos hormonais, “CIDR-B” E “OVSYNCH”. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, 150 p, 2008.

COSTA PITA, F.V., FRIES, L.A., ALBUQUERQUE, L.G. Utilização de escores visuais como indicadores da idade à maturidade sexual de novilhas Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2, 1998, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBMA, 1998. p.383-384.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.56-65, 2001.

DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal Frontiers**, v. 3, p. 5-15, 2013.

DAY, M. L.; IMAKAWA, K.; WOLFE, P. L.; KITTOCK, R. J.; KINDER, J. E. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. **Biology of Reproduction**, v. 37, 1070 p, 1987.

DE MELO, J. C. C. B. S. **Análise de desempenho de sistemas de produção modais de pecuária de cria no Brasil**. Arquivo da UFF, Niterói, RJ, v. 23, n. 4, p. 877-886, 2013.

DIAS, L. T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. **Efeito da idade de exposição de novilhas à reprodução sobre estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em bovinos Nelore**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 56, 373 p, 2004.

DIBIASI, N. F. **Estudo do crescimento, avaliação visual, medidas por ultrasonografia e precocidade sexual em touros jovens pertencentes a vinte e uma raças com aptidão para corte**. Tese (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006.

D'OOCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILLE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, 2018.

ELER, J. P.; SANTANA JÚNIOR, M. L.; FERRAZ, J. B. S. Seleção para precocidade e produtividade da fêmea em bovinos de corte. **Biology of Reproduction**, v. 39, 300 p, 2012.

ELER, J.P.; SILVA JR, J.A.; FERRAZ, J.B.S.; DIAS, F.; OLIVEIRA, H.N.; EVANS, J.L.; GOLDEN, B.L. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nelore heifers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.951–954, 2002.

EMERICK L. L.; DIAS, J. C.; GONÇALVES, P. E. M.; MARTINS, J. A. M.; SOUZA, F. A.; VALE FILHO, V. R.; ANDRADE, V. J. Retorno da atividade ovariana luteal cíclica de vacas de corte pós-parto: uma revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 33, n. 4, 212 p, 2009.

ENGELKEN, T. J. The development of breeding bulls. **Theriogenology**, v. 70, 575 p, 2008.

FARIA. C. U.; MAGNABOSCO. C. U.; ALBUQUERQUE. L. G.; REYES. A.; SAURESSIG. M. G.; LÔBO. R. B. Utilização de escores visuais de características morfológicas de bovinos Nelore como ferramenta para o melhoramento genético animal. Planantina, DF: **Embrapa Cerrados, Documento 177**, 2007. 40p.

FORTES, M.R.S.; LI, Y.; COLLIS, E.; ZHANG, Y.; HAWKEN, R.J. The IGF1 pathway genes and their association with age of puberty in cattle. **Animal Genetics**, v. 44, p. 91-95, 2012.

FRANCO, G. L.; FARIA, F. J. C.; D'OLIVEIRA, M. C. Interação entre nutrição e reprodução em vacas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, p. 36-53, 2016.

FRIES, L.A. **Uso de escores visuais em programas de seleção para produtividade em gado de corte**. In: Seminário Nacional - Revisão de Critérios de Julgamento e Seleção em Gado de Corte, Uberaba: ABCZ, 1996.

FRIES, L. A. **Critérios de seleção para um sistema de produção de ciclo curto**. In: I Seminário: Avaliação Funcional De Bovinos De Corte E Formação Do Corpo De Jurados Raça Angus, 2004, Esteio, Sumário, p 74-88. 2004.

FRISCH, R. E.; MCARTHUR, J. W. Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. **Science**, v. 13, p. 949-951, 1974.

FUNSTON, R.N.; MARTIN, J.L.; LARSON, D.M.; ROBERTS, A.J. Physiology and endocrinology symposium: Nutritional aspects of developing replacement heifers. **Journal of Animal Science**, v90 p.1166-1171, 2012.

