

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NA RECRIA DE NOVILHAS NELORE
DESTINADAS À REPRODUÇÃO**

Laylles Costa Araújo
Zootecnista

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NA RECRIA DE NOVILHAS NELORE
DESTINADAS À REPRODUÇÃO**

Discente: Laylles Costa Araújo

Orientador: Dr. Gustavo Rezende Siqueira

Coorientadora: Dra. Laura Franco Prados

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia

2022

A663e Araújo, Laylles Costa
Estratégias nutricionais na recria de novilhas nelore
destinadas à reprodução / Laylles Costa Araújo. -- Jaboticabal,
2022
57 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Gustavo Rezende Siqueira
Coorientadora: Laura Franco Prados

1. Novilhas. 2. Estratégias nutricionais. 3. Reprodução. 4.
Confinamento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NA RECRIA DE NOVILHAS NELORE DESTINADAS À REPRODUÇÃO

AUTORA: LAYLLES COSTA ARAÚJO

ORIENTADOR: GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA

COORIENTADORA: LAURA FRANCO PRADOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:



Pesquisador Dr. GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA ColinaSP



Pesquisador Dr. EDUARDO MAROSTEGAN DE PAULA (Participação Virtual)
APTA - Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP



Profa. Dra. ALINE GOMES DA SILVA (Participação Virtual)
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul-UFMS / Campo Grande/MS



Pesquisadora Dra. CLÁUDIA BATISTA SAMPAIO (Participação Virtual)
Centro de ciências Agrárias - Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Viçosa - Viçosa/MG



Pós-doutoranda JULIANA DUARTE MESSANA (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2022

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Laylles Costa Araújo, nascida em 19 de abril de 1991 na cidade de São Luis, Maranhão, filha de José Ribamar Pereira Araújo e Raimunda Nonata Mendes Costa. Em 2009 Ingressou no curso de bacharel em Zootecnia na Universidade Estadual de Maranhão – UEMA, obtendo o título de Zootecnista em 2014, sob orientação da Professora Dra. Anali Linhares Lima. Em 2014 iniciou o mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, sob orientação do Professor Dr. Eriton Egídio Lisboa Valente, sendo bolsista pela CAPES. Em 2018 iniciou o doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira.

Elevo os meus olhos para os montes: de onde me virá socorro? O meu socorro virá do Senhor, criador do céu e da terra. Ele não permitirá que teus pés resvaalem; não dormirá aquele que te guarda. Não, não há de dormir, nem adormecer o guarda de Israel. O Senhor é teu guarda, o Senhor é teu abrigo, sempre ao teu lado. De dia, o sol não te fará mal; nem a lua durante a noite. O Senhor te resguardará de todo o mal; ele velará sobre tua alma. O Senhor guardará os teus passos, agora e para todo o sempre.

Bíblia sagrada

(Salmo 120).

*Dedico este trabalho as pessoas que considero essenciais na minha vida, minha felicidade, as pessoas que me dão forças para tentar fazer todo dia um dia melhor. Dedico às pessoas que mais amo nesse mundo, amo simplesmente por existirem, amo, pois fazem parte de mim, pois estão do meu lado, mesmo em alguns momentos estando longe, me aconselham, me direcionam, me incentivam, torcem por mim em todos os momentos, vibram comigo nas vitórias e continuam me incentivando nas derrotas. Dedico às pessoas que me levantam antes mesmo da queda, que me acalmam mesmo que só com palavras. As pessoas que estão comigo, onde eu estiver, mesmo que só em pensamento. Essas pessoas são minha mãe **Raimunda Nonata Mendes Costa**, meu pai **José Ribamar Pereira Araújo**. Amo vocês!!*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por esse tempo de desafios, de conquistas, de aprendizado, de renúncias, de fé e de esperas, pois Sua vontade é perfeita e agradável.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Zootecnia** da Universidade Estadual Paulista, UNESP – campus de Jaboticabal pela oportunidade de realização do doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (**CAPES**) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador **Dr. Gustavo Rezende Siqueira**, pela contribuição na minha formação, ajudando-me sempre com paciência e experiência em todas as fases deste trabalho, principalmente sendo exemplo constante de dedicação, liderança e responsabilidade. Agradeço a oportunidade.

Aos professores **Dr^a Claudia Sampaio, Dr^a Aline Gomes, Dr^a Juliana Duarte, Dr^o Eduardo Marostegan, Dr^o Emanuel, Dr^a Marcia Helena, e Dr^a Ana Lucia Almeida**, por aceitarem participarem da banca de qualificação e defesa, e pelas contribuições ao trabalho.

Ao **Dr. Flávio Dutra de Resende**, pelos ensinamentos, bons conselhos.

A **Dra. Laura Franco Prados** minha coorientadora! Toda minha gratidão, obrigada por sempre me ajudar na condução do trabalho e principalmente pela amizade, conselhos, e sempre acreditar no meu potencial, “*ser luz não é sobre brilhar, e sim sobre iluminar caminhos*”, obrigada por ter iluminado o meu, você é única e especial.

Aos meus **pais Raimunda Nonata Mendes Costa e José Ribamar Pereira Araújo**, por serem razões da minha vida, por serem esteio em minhas exaustões e impulso em minhas incertezas.

A minha irmã **Gabryella Costa Araújo**, pelo apoio de sempre, em todos os momentos.

Aos meus sobrinhos, **Marya Clara, Luiggi e Maria Luiza**, alegria e amores da minha vida.

Aos estagiários que foram meu braço direito e esquerdo na condução do experimento, sem vocês eu não teria conseguido, cada um com seu jeito fez a diferença, **Hugo** sempre colaborativo com coração enorme, **William Foresto** jeito engraçado, divertido tornando as coisas mais leves, **Jaque** sempre carinhosa, responsável e educada, **Duda** sempre atenciosa com tudo que fazia, obrigada por tudo.

Aos estagiários “temporários” que fizeram grande diferença também: **Emerson, Juliana, Luciana e Mateus Guilherme (UEM)**.

Aos companheiros da “Hospedaria”: **Jessica do Leite, Zé Maria, Verônica (Brow), Paloma, Felipão, Luis Henrique, Max, Wendel, Ivanna, Luciana, Henrique, Igor, Irene, Mailza, Amanda, Aline, Karla, Melany, Raniere**, muito obrigada por todos os momentos que tivemos, tenho certeza de que aprendemos uns com os outros.

As minhas Amigas mais lindas do mundo: minha amiga **Bia**, gratidão pela nossa amizade, por nossas conversas intermináveis, nossos cafés e por todo amor que nos dedicamos, você foi essencial na minha caminhada. A minha amiga **Jessica Gervásio** minha amiga desde o primeiro dia, sempre companheira e amiga, me acolheu em momentos muitos difíceis e momentos alegres também, o doutorado não seria o mesmo sem você. A minha amiga **Jessica do Leite**, você para mim foi mais do que uma companheira de quarto, foi amiga, confidente, alguém que me cuidou e me acolheu você sabe da sua importância na minha vida. A minha amiga **Karla** uma pessoa simplesmente incrível, empática acolhedora, prestativa obrigada por sempre está disponível. A **Mailza** uma pessoa que em pouco tempo tomou conta do meu coração, sensível e ao mesmo tempo forte, alguém que me inspira, obrigada por tudo. A **Irene** uma pequenina de um coração enorme, cheio de bondade, amor e doçura. A **Aline Naime**, alegre e disposta a ensinar tudo, nem que seja uma música rrsrs “bora dançar”. A **Amanda** pessoa extremamente divertida, que faz a diferença.

A TODOS os funcionários da APTA, em especial **Luizinho, Roberto, seu Alcino, seu João, Toizinho, Delei, Miltinho e Chico**.

A **Agroceres Multimix e Zoetis** pelo financiamento do projeto, ao **Médico Veterinário Anderson** e a equipe reprodução, a **CRV** pelo sêmen utilizado na inseminação das novilhas.

Aos que por algum motivo deixei de citar aqui, saibam da minha eterna gratidão, oportunidade de convivência, aprendizado e crescimento.

Nesse doutorado, aprendi muito mais do que emprenhar uma novilha aos 14 meses, ou suplementação na recria, ou como se faz o Boi 777. Aprendi a me conhecer, aprendi a conviver com o diferente, sem preconceitos, aprendi que meus sonhos podem se tornar a realidade, desde que eu lute por eles, portanto se você pode sonhar, você pode realizar.

Meus sinceros agradecimentos

Com amor

Laylles Costa Araújo

Sumário

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. OBJETIVO.....	2
3. HIPÓTESES.....	2
4. REVISÃO DE LITERATURA	2
4.1 Idade a puberdade.....	2
4.2 Efeito da nutrição no desenvolvimento dos folículos	4
4.3 Endocrinologia da puberdade	5
4.4 Nutrição e puberdade	9
4.5 Fatores que interferem na puberdade.....	11
4.5.1 Peso corporal	11
4.5.2 Ganho de peso.....	12
4.5.4 Consumo	14
4.6 Metabolismo energético e Reprodução	16
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1. Animais, área experimental e tratamentos experimentais	20
5.2. Avaliação da forragem e método de pastejo.....	23
5.3. Desempenho animal	26
5.4. Ultrassonografia de carcaça (US).....	26
5.5. Desempenho reprodutivo.....	26
5.5.1. Estação de monta.....	26
5.6. Análises químicas	27
5.7. Parâmetros sanguíneos.....	28
5.8. Análise estatística	28
6. RESULTADOS	29
6.1 Peso corporal e desempenho	29
6.2. Ultrassonografia de carcaça (US).....	32
6.3 Desempenho reprodutivo.....	36
6.4. Parâmetros sanguíneos.....	36
7. DISCUSSÃO	37
8. CONCLUSÃO.....	41
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS.....	41
10. REFERÊNCIAS.....	44

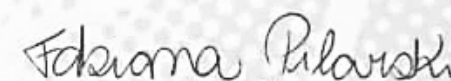
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Estratégias nutricionais na recria de novilhas nelore destinadas à reprodução**", protocolo nº 011105/19, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Gustavo Resende Siqueira, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 18 de dezembro de 2019.

Vigência do Projeto	20/12/2019 a 17/08/2020
Espécie / Linhagem	Novilhas da raça Nelore
Nº de animais	126
Peso / Idade	180 Kg / meses
Sexo	Fêmeas
Origem	

Jaboticabal, 18 de dezembro de 2019.


Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NA RECRIA DE NOVILHAS NELORE DESTINADAS À REPRODUÇÃO

RESUMO: O objetivo desse estudo foi avaliar a substituição do confinamento pela suplementação a pasto (fixa ou crescente) no desempenho e taxa de prenhez de novilhas Nelore, submetidas aos 14 ± 1 meses, ao protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF). No dia 0 (d0), cento e vinte quatro novilhas Nelore desmamadas (152 ± 22 kg de peso corporal (PC); 240 ± 28 dias de idade) foram bloqueadas por peso e distribuídas aleatoriamente para receber: (1) dieta de crescimento em confinamento com relação volumoso concentrado 77:23 (62,2% de nutrientes digestíveis totais (NDT), 12,0% de proteína bruta (PB) da matéria seca (MS) da dieta) *ad libitum* em de d0 a d246 (**CONF**; 6 baias e 7 novilhas/baia); (2) suplementação fixa em 1% do PC em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu de d0 a d246 (**PAS10**; 6 piquetes; 7 novilhas/piquete e 4 ha/piquete); e (3) aumento da suplementação em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu de 0,8% do PC de d0 a d80 e 1,2% do PC do d81 a d246 (**PAS812**; 6 piquetes; 7 novilhas/piquetes e 4 ha/piquetes), o experimento foi dividido em duas fases: fase de crescimento (d0-d160), fase reprodutiva (d161-d246) as estratégias PAS10 e PAS812 foram, moduladas para receberem a mesma quantidade de suplemento durante a fase de crescimento. Para avaliação das novilhas foram realizadas ultrassom de carcaça, avaliações de desempenho, e colheitas de sangue. As novilhas foram submetidas ao protocolo de indução que consistia em um tratamento intravaginal (CIDR) inserção do d138, remoção do CIDR no d150, no d160 início do protocolo reprodutivo (estação de monta). A taxa de prenhez final foi determinada pelo número de novilhas prenhas dividido pelas novilhas expostas aos protocolos de IATF (2 protocolos), (d204 e d239). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por 18 unidades experimentais (baia/piquete). Houve interação entre estratégias nutricionais e dias experimentais no PC das novilhas ($P=0,01$). As novilhas de todas as estratégias apresentaram PC inicial semelhante. Ao final do experimento (d246) novilhas do CONF apresentaram tendência de maior PC comparada as novilhas PAS10 ($P=0,07$) e PAS812 ($P=0,09$). Houve interação entre estratégias nutricionais e dias experimentais no GMD ($P=0,01$). No período de d0-d80 foi observado um maior GMD para novilhas do CONF, seguido das novilhas alimentadas com as estratégias PAS10 e PAS812, no segundo período de crescimento (d81-d160), as novilhas das estratégias PAS812 apresentaram maior GMD diferindo das novilhas do CONF e PAS10. No período reprodutivo (d161 até d246) o GMD das novilhas foram similares. As estratégias nutricionais influenciaram o GMD no período de crescimento (d0-d160) e no período total do estudo (d0-d246; $P=0,01$). A taxa de prenhez final não foi afetada pelas estratégias ($P=0,75$), bem como a taxa de ovulação ($P=0,74$) e tamanhos dos folículos ($P=0,61$). Não houve interação, entre estratégias nutricionais $\times$ dias experimentais para os níveis de glicose ($P \geq 0,31$), somente tendência a interação para os dias experimentais ($P \leq 0,09$). Para os níveis de insulina houve tendência a interação estratégias nutricionais $\times$ dias experimentais ($P \leq 0,07$). O CONF pode ser substituído pelas estratégias PAS10 vs. PAS812 pois o desempenho produtivo e reprodutivo, foi semelhante para as novilhas Nelore submetidas aos 14-15 meses de idade ao protocolo de IATF.

Palavras chaves: confinamento, nulíparas, nutrição, precocidade, suplementação a pasto, reprodução

NUTRITIONAL STRATEGIES IN GROWING NELLORE HEIFERS ON PURPOSE FOR REPRODUCTION

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate different nutritional management strategies (drylot vs. supplementation on pasture) to optimize growth and reproductive performance of Nellore heifers submitted to the fixed-time artificial insemination (FTAI) at 14-15 mo. On d0, 126 weaned Nellore heifers (152 ± 22 kg of BW; 240 ± 28 days of age) were stratified by BW and age, and randomly assigned to receive: (1) high-concentrate-based diet (62.2% TDN, 12.0% CP of DM of diet) *ad libitum* in feedlot from d 0 to 246 (**FDL**; 6 pens and 7 heifers/pen); (2) fixed supplementation at 1% of BW on *Brachiaria* pastures from d0 to 246 (**PAS10**; 6 pastures; 7 heifers/pastures and 4 ha/pasture); and (3) increasing supplementation on *Brachiaria pastures* at 0.8% of BW from d 0 to 80 and 1.2% of BW from d 81 to 246 (**PAS812**; 6 pastures; 7 heifers/pastures and 4 ha/pasture). The experiment was divided into two phases: growth phase (d0-d160), reproductive phase (d161-d246) and the PAS10 and PAS812 strategies were modulated to receive the same amount of supplement during the growth phase. To evaluate the heifers, carcass ultrasound, performance evaluations, and blood samples were taken. The heifers were submitted to the induction protocol that consisted of an intravaginal treatment (CIDR) insertion on d138, removal of the CIDR on d150, on d160 start of the reproductive protocol (breeding season). The final pregnancy rate was determined by the number of pregnant heifers divided by the heifers exposed to the IATF protocols (2 protocols), (d204 and d239). The experimental design was in randomized blocks, composed of 18 experimental units (pen/pastures). There was an interaction between nutritional strategies and experimental days on the CP of heifers ($P=0.01$). Heifers of all strategies had similar initial CP. At the end of the experiment (d246) CONF heifers tended to have higher CP compared to PAS10 ($P=0.07$) and PAS812 ($P=0.09$). There was interaction between nutritional strategies and experimental days on GMD ($P=0.01$). In the period d0-d80 a higher GMD was observed for heifers of CONF, followed by heifers fed with PAS10 and PAS812 strategies, in the second growth period (d81-d160), heifers of PAS812 strategies showed higher GMD differing from heifers of CONF and PAS10. In the reproductive period (d161 to d246) the GMD of the heifers were similar. The nutritional strategies influenced the GMD in the growing period (d0-d160) and in the total period of the study (d0-d246; $P=0.01$). Final pregnancy rate was not affected by the strategies ($P=0.75$), as were ovulation rate ($P=0.74$) and follicle sizes ($P=0.61$). There was no interaction, between nutritional strategies $\times$ experimental days for glucose levels ($P \geq 0.31$), only a trend to interaction for experimental days ($P \leq 0.09$). For insulin levels there was a tendency to interaction nutritional strategies $\times$ experimental days ($P \leq 0.07$). CONF can be replaced by the PAS10 vs. PAS812 strategies because the productive and reproductive performance, was similar for Nellore heifers submitted at 14-15 months of age to the IATF protocol.

Keywords: feedlot, nulliparous, nutrition, precocity, supplementation to pasture, reproduction.

LISTA DE ABREVIATURAS

AOL	Área de olho de lombo
CAL	Caloria
CIDR	Dispositivo intravaginal
CL	Corpo Lúteo
CONF	Confinamento
DG	Diagnóstico de gestação
DIVMS	Digestibilidade in vitro da matéria seca
E ₂	Estradiol
ECC	Escore de condição corporal
EE	Extrato etéreo
EGPU	Espessura de gordura subcutânea na garupa
EGS	Espessura de gordura subcutânea
EM	Estação de Monta
EPM	Erro padrão da média
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FO	Folículo ovulatório
FSH	Hormônio folículo estimulante
GH	Hormônio de crescimento
GMD	Ganho médio diário

GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
ha	Hectare
IATF	Inseminação artificial em tempo fixo
IEP	Intervalo entre partos
IGF-I	Fator de crescimento semelhante a insulina I
I.M	Intramuscular
IPP	Idade ao primeiro parto
kg	Kilograma
LH	Hormônio Luteinizante
ML	Mililitro
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
P	Período
PAS10	Suplementação fixa 1% PC
PAS812	Suplementação crescente de 0,8% a 1,2% PC
PB	Proteína bruta
PC	Peso corporal
SNC	Sistema nervoso central
SG	Sangue
Trat	Tratamento
T×P	Interação tratamento e período
UA	Unidade animal
USS	Ultrassom
V:C	Relação volumoso: concentrado

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição da dieta e dos suplementos das estratégias nutricionais da recria de novilhas Nelore no confinamento, período seco e período chuvoso.....	23
Tabela 2.	Composição quantitativa , morfológica e química do dossel forrageiro dos piquetes de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	25
Tabela 3.	Desempenho reprodutivo de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria	36
Tabela 4.	Parâmetros sanguíneos de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	37
Tabela 5.	Taxa de prenhez estratificadas por peso de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	42
Tabela 6.	Taxa de prenhez estratificadas por EGS de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Curva de crescimento de bovinos: a) concepção, b) nascimento, c) fase de máximo crescimento, d) puberdade, e) pós-puberdade, f) maturidade. Adaptado de Owens et al. (1993)	3
Figura 2.	Eventos neuroendócrinos do início da puberdade. (Fonte: Vasantha e Kona, 2016).....	7
Figura 3.	Mudanças endócrinas durante que resultam na maturidade sexual de novilhas (Fonte: Day e Anderson, 1998).....	8
Figura 4.	Efeito do IGF-1 no eixo reprodutivo (Fonte: Adaptado de Zulu et al. 2002).....	18
Figura 5.	Precipitação (valores entre parênteses corresponde aos dias chuvosos), temperatura máxima, mínima e média no período experimental de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria. Fonte: Estação meteorológica da APTA-Colina, SP, Brasil.....	20
Figura 6.	Representação esquemática das estratégias nutricionais impostas a novilhas Nelore durante a recria.....	21
Figura 7.	Representação esquemática do protocolo da estação de monta de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	27
Figura 8.	Peso corporal (kg) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	30
Figura 9.	Ganho médio diário (GMD) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	31
Figura 10.	Ganho médio diário geral (GMD) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	32
Figura 11.	Interação entre dias experimentais e estratégias nutricionais sobre largura de garupa (A), altura de garupa (B) e comprimento torácico (C) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.....	34
Figura 12.	Modelo de antecipação da idade ao primeiro parto de novilhas Nelore	41 43

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A nutrição é um dos principais fatores ambientais que regulam o processo de puberdade em bovinos (Cooke et al., 2020). Estratégias de manejo nutricional, envolvendo frequências de suplementação contínuas, estratificadas ou sistemas mais intensivos (confinamento), tem sido utilizadas de forma promissora para antecipar o início da puberdade, utilizando o conceito de peso corporal “alvo”. Essa abordagem estabelece um objetivo de alcance de peso entre 60 e 65% de peso corporal (PC) maduro, como regra prática, para novilhas alcançarem a puberdade (Cooke et al., 2020). No entanto, o PC alvo não deve ser estabelecido unicamente com base na resposta fisiológica do animal, a existência de interações complexas entre o genótipo e ambiente, sazonalidade na produção de forragem, e eficiência econômica, também devem ser consideradas no planejamento de uma estratégia nutricional, para ocorrência da puberdade em novilhas (Da Silva et al., 2017).