GARCIA, J.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; MARTINS, E.N.; JOBIM, C.C.; ANDRADE, S.R.D.F.; PEREIRA, M.F. Desempenho de Novilhos em Crescimento em Pastagem de Brachiaria decumbens Suplementados com Diferentes Fontes Energéticas no Período da Seca e Transição Seca-Águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, (Supl. 2), p.2140-2150, 2004.

GIRALDO-ARANA, D. **Efeitos da somatotrofina recombinante bovina na puberdade de novilhas Nelore**. Araçatuba, 2015, Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual paulista Julho de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, 2015.

GLENCROSS, R.G. A note on the concentrations of plasma oestradiol-17fl and progesterone around the time of puberty in heifers. **Animal Production**, v.39, p.137-140, 1984.

GOBESSO, A. A. O.; BIANCONI, C.; ARANTES, J. A.; MEDEIROS, J. R. Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal. **Revista FMVZ**, Pirrasununga, SP: Universidade de São Paulo, 5D editora, 304 p, 2017.

GOTTSCHALL, C.S.; CANELLAS, L.C.; MARQUES, P.R.; CRUZ, J.K.; MARTINS, P.; ALMEIDA, M.R.; BITTENCOURT, H.R. **Taxa de permanência no rebanho e produção de terneiros em vacas de corte acasaladas aos 14 e 24 meses de idade**. 2008. Disponível em:

<http://www.sovergs.com.br/conbravet2008/anais/cd/resumos/R0645-2.pdf>.
 acesso em: 01 abril 2013.

GOULART, R. Composição corporal de bovinos e eficiência de produção animal. **AG – A Revista do Criador**, v.10, ed.161, 2012.

GROSSI, D. A.; VENTURINI, G. C.; PAZ, C. C. P.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO R. B.; OLIVEIRA, J. A.; MUNARI, D.P. Genetic associations between age at first calving and heifer body weight and scrotal circumference in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.126, p. 387–393, 2009.

GUIMARÃES, J. D. **Maximização do uso de touros a campo**. Simpósio de produção de gado de corte, Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, 230 p, 1999.

HOPPER, H.W.; WILLIAMS, S.E.; BYERLEY, D.J.; ROLLOSSON, M.M.; AHMED, P.O.; KISER, T.E. Effect of prepubertal body weight gain and breed on carcass composition at puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1104–1111, 1993.

IBGE. Disponível em:
 <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.ahm>
 . Acesso em: 05 de abril de 2019.

JONES, E. J.; ARMSTRONG, J. D.; HARVEY, R. W. Changes in metabolites, metabolic hormones, and luteinizing hormone before puberty in Angus, Bradford, Charolais, and Simmental heifers. **Journal Of Animal Science**, v. 69, 1700 p., 1991.

JORGE JUNIOR, J. **Efeitos genéticos e de ambiente sobre os escores visuais de conformação, precocidade e musculatura no período pré-**

desmama em bovinos da raça Nelore. Jaboticabal, 2002. Tese (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 70f, 2002.

JORGE JR., J.; PITA, F.V.C.; FRIES, L. et al. Influência de alguns fatores de ambiente sobre os escores de conformação, precocidade e musculatura à desmama em um rebanho da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1697-1703, 2001.

JUNG, L. C. S.; LOUVANDINI, H.; MARTHA JUNIOR, G. B. Desempenho de fêmeas nelore de reposição com suplementação alimentar na seca em pastagens renovadas. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 10, p. 485-495, 2009.

KOURY FILHO, W. **Análise genética de escores de avaliações visuais e suas respectivas relações com o desempenho ponderal na raça Nelore.** Pirassununga, 2001, Tese (Mestrado). Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2001.

KOURY FILHO, W. **Escore visuais e suas relações com características de crescimento em bovinos de corte.** Jaboticabal, 2005, Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2005.

LARSON, R.L. Heifer Development: Reproduction and Nutrition. **Vetetary Clinics Food Animals practice**, v.23 p.53–68, 2007.

LEAFLET, A.S. **Relationship between body composition and reproduction in heifers.** Ames: Iowa states University, p.145-148, 2001. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/beefreports/asl1769.pdf>. Acesso em: 12 maio 2014.