O aumento da ingestão de nutrientes causa um impacto positivo na obtenção da puberdade (Moriel et al., 2020), por modular as concentrações circulantes de hormônios e metabolitos associados à energia (Cooke et al., 2007). As concentrações sanguíneas de glicose, insulina e IGF-I são afetadas positivamente pelo aumento da frequência de suplementação (Moriel et al., 2020), estes hormônios e metabólitos são associados ao ganho de PC e à função reprodutiva de novilhas (Schillo et al., 1992). O aumento da suplementação próximo à estação de monta, (EM) é uma estratégia que pode aumentar a concentração de hormônios e metabólitos sanguíneos proporcionando melhores índices reprodutivos (De Almeida et al., 2018).

Contudo, são escassos na literatura estudos em novilhas Nelore (Da Silva et al., 2017; Ortega et al., 2020), sobre como o fornecimento do suplemento deve ser realizado durante o pós-desmame. Diante do exposto, fica evidente que o efeito desses fatores sobre a eficiência reprodutiva de novilhas zebuínas no intuito de antecipar a maturidade sexual com 14 ± 1 meses ainda não é totalmente elucidado.

2. OBJETIVO

Avaliar a substituição do confinamento pela suplementação a pasto (fixa ou crescente) no desempenho e prenhez de novilhas Nelore submetidas aos 14 ± 1 meses ao protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF).

3. HIPÓTESES

- Atingindo o mesmo peso corporal ao início do protocolo reprodutivo, novilhas suplementadas a pasto teriam o mesmo desempenho reprodutivo que as confinadas;
- A intensificação nutricional a pasto próxima a puberdade iria potencializar o desempenho reprodutivo, apresentando maiores taxas de prenhez comparadas com novilhas com suplementação fixa.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Idade a puberdade

A eficiência reprodutiva está relacionada principalmente com a taxa de prenhez, taxa de parição, intervalo entre partos e desmama anual (Emerick et al., 2009). Vale destacar que o ponto primordial em sistemas de produção de gado de corte é a produção de carne e, para isto, é desejável que toda fêmea gere um animal por ano. Os indicadores que vão conduzir as tomadas de decisões de forma assertiva são: Idade ao primeiro parto (IPP), taxa de prenhez, intervalo entre partos (IEP), taxa de mortalidade, idade ao abate, peso a desmama, kg de bezerro/ha/ano, dentre outros (Silva et al., 2005a). A idade a puberdade é uma variável importante, pois afeta a produtividade dos sistemas de cria, uma vez que reduz o número de novilhas em recria (Silva et al., 2005a). A puberdade precoce na bovinocultura de corte sinaliza uma importância econômica, pois as novilhas que apresentam a primeira cria ao redor de 2 anos de idade produzem mais bezerros durante sua vida reprodutiva (Dias et al., 2004). Diante disso, a eficiência reprodutiva apresenta-se como uma consequência de boas condições de nutrição, manejo e sanidade, aliadas a um padrão genético, onde são consideradas características importantes, que influenciam diretamente o desfrute geral do rebanho.

O Brasil detém o maior rebanho comercial do mundo (ABIEC, 2020), destacando-se pelo seu tamanho e pelo potencial de crescimento e aumento da produtividade. Aliado a isso, tem-se predominantemente animais zebuínos, com destaque para a raça Nelore, que corresponde a cerca de 80% do rebanho efetivo brasileiro (Latawiec et al., 2014). A interação do Nelore com a pecuária brasileira acarreta uma grande competitividade com os demais países produtores (Latawiec et al., 2014). Entretanto, apesar dessas peculiaridades, a exploração pecuária, em diferentes regiões, submete os animais a efeitos diretos e indiretos do clima, que causam redução na diminuição em características produtivas como: ganho de peso, idade ao primeiro parto, kg de bezerro/ha/ano, comprovados pelos baixos índices de produtividade (Eaton et al., 2011; Latawiec et al., 2014).

Precocidade sexual pode ser definida como a velocidade que o animal atinge a puberdade, ocorre quando os hormônios que são responsáveis pelo crescimento do tecido ósseo e muscular diminuem e são substituídos por hormônios sexuais, manifestando o cio das fêmeas (Fernandes et al., 2015). Os tecidos crescem e se desenvolvem cronologicamente em “ondas de crescimento específicos” alguns tecidos crescem e se desenvolvem antes de outros, o peso acumulado em relação à idade animal segue uma curva sigmoide, esta curva é composta da fase pré-púbere que ocorre a aceleração do crescimento e a fase pós-púbere, caracterizada como auto inibidora (Figura 1; Owens et al., 1993).

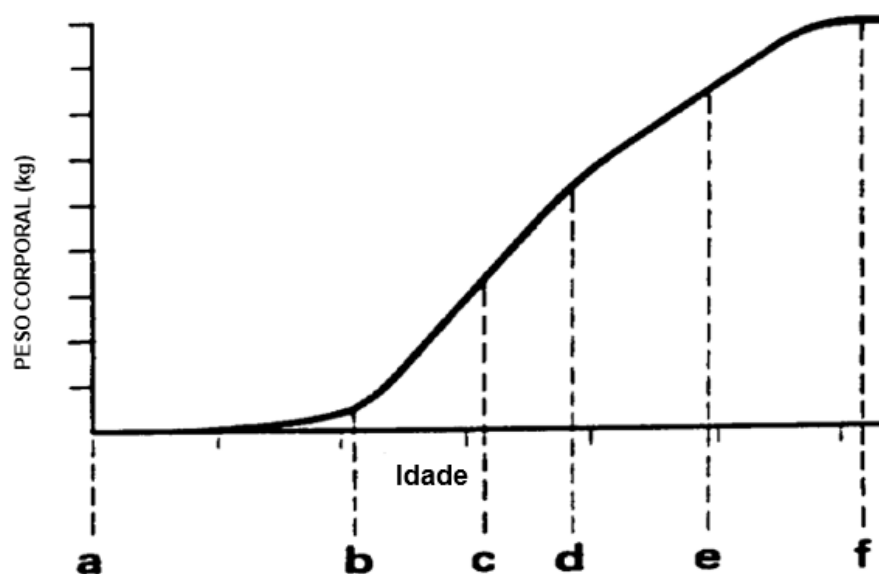


Figura 1. Curva de crescimento de bovinos: a) concepção, b) nascimento, c) fase de máximo crescimento, d) puberdade, e) pós-puberdade, f) maturidade. Adaptado de Owens et al. (1993).

O início da vida reprodutiva aos 14 meses em novilhas Nelore é uma realidade de poucos sistemas de produção no Brasil, devido, principalmente, às más condições nutricionais encontradas nas propriedades e falta de seleção genética para precocidade sexual desses animais (Ferreira et al., 2012). Os sistemas de produção diferem pelo grau de tecnologia empregado, estas tecnologias interagem resultando em mudanças na eficiência econômica conforme a intensidade com que são aplicadas. A idade em que as novilhas são submetidas a estação de monta (EM), é uma medida de manejo que caracteriza bem a intensificação do sistema, e idade à puberdade torna-se mais importante quanto mais intensivo for o sistema de produção (Restle et al., 1999). Beard et al. (2019) apresentaram as principais vantagens e desvantagens de submeter novilhas a EM em idades mais precoces. Como vantagens os autores relacionaram o retorno mais rápido do investimento, o aumento da vida produtiva da vaca e a menor relação entre reposição e reprodução, onde diminui a quantidade de fêmeas em recria. As desvantagens são o aumento dos custos para que a novilha possa entrar em reprodução em uma idade mais jovem, o aumento da distocia e outros problemas relacionados, incluindo custos, investimentos em manejo para lidar com problemas de parto e uma menor taxa de retorno ao cio do que vacas mais velhas (Short et al., 1994). O coeficiente de herdabilidade pode variar, os valores médios de herdabilidade para precocidade sexual são baixos (Silva et al., 2005b), visto que a nutrição interfere diretamente nesta estimativa.

4.2 Efeito da nutrição no desenvolvimento dos folículos

O efeito da nutrição no desenvolvimento da dinâmica folicular de bovinos tem sido pouco relatado, entretanto o hipotálamo (através da síntese e liberação de GnRH), a hipófise anterior (através da síntese e liberação de FSH, LH e GH) e os ovários (através da regulação do crescimento folicular e da síntese de esteroides), constituem locais de ação dos nutrientes (Perry, 2012). Diskin et al. (2003), em uma revisão sobre os efeitos da nutrição no desenvolvimento folicular, sugeriram que os

mecanismos que levam a falha na ovulação podem operar de forma diferente nestes determinados locais, dependendo da duração e da severidade da restrição alimentar.

Mackey et al. (1999) demonstraram o efeito da nutrição sobre a dinâmica folicular submetendo novilhas a níveis restritos de manutenção (0,4 cal/kg) e uma dieta controle que supria as necessidades nutricionais (1,2 cal/kg, encontraram menor tamanho de folículo dominante, falha na ovulação e na detecção do estro para as novilhas em restrição aguda, ocasionados pela ausência dos picos de FSH e LH, inibindo a secreção de estradiol. Os autores concluíram que a ausência do feedback positivo ocasionou baixas concentrações de estradiol impedindo o aumento da pulsatilidade do GnRH no hipotálamo, característico da fase do ciclo estral.

Em novilhas, o crescimento folicular é observado a partir de 6 a 24 meses de idade e depende principalmente de fatores ambientais e genéticos que são associados com desempenho reprodutivo (Barcellos et al., 2014). Trabalhando neste sentido Barcellos et al. (2014) submeteram novilhas cruzadas (classificadas de acordo com porcentagem de grau Nelore) a quatro níveis nutricionais para proporcionar diferentes ganhos (0,500; 0,750; 1,00 e 1,25 kg/dia) a partir do desmame até o início da puberdade. Os autores encontraram maior tamanho de folículo para os grupos que receberam altos níveis nutricionais (1,00 e 1,25 kg/dia) e concluíram que novilhas submetidas ao maior nível nutricional apresentam maior tamanho de folículo e menor idade a puberdade (21 dias antes da estação de monta).