LEBRETHON, M. C.; VANDERSMISSEN, E.; GERARD, A.; PARENT, A. S.; JUNIEN, J. L.; BOURGUIGNON, J. P. In vitro stimulation of the prepubertal rat gonadotropin-releasing hormone pulse generator by leptina and neuropeptide Y through distinct mechanisms. **Endocrinology**, v. 141, 1469 p, 2000.

LOBATO, J.F.P. A “vaca ideal” e o seu manejo em sistemas de produção de ciclo curto. In: SIMPÓSIO DA CARNE BOVINA: DA PRODUÇÃO AO MERCADO CONSUMIDOR, 2003, São Borja. **Anais...** Porto Alegre, 2003, p.9-43.

LONG, R. A. **El sistema de evaluación Ankony y su aplicación en la mejora del ganado**. Ankony Corporation, Gand Juntion, Colorado, 21 p, 1973.

LUCY, M.C. Growth hormone regulation of follicular growth. **Reproduction Fertility and Development**, v.24, p.19–28, 2011.

MACNEIL, M.D.; CUNDUFF, L.V.; DINKEL, C.A.; KOCH. Genetics correlations among sex-limited traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, p.1171-1180, 1984.

MAIOLI, M. A.; NOGUEIRA, G. P. Padronização da quantificação do fator de crescimento semelhante à insulina I (IGF-1) em plasma bovino por ELISA. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, p. 1545-1553, 2017.

MARSON, E. P.; GUIMARÃES, J.D.; MIRANDA NETO, T. Puberdade e maturidade sexual em novilhas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 28, p, 1-64, 2004.

MARTINELLI JR., C. E.; CUSTODIO, R. J.; OLIVEIRA, M. H. A. Fisiologia do eixo GH-Sistema IGF. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, v. 5, p. 717-725, 2008.

MATOS, A. S. **Estudo da interação genótipo-ambiente em rebanhos da raça Nelore na Amazônia Legal**. Para, 2013. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Para, Faculdade de Medicina Veterinária, 47 p, 2013.

MONTEIRO, F.M.; MERCADANTE, M.E.Z.; BARROS, C.M.; SATRAPA, R.A.; SILVA, J.A.V.; OLIVEIRA, L.Z.; SARAIVA, N.Z.; OLIVEIRA, C.S.; GARCIA, J.M. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nelore heifers selected for postweaning weight. **Theriogenology**, v.80, p.10–17, 2013.

MORAES, J. C. F.; JAUME, C. M.; SOUZA, C. J. H. **Bovinos: condição corporal e controle de fertilidade**. Cartilha informativa, Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 54 p, 2006.

MORAN, C.; QUIRKE, J. F.; ROCHE, J. F. Puberty in heifers: a review. **Animal Reproduction Science**, v. 18, 190 p, 1989.

MOTA, L. F. M.; MARIZ, T. M. A.; RIBEIRO, J. D. S.; SILVA, M. E. F.; LIMA JUNIOR, D. M. Estrutura corporal (frame size) e influências no desempenho produtivo de bovinos de corte. **Revista UFVJM**, Diamantina, MG: Universidade federal dos vales de Jequitinhonha e Mucuri, 19 p, 2014.

MOURA, M. S. Manejo reprodutivo de bovinos na propriedade rural. **PUBVET**, Londrina, v. 5, 16 p, 2013.

MOUSQUER, C. J.; FERNANDES, F. F. D.; FERNANDES, G. A.; CASTRO, W. J. R. Desempenho reprodutivo de matrizes Nelore. **PUBVET**, Londrina, v. 8, 15 p, 2014.

NAKADA, K.; MORIYOSHI, M.; NAKAO, T.; WATANABE, G. Changes in concentrations of plasma immunoreactive follicle-stimulating hormone. luteinizing hormone estradiol-17 β . testosterone. progesterone. and inhibin in heifers from birth to puberty. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 18, 70 p, 2000.

NICACIO, A. C.; MIRANDA, P. A. B.; MARINO, C. T. **Estratégias de manejo para encurtar a estação de monta**. Comunicado técnico, Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 5 p, 2017.