Em um trabalho com novilhas de corte alimentadas com 0,7%; 1,1% ou 1,8% (PC/dia/MS), Murphy et al. (1991) detectaram uma redução no diâmetro e na persistência do folículo dominante (FD) nos animais alimentados com níveis mais baixos, apesar da ovulação ter se mantido. Trabalhos mais recentes obtiveram resultados semelhantes, com redução na taxa de crescimento, diâmetro máximo e quantidades de folículos em níveis mais baixos de alimentação (Nepomuceno et al., 2017; Ortega et al., 2020). Dessa forma, a nutrição modela as respostas reprodutivas, indicando que é capaz de atuar nos dois níveis de controle da reprodução, central e periférico.

4.3 Endocrinologia da puberdade

A puberdade é conceituada como o culminar de uma série de eventos neuroendócrinos que resultam em uma ovulação acompanhada de um

comportamento de cio e função luteal normal (Day e Anderson, 1998). Além disso é acompanhada por alterações nas concentrações de gonadotrofinas e aumento de esteroides sexuais circulantes que caracterizam a primeira ovulação, acompanhada de um desenvolvimento de um corpo lúteo (CL) capaz de se manter durante um ciclo estral completo (Vasanth e Kona, 2016).

A idade a puberdade seguida da primeira concepção gera um grande impacto na eficiência reprodutiva e econômica das fêmeas bovinas, refletindo durante toda a vida produtiva da futura matriz (Short et al., 1994; Dickinson et al., 2019) e em todo sistema de cria. Além disso, o desencadeamento dos eventos fisiológicos que sustentam os mecanismos endócrinos, levando a maturidade sexual, são consequência de um adequado desenvolvimento das novilhas (Schubach et al., 2019), pois a maturidade ocorre de maneira gradual, associada com as mudanças na composição corporal e no eixo somatotrópico que regula o *status* metabólico do animal (Yelich et al., 1995).

Durante a puberdade, mudanças morfológicas e fisiológicas ocorrem no trato reprodutivo de novilhas para o estabelecimento da gestação. Autores comprovaram que o tamanho e o peso do útero, da cérvix e da vagina associados com PC, idade e ECC aumentam após a puberdade (Honaramooz et al., 2004; Holm et al., 2009), e concluíram que novilhas pré-púberes (menor que 10 meses de idade) apresentaram útero de diâmetro inferior comparado as novilhas que tinham atingindo a puberdade.

No que se refere ao eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal, a maturidade sexual é acionada pela queda no *feedback* negativo do estradiol sobre a secreção de GnRH, levando a um aumento na secreção do hormônio LH, seguindo completa ativação do eixo gonadotrópico e obtenção da capacidade reprodutiva com a primeira ovulação (Figura 2; Vasanth e Kona, 2016).

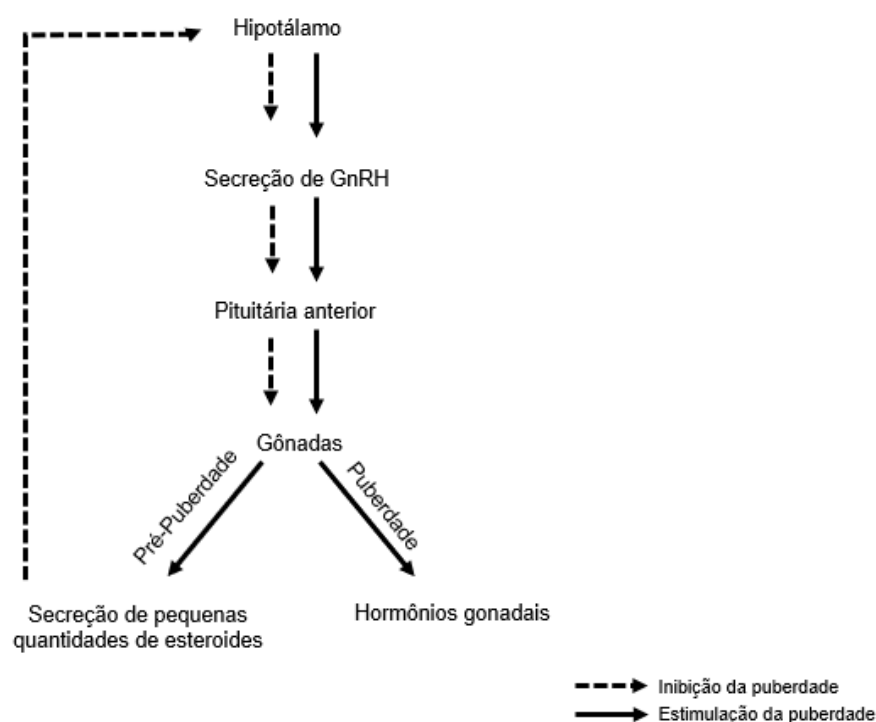


Figura 2. Eventos neuroendócrinos do início da puberdade. (Fonte: Vasantha e Kona, 2016)

O período que corresponde aos 40-60 dias anteriores à primeira ovulação, onde a maioria destas mudanças dinâmicas ocorre, é denominado como período peripúbere (Day e Nogueira, 2013), que se inicia por volta dos 10-12 meses em fêmeas *Bos taurus* e *Bos indicus*. A maioria das pesquisas tem-se concentrado na endocrinologia a partir do período peripúbere (10-12 meses de idade), entretanto Day e Anderson (1998) sugeriram que essas alterações dinâmicas ocorrem no eixo reprodutivo das novilhas desde o nascimento até o início do período peripúbere.

Assim, Day e Anderson (1998) estabeleceram um modelo de desenvolvimento do trato reprodutivo (Figura 3), começando do nascimento até atingir a maturidade sexual, podendo ser dividido em quatro fases: 1) período infantil (nascimento até 2 meses de idade), caracterizado por baixos níveis de LH; 2) período de desenvolvimento (2 a 6 meses de idade), onde já ocorre um aumento progressivo na secreção de GnRH hipotalâmico, levando a um aumento na secreção de LH, entretanto nesta fase ainda pode-se observar o feedback negativo do estradiol sobre o LH, ocorrendo uma diminuição da secreção; 3) fase estática (6 a 10 meses), onde

o eixo hipotálamo-hipofisário aparenta ser plenamente eficiente (se estimulado) para secretar GnRH, mas os níveis secretados são incapazes de gerar níveis ótimos de LH, pois ainda ocorre *feedback* negativo do estradiol; 4) momento peripúbere, o declínio nessa inibição estrogênica leva ao aumento da secreção de LH, ocorrendo a primeira ovulação, dando início a maturidade sexual.

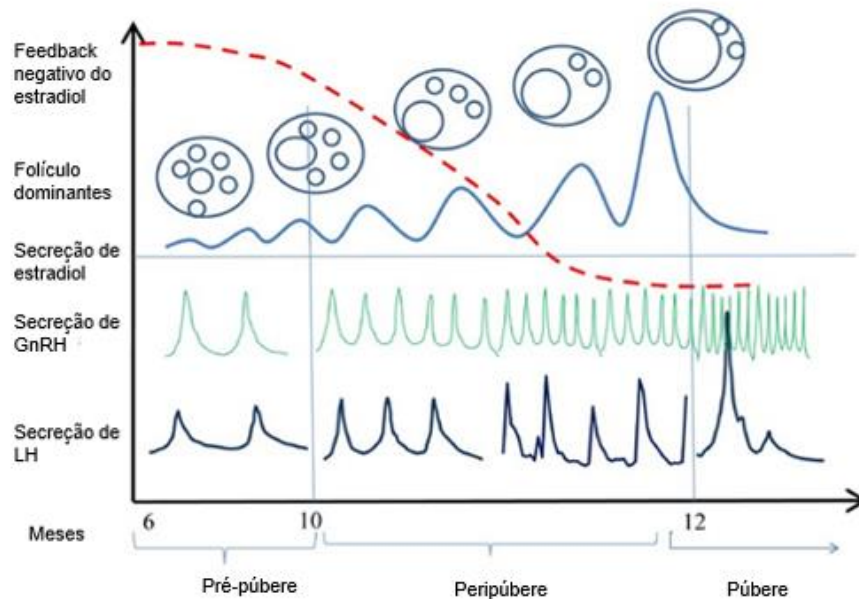


Figura 3. Mudanças endócrinas durante que resultam na maturidade sexual de novilhas (Fonte: Day e Anderson, 1998).

Um dos fatores que determinam o sucesso do estabelecimento gestacional em sua primeira estação reprodutiva, é o momento que a novilha atinge a sua maturidade sexual e conseqüentemente primeira ovulação (Day e Nogueira, 2013). Sendo assim, novilhas que concebem cedo durante sua primeira estação de monta, resultando em uma idade ao primeiro parto de 24 meses de idade, apresentam maior probabilidade de conceber enquanto vacas primíparas (Beard et al., 2019), como também apresentam melhor desempenho durante sua vida produtiva, refletindo em partos no início da estação de parição (Funston et al., 2012). Dessa maneira, o estabelecimento da puberdade, as mudanças endócrinas e fisiológicas e em qual momento este evento ocorre, promove grande impacto na vida reprodutiva das fêmeas de corte.

4.4 Nutrição e puberdade

O consumo de nutrientes e taxa de crescimento influencia a idade a puberdade (Kinder et al., 1995) e está claro que o status nutricional antecipa a liberação dos pulsos de LH no desenvolvimento de novilhas (Schillo et al., 1992). As alterações que normalmente ocorrem durante o período pré-puberdade, foram avaliadas em estudos sequenciais, com o objetivo de determinar a influência da nutrição sobre a puberdade precoce. No primeiro estudo, novilhas foram desmamadas precocemente (3 e 4 meses) e alimentadas com dietas ricas em concentrado (60% vs. 30% de milho), as novilhas que foram alimentadas com maiores níveis de concentrado apresentaram maior frequência de pulsos de LH, que levaram a puberdade precoce (262 vs. 327 dias), sugerindo que o aumento de LH que ocorre na Peri puberdade pode ser antecipado para o período de desenvolvimento (2 a 6 meses de idade), de acordo com o manejo alimentar, evidenciando o impacto da nutrição neste mecanismo (Gasser et al., 2006a).