NICACIO, A. C. **Demandas tecnológicas dos sistemas de produção de bovino de corte no Brasil: Reprodução Animal**. Cartilha informativa, Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 22 p, 2016.

NOGUEIRA, A. P. C.; DE ALVARENGA, P. B.; FERREIRA, I. C.; RIOS, M. P.; SILVA, C. R. Desempenho ponderal e reprodutivo no período das águas de novilhas primíparas nelore com complemento proteico prévio na seca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, 342 p, 2015.

NOGUEIRA, A. P. C. Desempenho de vacas primíparas e bezerros nelore submetidos a diferentes manejos de desmama. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, p.33, 2013.

NOGUEIRA, G.P. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science**, v.82-83, p.361-372, 2004.

OSPINA-PATIÑO, H.; MEDEIROS, F.S. **Suplementação a pasto**: uma alternativa na produção de novilho precoce. In Beefpoint., 2003. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/especiais/suplementacao-a->

pasto-uma-alternativa-na-producao-de-novilha-precoce-6430/. Acesso em 30 dezembro 2014.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150, 1993.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética de características reprodutivas de raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 708, 2002.

PEREIRA, E. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira Zootécnica**, v. 29, p. 1676 – 1683, 1999.

PORTOCARRERO, C. P. Leptin and its receptors: regulators of whole-body energy homeostasis. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 15, 500 p., 1998.

PRISM. versão 3.03 for Windows, Prism Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com. 2002.

PROLO, P.; WONG, M. L.; LICINO, J. Leptin. **Int. J. Biochemistry and Cell Biology**, v. 30, 1290 p, 1998.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018.

RADCLIFF, R.P.; VANDEHAAR, M.J.; KOBAYASHI, Y.; SHARMA, B.K.; TUCKER, H.A.; LUCY, M.C. Effect of dietary energy and somatotropin on

components of the somatotrophic axis in holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.1229-1235, 2004.

RESTLE, J.; POLLI, V.A.; SENNA, D.B. Efeito de grupo genético e heterose sobre a idade e peso à puberdade e sobre o desempenho reprodutivo de novilhas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.701-707, 1999.

RICE, L.F. Nutrition and development of replacement heifers. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.7, n.1, p.27-39, 1991.

RINCKER, L. E. D.; VANDEHAAR, M. J.; WOLF, C. A.; LIESMAN, J. S.; CHAPIN, L. T.; NIELSEN, M. S. W. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 3554–3567, 2011.

ROCHA, C. E. **Fatores que influenciam características e valor da carcaça em um rebanho de bovinos da raça Nelore**. Tese (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 96 p, 1999.

ROBINSON, J. J. Nutrition in the reproduction of farm animals. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 3, n. 12, p. 253-276, 1990.

RODRIGUEZ, R. E.; WISE, M. E.; Ontogeny of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the bull calf during infantile and pubertal development. **Endocrinology**, v. 124, 256 p, 1989.

ROMANO, M. A.; BARNABE, V. H.; KASTELIC, J. K.; OLIVEIRA, C. A.; ROMANO, R. M. Follicular dynamics in heifers during prepubertal and pubertal

period kept under two levels of dietary energy intake, **Reproduction in Domestic Animals**, v.42, p.616–622, 2007.

ROSA, A.A.G. **Pastagens naturais e naturais melhoradas no desenvolvimento e desempenho reprodutivo de novilhas Hereford**. Porto Alegre 2010. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mestre em zootecnia, 2013.

ROSA, A. N. F.; NOGUEIRA, E.; CAMARGO JUNIOR, P. P. **Estação de monta em rebanhos de gado de corte**, Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 7 p, 2017.

SAMADI, F.; BLACHE, D.; MARTIN, G. B.; DOCCHIO, M. J. Nutrition, metabolic profiles and puberty in Brahman (*Bos indicus*) beef heifers. **Animal Reproduction Science**, v. 146, p. 134-142, 2014.

SCHILLO, K. K.; HALL, J. B.; HILEMAN, M. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. **Journal Of Animal Science**, v. 70, p. 3998-4003, 1992.