Em sequência ao estudo, o efeito da nutrição foi avaliado sobre a maturidade ovariana, essa observação foi demonstrada pelo aumento no diâmetro máximo dos folículos ovarianos dominantes, constância da duração das ondas de desenvolvimento folicular e aumento nas concentrações no pico de estradiol durante as ondas foliculares (Gasser et al., 2006b), no terceiro estudo (Gasser et al., 2006c) foi avaliado a secreção de LH em novilhas ovariectomizadas, com implante de estradiol, houve diminuição do feedback negativo do estradiol, em uma idade menor, este *feedback* ocorreu no mesmo momento de novilhas com o ovário intacto, recebendo a mesma dieta, e conseqüentemente atingindo a puberdade. A partir desses resultados, pode-se inferir que a nutrição acelerou as alterações no desenvolvimento das novilhas.

Visto que a nutrição influencia o momento do início da puberdade, é importante caracterizar o estado nutricional dos animais, com objetivo de antecipar a idade de concepção de novilhas, principalmente em sistemas de criação a pasto, onde a maioria não permite uma condição nutricional ótima para o animal atingir a puberdade precoce (Nepomuceno et al., 2017). Nepomuceno et al. (2017) demonstraram que para alcançar a puberdade em idades inferiores há a necessidade de oferecimento de maior densidade energética para as novilhas, este estudo submeteu novilhas a duas estratégias nutricionais na recria, sendo uma em confinamento, com a dieta composta

por silagem de sorgo e concentrado (relação volumoso concentrado de 64:36) com o objetivo de ganhos de 0,700 kg/dia e a outra a pasto sem suplementação para novilhas Nelore aos 18 meses de idade. O manejo nutricional interferiu na manifestação da puberdade, as novilhas que foram recriadas em confinamento obtiveram uma taxa de puberdade mensurada por ultrassom (tamanho dos folículos) de 32%, enquanto as recriadas no pasto obtiveram uma taxa de puberdade de 14%.

Moriel et al. (2012) ofereceram suplementos energéticos com baixo teor de amido, diariamente ou 3 vezes por semana, para novilhas de reposição, a partir dos 10 meses de idade, consumindo forrageiras tropicais de baixa ou média qualidade (respectivamente 8 ou 12% de proteína bruta). Esses autores concluíram que apesar do ganho médio diário ser semelhante em ambas às estratégias, as novilhas suplementadas diariamente alcançaram a puberdade mais cedo e apresentaram maior taxa de prenhez, em comparação com as que receberam suplementação somente 3 vezes por semana e concluíram ainda que novilhas que consomem dietas baseadas em forragem de baixa e média qualidade é melhorado quando suplementos de baixo teor de amido (4,90% de amido) são oferecidos diariamente, em vez de 3 vezes por semana.

Ainda neste contexto, Moriel et al. (2020) indicaram aumento no início da puberdade de novilhas suplementadas diariamente em comparação as novilhas suplementadas 3 vezes por semana com diferentes quantidades de suplementos (1,75% vs. 1,25% de PC), os autores afirmaram que suplementos devem ser oferecidos diariamente independentemente da quantidade a fim de melhorar o crescimento e alcançar o sucesso reprodutivo de novilhas jovens. O entendimento de como os estímulos nutricionais podem afetar a reprodução de ruminantes tem sido investigado, pois os fatores dietéticos estão envolvidos no controle de diversas atividades do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano, entre os quais podemos destacar insulina, glucagon, leptina, GH, hormônios da tireoide, assim como proteínas de ligações e metabólitos nutricionais como glicose e ácidos graxos (Webb et al., 2004). Sendo assim, a nutrição é importante para o início e manutenção da reprodução, pois os efeitos das estratégias nutricionais servem como mediadores dos efeitos na reprodução.

4.5 Fatores que interferem na puberdade

Os mecanismos que envolvem o controle da puberdade sofrem influência de fatores externos que podem modificar a atividade reprodutiva normal (Almeida et al., 2013). As informações pertencentes a esses fatores são transmitidas através do sistema nervoso central (Diskin et al., 2003) e traduzidas pelo sistema neuroendócrino (Schillo et al., 1992) para eventualmente afetar a secreção de gonadotrofinas pela hipófise anterior (Gasser, 2013). Assim, a idade a puberdade em novilhas varia consideravelmente, pois muitos fatores também estão relacionados a nutrição (Schubach et al., 2019). Este processo geralmente ocorre em uma idade pré-determinada. Alguns outros fatores relacionados ao grupo genético (Nogueira et al., 2004; Barcellos et al., 2014), ao desenvolvimento corporal, ganho de peso pré e pós-desmama (Cardoso et al., 2014; Nepomuceno et al., 2017), deposição de gordura (Hall et al., 1995) podem afetar o desenvolvimento e o funcionamento do eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal das novilhas. (Garcia et al., 2003).

4.5.1 Peso corporal

O crescimento e a composição corporal são necessários para o início de ciclos estrais normais em novilhas (Perry et al., 2012). A estratégia de gestão para incluir novilhas aos 14-15 meses de idade na estação reprodutiva são baseados em alcance de pesos específicos (Taylor e Fitzgugh, 1971; Perry et al., 2012), ou baseados na média do rebanho (Lamb, 2013), entretanto é importante enfatizar que essa meta específica baseada em PC pode variar de acordo com as raças (Perry et al., 2012). Este conceito de peso alvo foi estabelecido como meta de produção, a fim de estabelecer que novilhas atingissem uma porcentagem do peso corporal adulto no início da estação de monta (Lamond, 1970). Após atingir este peso alvo, a nutrição não seria o fator limitante para que as novilhas ficassem gestantes (Hall e Glaze, 2017).

Patterson et al. (1992) relataram a meta de peso alvo como eficaz em muitos ambientes e tipos de raças. A meta de 65% garante uma grande porcentagem de novilhas púberes no início da estação de monta, apresentando menos dificuldade de parto em comparação com novilhas desenvolvidas a 55% (Patterson et al, 1992). Por outro lado, estudos mais recentes (Funston e Deutscher, 2004; Martin et al., 2008; Funston et al., 2012; Endecott et al., 2013) demonstraram certa flexibilidade, indicando

que o desenvolvimento de novilhas entre 50 a 57% de seu peso adulto pode ser viável e vantajoso.

Entretanto, esta prática pode diminuir taxas de concepção no início da época de reprodução (Creighton et al., 2005). O manejo de novilhas para atingir o peso alvo no início da estação de reprodução não reduz a porcentagem de novilhas gestantes nos primeiros 21 dias da estação de reprodução em comparação com novilhas com um peso alvo maior (Roberts et al., 2009; Landner et al., 2014).

Thallman et al. (1999) indicaram que, em diferentes raças, a puberdade ocorre com aproximadamente 357 dias (12 meses) e 320 kg de peso corporal, apesar da grande variação observada entre os grupos genéticos. Entretanto para atingir a meta do PC específico necessário à reprodução é preciso que novilhas sejam submetidas a um manejo nutricional adequado. Dessa forma, tem sido mencionado correlações negativas entre a ingestão de alimentos e a idade à puberdade e positiva entre a ingestão de alimentos e peso corporal (Eimerick et al., 2009). Para garantir taxas de prenhez aceitáveis e tamanho adequado para parir, a novilha deve ganhar peso durante a época de estação de monta continuando o ganho pós-estação, pois continuam em fase de crescimento. As novilhas ainda precisam pesar de 85% a 90% do peso maduro ao primeiro parto (Hall e Glaze, 2017).

4.5.2 Ganho de peso

O objetivo de estratégias nutricionais após a desmama seria o de promover um ganho de peso adequado, proporcionando taxas de concepção ótimas na primeira cobertura aos 13-15 meses de idade, com as novilhas atingindo a puberdade 30 - 45 dias antes do início da estação reprodutiva (Gasser, 2013). Em um trabalho clássico de Ferrell (1982) foi avaliado diferentes ganhos de peso pós desmama (baixo = 0,400 kg/dia, médio = 0,600 kg/dia e alto = 0,800 kg/dia), sobre a idade e peso a puberdade. Após, um período de alimentação de 184 dias evidenciou que ao aumentar o ganho de peso pós-desmama a maturidade sexual é atingida com idade reduzida. Em vários estudos (Barcellos et al., 2014; Rodriguez-Sanchez et al., 2018; Schubach et al., 2019) foram detectados o efeito do ganho de peso pós-desmama sobre a idade à puberdade, além de ocasionar outros resultados positivos, como aumento na taxa de concepção na primeira cobertura (Moriel et al., 2017; Moriel et al., 2020) e aumento no PC de bezerros na desmama (Ferrell et al., 1982).

O ganho de peso pré-desmama também pode ser uma importante fonte de variação com relação a puberdade de novilhas (Freitas, 2015). Um maior ganho de peso nesta fase resulta em antecipação da idade à puberdade (Wiltbank et al., 1966). Esta observação levou à hipótese testada por Cardoso et al. (2014), de que o eixo reprodutivo pode ser precocemente ativado com o fornecimento de dieta altamente concentrada para bezerras desmamadas com 3-4 meses de idade. Um dos fatores que podem mediar essa antecipação seria o aumento da expressão de determinados genes no hipotálamo, acelerando a puberdade (Cardoso et al., 2015).

Entretanto, Ortega et al. (2020) testaram diferentes quantidades de suplemento proteico-energético no pré e pós-desmama (1: 4 g/kg de PC de suplemento no pré-desmama e pós-desmama; 2: 4 g/kg de PC de suplemento no pré-desmame e 6 g/kg no pós-desmame; 3: 6 g/kg de PC de suplemento no pré-desmama e 4 g/kg de PC no pós-desmame e; 4: 6 g/kg de PC de suplemento no pós-desmama e pré-desmama). Estes autores concluíram que quantidades crescentes de suplemento no pós-desmama melhoram o desempenho, a energia e o status metabólico, e a atividade ovariana de novilhas de corte em pastagens nos trópicos, relataram ainda que novilhas que receberam 6 g/kg de PC no pós-desmama tiveram maiores respostas, independentemente da quantidade de suplemento recebida antes do desmame.

Estes estudos levantam hipóteses que o ganho de peso pós-desmama pode ser uma variável importante que influencia a idade e peso a puberdade. Dessa forma, diferentes estratégias nutricionais, durante a recria, podem intensificar as taxas de ganho de peso proporcionando precocidade sexual. Neste contexto, diferentes estratégias podem ser adotadas para antecipar a idade a puberdade, trazendo mais benefícios aos sistemas de produção condizentes com a realidade de climas tropicais.

4.5.3 Composição corporal

Tem sido sugerido que a composição corporal dos bovinos tem estreita relação com estado nutricional (Landarim et al., 2016), e que pode ser necessário haver certo teor mínimo de gordura corporal para que a puberdade seja alcançada. A avaliação de reservas corporais como a espessura de gordura na picanha (EGPU) por ultrassonografia, consiste em uma avaliação direta e objetiva, em se antecipar a

quantidade de reservas corporais das fêmeas bovinas (Ayres et al., 2009), essa observação permite selecionar novilhas mais propensas a atingir a puberdade (Pereira et al., 2017). O ECC é outra medida de avaliação das reservas de gordura de subcutânea, considerada subjetiva, reflete um balanço nutricional positivo devido ao acúmulo de nutrientes, onde é conhecida por melhorar a função reprodutiva em fêmeas bovinas (Dunn e Moss, 1992), o balanço energético foi considerado como importante componente na reprodução (Marques et al., 2016), propondo que a gordura não tem um papel direto sobre a ovulação.

Hall et al. (1995) demonstraram que a composição corporal à puberdade não foi constante entre novilhas. A dieta (Yelich et al., 1995), raça (Barcellos et al., 2001), fatores ambientais (Mulliniks et al., 2013) e consumo (Shaffer et al., 2011) são fatores extrínsecos que influenciam na deposição de gordura, entretanto a composição corporal é útil para prever o PC na puberdade em novilhas de corte, mas as pesquisas ainda não relatam o valor de EGS crítica que influencie a reprodução de fêmeas bovina.

4.5.4 Consumo

O consumo de nutrientes durante o período pós-desmama, principalmente com relação ao consumo de energia, tem o potencial de exercer efeitos significativos sobre a puberdade em novilhas (Cappelozza et al., 2014). Assim, Ciccioli et al. (2005) relataram que a alimentação com suplementos à base de amido acelerou a obtenção da puberdade em novilhas de corte, independentemente do ganho de PC. A inclusão de ingredientes energéticos em suplementos pode beneficiar o desenvolvimento reprodutivo de novilhas que consomem forragens de baixa qualidade da estação seca, favorecendo as concentrações circulantes de mediadores nutricionais da puberdade.

Outros estudos demonstraram que o aumento do consumo da dieta antecipa a idade na puberdade (Moriel et al., 2012; Moriel et al., 2020), aumenta as concentrações de LH (Yelich et al. 1996), aumenta as concentrações de IGF-I (Cappelozza et al., 2014; Schubach et al., 2019), diminui as concentrações de GH (Yelich et al., 1996) e aumenta o PC na puberdade (Moriel et al., 2014). Cappelozza et al. (2014) relataram que o aumento da ingestão de energia por meio da suplementação com milho resultou em quantidades maiores de novilhas púberes,

apesar de relatarem cuidado ao interpretar os resultados pela quantidade de novilhas testadas no estudo, verificou que o consumo de concentrados ricos em energia na dieta, provavelmente aumenta o teor de propionato disponível para o animal.

Os efeitos do manejo da alimentação a curto prazo ou mudança no fornecimento da dieta durante o período pós-desmama, foi testado em novilhas com o objetivo de determinar a melhor fase de alimentação, concluíram que o fornecimento de uma dieta com alto nível de concentrado a curto prazo (30 dias), iniciada entre 10 e 12 meses de idade, antecipou a puberdade em novilhas e aumentou a taxa de novilhas púberes (Cardoso et al., 2014). Vários pesquisadores (Gasser et al., 2006a, b, c; Cardoso et al., 2014; Rodriguez-Sanchez et al., 2015; Allen et al., 2017; Ortega et al., 2020;) também testaram os efeitos da transição de um plano nutricional baixo para um plano elevado durante o período pós-desmama.

Esta abordagem, aplicada entre os 4 meses e 7 meses de idade em novilhas cruzadas, fornecendo dietas com alto concentrado, aumentou o ganho de PC geral, atingindo a puberdade seis semanas antes das novilhas com baixo ganho de PC e baixa oferta de forragem (Allen et al., 2017). Em um sistema similar denominado ganho compensatório as novilhas que passaram de um ganho de PC baixo para alto, da desmama (aproximadamente 3,5 meses de idade) até o início da estação de monta (aproximadamente 14 meses de idade), apresentaram porcentagem de novilhas púberes similares às das novilhas com alto ganho de PC de forma contínua.

Estudos demonstraram que a abordagem por fases, causa um maior ganho de PC, maior consumo e eficiência na conversão alimentar, e melhor desenvolvimento da glândula mamária (Park et al., 1987; Park et al., 1998). O sistema alimentar por fases relatado por Park et al. (1987) também revelou que o crescimento compensatório influencia significativamente o metabolismo e o estado endócrino das novilhas. Com base nesses achados, a abordagem nutricional semelhante que envolve períodos alternados de restrição alimentar e consumo *ad libitum* se concentra na programação do início da puberdade.

Miszura et al. (2020) avaliaram o ganho de peso e alcance da puberdade em novilhas Nelore utilizando alimentação em fases durante 10 meses: alimentação *ad libitum* (1: alto ganho, AG), alimentação para ganhar 0,600 kg/dia (2: ganho médio, GM), alimentação restrita (0,200 kg/dia) por 4 meses, seguido de alimentação *ad libitum* por 6 meses (3: ganho compensatório, GC), e períodos alternados de

alimentação *ad libitum*, e alimentação restrita por 2 meses durante todo o período (4: alternada, GC, AGC), os resultados indicaram que o crescimento compensatório foi tão eficaz quanto alimentação contínua *ad libitum* após o desmame, para induzir puberdade precoce (puberdade menor que 18 meses de idade) em novilhas de Nelore. Portanto, essa estratégia de manejo pode ser usada em sistemas de novilhas em crescimento, com a vantagem de reduzir o período de suplementação. Juntos estes estudos mostram que pode haver algumas vantagens econômicas nesse tipo de sistema de recria de novilhas, mas considerando-se os resultados desses experimentos, deve-se ser usado com cautela.

4.6 Metabolismo energético e Reprodução

O principal fator a ser considerado para melhorar o desempenho reprodutivo das fêmeas de corte, consiste na quantidade de energia contida na dieta (Mass, 1987). O aumento da ingestão de energia resulta em maior produção de ácidos graxos voláteis pelo rúmen, particularmente o propionato, que aumenta a síntese de glicose (Cappelozza et al., 2014) e consequentemente produção de insulina, leptina e secreção de IGF-I (Schillo et al., 1992). A disponibilidade de energia na dieta influencia a circulação de hormônios e metabólitos energéticos ativando a atividade reprodutiva através dos efeitos sobre a secreção pulsátil de LH (Schillo et al., 1992). Para entender melhor como a disponibilidade de energia influencia a função endócrina reprodutiva, é necessário determinar quais tecidos são mais sensíveis a disponibilidade energética e como os metabólitos influenciam nesse mecanismo reprodutivo. glicose é o metabólico primário usado pelo sistema nervoso central, em caso de disponibilidade inadequada, a liberação de GnRH hipotalâmico é prejudicada. Pesquisadores sugeriram que o papel da glicose em mediar o controle nutricional da reprodução não é causativo (Keisler e Lucy, 1998). O estímulo para produção de glicose, além do limiar para promover a secreção de GnRH, é viável quando se eleva a gliconeogênese via manipulação da dieta (Moriel et al., 2020).

Alguns autores (Ciccioli et al., 2005; Cooke et al., 2007; Moriel et al., 2020) observaram efeito na glicose a partir da alimentação fornecida, pois favoreceram a produção de propionato, antecipando a idade à puberdade de novilhas sem comprometer o ganho de peso, levando em consideração o tempo de fornecimento do concentrado. Segundo Webb et al. (2004), o entendimento de como os estímulos

nutricionais afetam a reprodução de ruminantes tem sido investigado, sugerindo que os fatores dietéticos estão envolvidos no controle de diversas atividades no eixo hipotálamo-hipófise ovariano. Foster e Nagatani (1999) sugeriram que a glicose pode ser um sinal metabólico que providencia informações ao SNC para o controle de GnRH.

A concentração sanguínea de glicose regula a síntese e a secreção de insulina pelo pâncreas; à medida que a glicose aumenta, a quantidade de secreção de insulina pancreática aumenta para manter a homeostase metabólica (Samadi et al., 2014). Além disso, a secreção de insulina também é estimulada por hormônios gastrointestinais e mecanismos neurais associados à ingestão de ração (Nussey e Whitehead, 2001). Em bovinos, as concentrações de insulina estão positivamente associadas com a ingestão de ração e ganho de peso resultante (Vizcarra et al., 1998). A insulina possui algumas influências no metabolismo energético tais como: estimulante para secreção de GnRH, no ovário estimula a proliferação celular e a esteroidogênese (Franco e Davy, 2007). Também pode agir no fígado, auxiliando na síntese de Somatomedina (IGF-I; Webb et al., 2004). No tocante ao eixo reprodutivo, a correlação entre a insulina e o hormônio somatotropina (GH) parece ter natureza anabólica. Portanto, a insulina apresenta papel importante no direcionamento de eventos fundamentais para o eixo reprodutivo (Hess, 2008).

O IGF-I bovino é um hormônio polipéptico de cadeia única que se assemelha à proinsulina em termos de estrutura, que tem importantes efeitos promotores de crescimento (Gluckman et al., 1987) é sintetizado principalmente pelo fígado sobre estímulos de GH (Zulu et al., 2002). Os fatores de crescimento semelhantes aos da insulina promovem o crescimento em muitos tecidos do corpo que estão envolvidos no metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras, proliferação celular e diferenciação (Jones e Clemmons, 1995). Foi comprovado uma associação positiva entre a ingestão de ração e o ganho de peso com altas concentrações de IGF-I no sangue (Armstrong et al., 2001; Armstrong et al., 2002).

Em muitas espécies, as concentrações sistêmicas do IGF-I aumentam antes e durante o processo de puberdade (Lackey et al., 1999). Em novilhas pré-púberes os folículos ovarianos são um alvo para o IGF-I, e está envolvido no processo de crescimento folicular e desenvolvimento (Webb et al., 1999). Nos ovários, o IGF-I funciona como parácrino/autócrino, mas também tem um papel endócrino. Nas

novilhas, as mudanças em concentrações sistêmicas de IGF-I afetam o desenvolvimento folicular e a concentração de IGF-I no fluido folicular (Perks et al., 1999).