SCHRODER, U.J.; STAUFENBIEL, R. Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1–14, 2006.

SEMMELMANN, C. E. N.; LOBATO, J. F.; ROCHA, M. G. Efeito de sistemas de alimentação no ganho de peso e desempenho reprodutivo de novilhas Nelore acasaladas aos 17/18 meses. **Revista Brasileira Zootécnica**, v. 30, n. 3, p. 835-843, 2001.

SILVA, G. C. et al. Effects of antral follicles count, weight and age on the pregnancy rate after FTAI of Nellore heifers. **Animal Reproduction**, v. 15, 333 p, 2018.

SILVA, J. A.; VAN MELLIS, M. H.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, 2000 p, 2003.

SILVEIRA, A.C.; ARRIGONI, M.B.; OLIVEIRA, H.N.; COSTA, C.; CHARDULO, L.A.; GUILHERME, L.; SILVEIRA, G.; MARTINS, C.L. **produção do novilho superprecoce**. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Disponível em: http://www.simcorte.com/index/Palestras/s_simcorte/04_silveira.PDF. acesso em: 24 novembro 2014.

SIQUEIRA, L. G.; AREAS, V. S.; GHETTI, A. M.; FONSECA, J. F.; PALHAO, M. P.; FERNANDES, C. A.; VIANA, J. H. Color doppler flow imaging for the early detection of nonpregnant cattle at 20 days after timed artificial insemination. **Journal of Dairy Science**, v. 96, 6472 p, 2013.

SOUZA, E. M.; LOPES, P. S.; TEODORO, R. L.; VERNEQUE, R. S.; EUCLYDES, R. F.; FERREIRA, W. J.; ALMEIDA, M. Influências genéticas e de meio ambiente sobre a idade ao primeiro parto em rebanhos de Gir leiteiro. **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, v. 24, 935 p, 1995.

SOUZA, J.C.; RAMOS, A.A.; Da SILVA, L.O.C.; EUCLIDES FILHO, K.; ALENCAR, A.A.; WECHSLER, F.S.; FERRAZ FILHO, P.B. Fatores do ambiente sobre o peso ao desmame de bezerros da raça Nelore em regiões tropicais brasileiras. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.30, n.5, p.881-885, 2000.

SOUSA, R. T.; GONÇALVES, J. L.; SANTOS, S. F.; FERNANDES, A. M. F.; RICCI, G. D. Fatores relacionados ao desenvolvimento reprodutivo em novilhas: Revisão. **PUBVET**, v. 12, 10 p, 2018.

SOSA, C.; CARRIQUIRY, M.; CHALAR, C.; CRESPI, D.; SANGUINETTI, C.; CAVESTANY, D.; MEIKLE, A. Endometrial expression of leptin receptor and members of the growth hormone—Insulin-like growth factor system throughout the estrous cycle in heifers. **Animal Reproduction Science**, v.122, p.208–214, 2010.

SPICER, L.J. Leptin: a possible metabolic signal affecting reproduction. **Domestic Animal Endocrinology**, v.21, p.251-270, 2001.

STAGG, K. **Anoestrus in the post-partum suckled beef cow and in the nutritionally restricted beef heifer**. Dissertação, The National University of Ireland, Dublin, 2000.

STEWART, R. E.; SPICER, L. J.; HAMILTON, T. D.; KEEFER, B. E.; DAWSON, L. J.; MORGAN, G. L.; ECHTERNKAMP, S. E. Levels of insulin-like growth factor binding proteins, luteinizing hormone and IGF-1 receptors, and steroids in dominant follicles during the first follicular wave in cattle exhibiting regular estrous cycles. **Endocrinology**, v. 137, 2913 p, 1996.

STOUFFER, J.R.; CROSS, H.R. Evaluation of beef cattle with real-time array ultrasound. **Journal of Animal Science**, v.61, p.144, 1985.

TRINDADE JUNIOR, G.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; NEGRÃO, J. A.; BARROSO, D. S.; DIAS, D. L. S.; COSTA, P. B. Ganho compensatorio de novilhas mestiças suplementadas em pastagens sob avaliação do perfil hormonal e parâmetros sanguíneos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, 1494 p, 2015.