Como exemplo, o IGF-I aumenta a proliferação e diferenciação das células de granulosa ovariana, promove a síntese de hormônios esteroides através da estimulação do sistema enzimático aromatase e aumenta a sensibilidade das células foliculares às gonadotropinas (Zulu et al., 2002). Além de seus efeitos a nível ovariano, o IGF-I também estimula a secreção de GnRH a partir do hipotálamo e estimula a secreção de gonadotropina a partir da pituitária anterior como demonstrado na Figura 4 (Zulu et al., 2002).

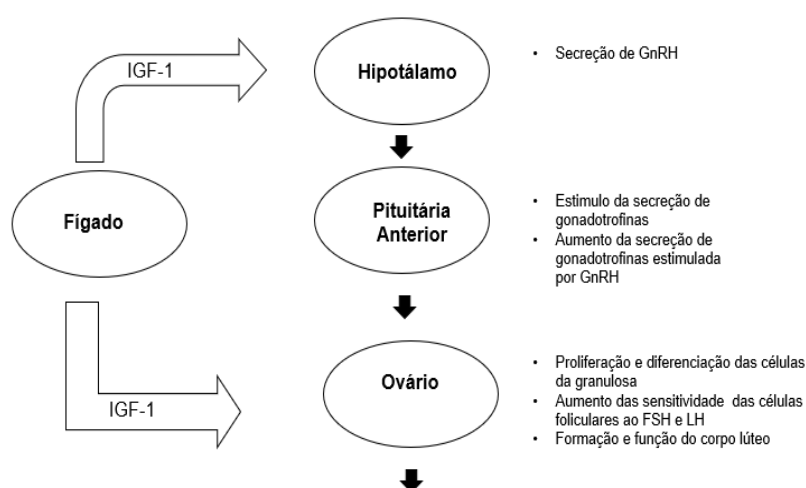


Figura 4. Efeito do IGF-1 no eixo reprodutivo (Fonte: Adaptado de Zulu et al., 2002)

Cooke et al. (2007) relataram que as novilhas que atingiram a puberdade e conceberam mais cedo na época de reprodução tiveram maiores concentrações de IGF-I em comparação com grupos que não se tornaram púberes. Além disso, Cooke et al. (2013) demonstraram que a administração de somatotropina em novilhas de corte a cada 14 dias desde o desmame até o início de sua vida reprodutiva tiveram maior concentração de IGF-I e atingiram a puberdade mais cedo quando comparado com novilhas tratadas com sal. Moriel et al. (2014) relataram que a idade na puberdade diminuiu 0,59 dias para cada aumento de 1 ng/mL de IGF-I antes do desmame em novilhas de corte, sugerindo relação do IGF-I no desenvolvimento do eixo reprodutivo.

A leptina, um hormônio proteico sintetizado e produzido pelo tecido adiposo, influencia o eixo-reprodutivo, pois é regulado pelo status nutricional a longo prazo de um indivíduo e pelo plano nutricional (Chilliard et al., 2005). A quantidade de gordura corporal está positivamente correlacionada com concentração de leptina em bovinos (Cardoso et al., 2014). Meikle et al. (2004) demonstraram que a concentração plasmática de leptina em vacas no parto e na lactação era maior nas vacas com maior ECC, uma medida crítica de gordura corporal no gado.

Barb et al. (2001) afirmaram que o tamanho das células adiposas é proposto como um importante regulador da concentração plasmática de leptina. Além de ter um papel importante na secreção de GnRH (Pérez-Pérez et al., 2015), pois expressa a quantidade de triglicerídeos no tecido adiposo servindo como um sinal circulante da condição nutricional, capaz de informar o SNC se está propício ao início ou reinício da função reprodutiva, podendo ser influenciado pelo jejum, alimentação, grau de adiposidade (Blum, 1997). Foram feitos progressos significativos na compreensão de como as mudanças na nutrição estão relacionadas à secreção de gonadotropina, e parte desta relação parece envolver a leptina (Maciel et al., 2004). Um aumento na concentração circulante de leptina precede o início da puberdade em várias espécies, incluindo os bovinos (Perry, 2012), mas o papel exato da leptina na obtenção da puberdade permanece desconhecido. Amstalden et al. (2000) demonstraram que a leptina em circulação está associada a insulina sérica, IGF-I, e pulsatilidade de LH em novilhas pré-púberes. Outros estudos demonstraram que a leptina estimula a secreção de LH em animais subnutridos (Amstalden et al., 2002; Zieba et al., 2004), além de regular a secreção de LH em bovinos (Amstalden et al., 2002) pode indiretamente aumentar o crescimento folicular estimulando a secreção de LH pela hipófise (Carvalho et al., 2013).

Cardoso et al. (2014) detectaram maiores concentrações de leptina em novilhas alimentadas com dietas com maiores concentrações energéticas na dieta, enfatizando a leptina como hormônio metabólico secretado principalmente por adipócitos, onde está positivamente correlacionada com a massa corporal, os mesmos autores afirmaram que as concentrações de leptina diminuem à medida que ocorre restrição da dieta. No entanto, a capacidade da leptina de estimular um aumento das concentrações de LH em circulação de novilhas alimentadas com alta concentração energética não é completamente compreendido.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos foram realizados de acordo com o princípio ético estabelecido pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Campus de Jaboticabal, SP (processo nº 011105/19).

O estudo foi realizado de agosto de 2018 a abril de 2019 na unidade de pesquisa do Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana (PRDTA – Alta Mogiana), em Colina, São Paulo, Brasil (20°43'5"S e 48°32'38"W). O experimento foi dividido em uma fase de crescimento (agosto a fevereiro; dia 1 a 160) que precedeu a fase reprodutiva (fevereiro a abril; dia 161 a 246; Figura 5).

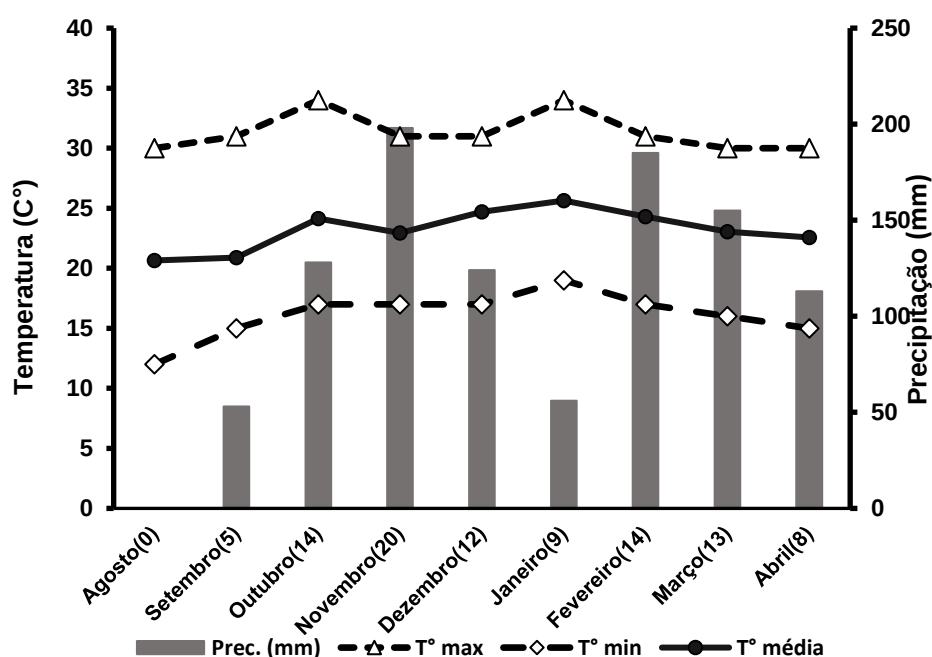


Figura 5. Precipitação (valores entre parênteses corresponde aos dias chuvosos), temperatura máxima, mínima e média no período experimental de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria. Fonte: Estação meteorológica da APTA-Colina, SP, Brasil.

5.1. Animais, área experimental e tratamentos experimentais

Cento e vinte quatro novilhas Nelore desmamadas (152 ± 22 kg de peso corporal (PC) e 240 ± 28 dias de idade), do próprio instituto de pesquisa, foram

utilizadas no estudo em um delineamento em bloco casualizados (blocadas por PC inicial). Após o desmame, no início do estudo (d0), as novilhas foram pesadas, blocadas (6 blocos) e distribuídas aleatoriamente em 18 unidades experimentais (6 ou 7 animais/unidade experimental). As novilhas foram alocadas em 6 baias (4 × 15 m) ou em 12 piquetes (3,5 a 4,0 ha cada), onde cada piquete e baia foi considerada como unidade experimental. As baias eram equipadas com bebedouro de capacidade de 100 L, com válvula de alto fluxo e calha coberta e cocho coberto. Os piquetes eram formados de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com bebedouros (1,5 mil litros) e cochos para suplemento (40 cm linear por animal). possibilitando pastejo contínuo. O manejo do pastejo foi lotação contínua com carga variável.

As estratégias nutricionais foram:

- 1) Dieta em confinamento *ad libitum* do dia D-0 a D-246 (**CONF**);
- 2) Suplementação fixa em 1% de peso corporal (PC) em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu do D-0 a D-246 (**PAS10**);
- 3) Suplementação crescente de 0,8% de PC do d0 a d80 e 1,2% de PC do D-80 a D-246 PC em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (**PAS812**) (Figura 6).

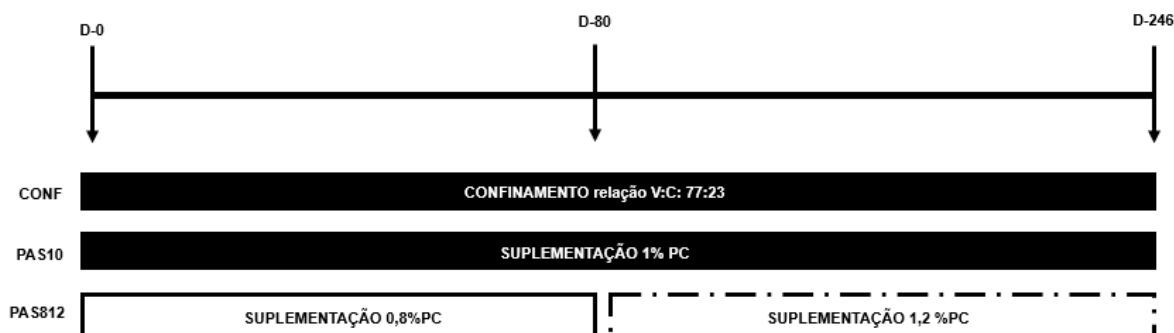


Figura 6. Representação esquemática da linha do tempo das estratégias nutricionais, desde o início do experimento (D-0), até o final (d-246). CONF: novilhas permaneceram no confinamento até D-246, PAS10: novilhas suplementadas com 1% do PC até d-246; PAS812: novilhas suplementadas com 0,8% PC até D-80 depois suplementadas com 1,2% PC até d-246.