UNGER, R. H. Minireview: weapons of lean body mass destruction: the role of ectopic lipids in the metabolic syndrome. **Endocrinology**, v. 144, p. 5159-5163, 2003.

VAICIUNAS, A; COUTINHO, L. L.; MEIRELLES, F. V.; PIRES, A. V.; SILVA, L. F. P. Leptin and hypothalamic gene expression in early-and late-maturing Bos indicus Nellore heifers. **Genetics and molecular biology**, v. 31, 670 p, 2008.

VAN MELIS, M.H.; ELER, J.P.; SILVA, J.A.V. Estimação de parâmetros genéticos em bovinos de corte utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1624-1632, 2003.

WATHES, D. C. Time course of defense mechanisms in bovine endometrium in response to lipopolysaccharide. **Biology of Reproduction**, v.87, 146 p, 2012.

WERTZ-LUTZ, A.E.; JENNINGS, J.S.; CLAPPER, J.A. Plasma ghrelin concentrations of beef cattle consuming a similar amount of dietary energy supplied by different ingredients. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2289-2299, 2010.

WETTEMANN, R.P.; LENTS, C.A.; CICCIOLO, N.H.; WHITE, F.J; RUBIO, I. Nutritional and suckling mediated anovulation in beef cows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.48-59, 2003.

YELICH, J.V.; WETTEMANN, R.P.; MARSTON, T.T; SPICER, L.J. **Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-i, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates**. Oklahoma: Animal Science Department, v. 13, 14 p, 1996.

YLMAZ, A.; DAVIS, M. E.; SIMMEN, R. C. M. Analysis of female reproductive traits in Angus beef cattle divergently selected for blood sérum insulin-like growth factor 1 concentration. **Theriogenology**, v. 65, 1200 p, 2006.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; CECO, P.R. Desempenho de Novilhas Mestiças e Parâmetros Ruminais em Novilhos, Suplementados durante o Período das Águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1050-1058, 2002.

ZIEBA, D. A.; AMSTALDEN, M.; MORTON, S.; GALLINO, J. L.; EDWARDS, J. F.; HARMS, P. G.; WILLIAMS, G. L. Effects of leptina on basal and GHRH-stimulated GH secretion from the bovine adenohipophysis are dependente upon nutritrional status. **Journal Endocrinology**, v. 178, 90 p., 2003.

ANEXO A – Comitê de Ética



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



CAMPUS ARAÇATUBA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA - Ethics Committee on the Use of Animals

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa intitulado "**Importância da espessura da gordura subcutânea como indicador de status energético e seu impacto sobre a puberdade e desempenho na primeira estação de monta de novilhas Nelore**", Processo FOA nº 00675-2017, sob responsabilidade de Guilherme de Paula Nogueira apresenta um protocolo experimental de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal e sua execução foi aprovada pela CEUA em 19 de Setembro de 2017.

VALIDADE DESTES CERTIFICADO: 19 de Dezembro de 2019.

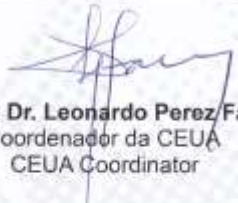
DATA DA SUBMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL: até 19 de Janeiro de 2020.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled "**Importance of subcutaneous fat thickness as an indicator of energetic status and its impact on puberty and performance in the first mating season of Nelore heifers**", Protocol FOA nº 00675-2017, under the supervision of Guilherme de Paula Nogueira presents an experimental protocol in accordance with the Ethical Principles of Animal Experimentation and its implementation was approved by CEUA on September 19, 2017.

VALIDITY OF THIS CERTIFICATE: December 19, 2019.

DATE OF SUBMISSION OF THE FINAL REPORT: January 19, 2020.


Prof. Ass. Dr. Leonardo Perez Faverani
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba
Rua José Bonifácio, 1193 - Vila Mendonça - CEP: 16015-050 - ARAÇATUBA - SP
Fone (18) 3636-3234 Email CEUA: ceua@foa.unesp.br