O objetivo dos tratamentos PAS10 e PAS812 foi fornecer a mesma quantidade de suplemento antes da EM (d160), porém de forma diferente de manejo. As novilhas confinadas receberam dieta *ad libitum* (sobras de 5 a 10%), a base de silagem de milho como volumoso associada ao concentrado na relação de 77:23 (Tabela 1). A

dieta foi formulada para exigência de ganho de 0,750 kg/dia (Valadares Filho et al., 2010). O fornecimento da dieta foi realizado duas vezes ao dia, 50% da dieta às 08:00 horas e 50% às 14:00 horas. A dieta foi preparada misturando os ingredientes individuais usando um vagão misturador (RX-65E, Casale, Rotormix Express, São Carlos, SP, Brasil) equipado com uma balança. Amostras dos ingredientes da dieta foram coletados diariamente para a determinação da MS da dieta.

As novilhas alimentadas nas estratégias PAS10 e PAS812 receberam os suplementos diariamente às 10:00 horas. Os suplementos foram formulados de acordo com a necessidade de nutrientes necessários para suprir o déficit do pasto (média histórica do centro de pesquisa), sendo assim durante as fases do experimento foi utilizado um suplemento para o período seco e um para o chuvoso (Tabela 1).

Tabela 1. Composição da dieta e dos suplementos das estratégias nutricionais da recria de novilhas Nelore, utilizados no confinamento, período seco e período chuvoso.

Ingredientes g/kg	Confinamento			Pasto	
	Dieta Total	Silagem	Concentrado	Período seco	Período Chuvoso
Silagem de Milho	770	770	-	-	-
Milho	94	-	410	772	793
Farelo de Soja	45	-	190	152	137
Promil	35	-	150	-	-
Farelo de Arroz	23	-	100	-	-
Uréia	7	-	30	30	25
Núcleo ¹	27	-	120	45	45
Composição química g/kg de MS					
Matéria seca	443	320	836	824	824
Matéria Mineral	64	41	142	68	70
Proteína Bruta	120	80	256	222	209
Extrato etéreo	31	27	44	23	24
Fibra em detergente neutro	-	499	269	294	258
Fibra em detergente ácido	-	308	-	-	-
Lignina	-	63	-	-	-
DIVMS, g/kg MS ³	-	677	918	951	946
Nutrientes digestíveis totais ⁴	622	600	699	785	791

¹Níveis de garantia do produto: CONF: cálcio = 140 g/kg, fósforo = 110 g/kg; sódio = 70 g/kg, magnésio = 90g/kg, enxofre = 135 g/kg; potássio = 540 g/kg, cobalto = 8,70 mg/kg; cobre = 100 mg/kg; flúor = 70 mg/kg (máximo); iodo=5,30 mg/kg, lasalocida= 120,00 mg/kg. PASTO: cálcio = 12,00 g/kg, fósforo = 6.000 mg/kg; enxofre = 4.000 mg/kg, manganês = 33,75 mg/kg, magnésio = 1,8 g/kg, zinco = 157,50 mg/kg, ferro = 828 mg/kg, cobre = 55mg/kg, cobalto = 368 mg/kg, iodo = 2,5 mg/kg, selênio = 1,58 mg/kg, lasalocida = 60,00 mg/kg.

² DIVMS= Digestibilidade in vitro da matéria seca;

³ Nutrientes digestíveis totais estimado

5.2. Avaliação da forragem e método de pastejo

As variáveis qualitativas e quantitativas da forragem foram avaliadas a cada 42 dias, sendo mensurada massa de forragem total, composição estrutural, altura e análise bromatológica da altura média de cada piquete. Foi adotado o método de pastejo em lotação contínua com taxa de lotação animal variável (Mott e Lucas, 1952), sendo as novilhas experimentais mantidas permanentemente nos piquetes durante todo o período experimental. Para que a oferta de pasto fosse mantida semelhante, para todos os tratamentos, foram utilizadas novilhas reguladoras (contemporâneas das demais), adicionadas ou retiradas (*put and take*) das unidades

experimentais com o foco de manter a altura entre 25 a 30 cm no período chuvoso (Mota et al.,2020).

Para determinação da massa de forragem foi utilizado o método de dupla amostragem (Sollenberger e Cherney, 1995). Cada piquete teve sua altura medida em 50 pontos, a partir destas alturas foi determinado o desvio padrão. Posteriormente, foram estimadas as alturas altas (média + 2 desvios padrão), médias e baixas (médias – 2 desvios padrão), foram colhidos três pontos em cada uma das alturas pré-determinadas e calculada uma equação de regressão relacionando a massa do pasto e a altura da forragem, buscando-se dessa forma, uma melhor determinação da massa de forragem existente. Nas alturas médias, as amostras foram divididas em folha verde, colmo verde, folha senescente, e colmo senescente. Cada estrutura foi pesada, caracterizando assim a composição morfológica da forragem.

Tabela 2. Composição quantitativa, morfológica e química do dossel forrageiro dos piquetes de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.

Variáveis	Tratamentos		Dias experimentais							P-valor		
	PAS10 ¹	PAS812 ²	0	0-42	42-84	84-126	126-168	168-210	EPM ³	T ⁴	P ⁵	T×P ⁶
Massa de forragem, kg MS/ ha	4388	4748	3670	3144	4227	4601	5820	5945	180	0,08	<0,01	0,11
Massa de folha verde, kg MS/ha	1423	1413	219	955	2377	1640	1771	1544	238	0,91	<0,01	0,54
Massa de colmo verde, kg MS/ha	967	1118	36,3	378	1111	1354	1725	1649	167	0,07	<0,01	0,30
Massa de folha senescentes, kg MS/ha	1164	1363	1670	855	485	961	1530	2080	160	0,03	<0,01	0,32
Massa de colmo senescentes, kg MS/ha	763	1053	1914	955	434	644	753	745	183	0,08	<0,01	0,61
Oferta de Folha verde, kg MS kg/PC ⁷	2,25	2,29	0,79	2,39	3,91	2,38	2,19	1,96	0,53	0,75	<0,01	0,43
Oferta de MS, kg MS kg/ PC	8,32	8,47	14,1	6,91	7,21	7,48	7,08	7,55	0,80	0,48	<0,01	0,59
Taxa de lotação, UA ⁸ /ha	1,31	1,33	0,62	0,99	1,39	1,35	1,8	1,78	0,09	0,16	<0,01	0,43
Composição estrutural												
Folhas verdes, %	32,9	28,2	5,94	30,6	54,4	35,4	30,9	26,1	3,10	<0,01	<0,01	0,68
Colmos verdes, %	20,5	21,0	0,96	12,1	24,8	30,0	29,1	27,4	2,12	0,68	<0,01	0,52
Folhas senescentes, %	27,0	27,4	42,9	27,9	10,8	21,1	26,3	34,3	4,60	0,85	<0,01	0,08
Colmos senescentes, %	19,4	23,1	50,1	29,2	9,82	13,3	13,0	12,0	4,88	0,07	<0,01	0,51
Características qualitativas do dossel forrageiro												
Matéria seca, g/kg de MN	385	386	581	428	271	335	323	377	13,6	0,81	<0,01	<0,01
Matéria mineral, g/kg MS	73,1	70,0	53,4	61,1	82,0	75,4	77,8	79,6	3,77	0,36	<0,01	0,21
Proteína bruta, g/kg MS	49,6	48,3	36,3	53,5	57,4	48,7	49,0	48,8	12,6	0,75	0,47	0,19
Extrato etéreo, g/kg MS	12,0	12,2	6,09	15,8	12,8	12,5	12,0	13,6	2,08	0,77	<0,01	0,64
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	699	698	742	696	672	674	708	701	22,2	0,86	<0,01	0,69
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	387	392	433	387	367	366	393	389	8,53	0,47	<0,01	0,60
Lignina, g/kg MS	68,8	71,5	66,9	71,8	63,5	71,1	72,8	74,7	6,71	0,52	0,10	0,25

PAS10¹: Suplementação fixa 1% PC; PAS812²: Suplementação crescente: 0,8/1,2% PC; EPM³: Erro padrão da média; T⁴=tratamento; P⁵: período; T×P⁶= Interação tratamento e período; PC⁷= Peso corporal; UA⁸=Unidade animal; DIVMS⁹= Digestibilidade in Vitro da matéria seca.

5.3. Desempenho animal

As novilhas foram pesadas no d0, troca de suplemento (d80), início do protocolo da EM (d160) e final do estudo (d246). Os PC foram registrados no início da manhã, após jejum de sólidos e líquidos de 12 horas.

5.4. Ultrassonografia de carcaça (US)

Nos d0, d80, d138 e d245, foi utilizado um aparelho de ultrassom (Aloka 500v. Aloka Co., Ltd, Tóquio, Japão; operado por um técnico habilitado, a uma frequência 3,5 MHz) e óleo vegetal para o contato acústico adequado entre o transdutor e a pele das novilhas para medir as características de carcaça. Foi aferida área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) expressas em relação ao PC das novilhas, marmoreio, ratio e espessura de gordura na picanha (EGPU).

5.5. Desempenho reprodutivo

5.5.1. Estação de monta

A ultrassonografia ovariana (DP-2200vet com transdutor linear de 7,5 MHz, Mindray, Shenzhen, China) foi realizada no d138 (indução à puberdade) para avaliação da ciclicidade (presença ou não de corpo lúteo; CL) e para detectar problemas reprodutivos. Foi inserido um dispositivo intravaginal contendo 1,9 g de progesterona utilizado previamente três vezes (4º uso; CIDR®, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil), das cento e vinte quatro novilhas presentes no estudo cento e vinte uma foram expostas ao protocolo de IATF, 3 novilhas foram excluídas dos protocolos por problemas de anatomia no trato reprodutivo.

No d162 as novilhas foram avaliadas através de ultrassonografia ovariana para determinar a presença de CL (resposta à indução de ciclicidade) e, imediatamente após a avaliação, elas receberam CIDR (3º uso) e aplicação de 2 mg de benzoato de estradiol (i.m., 2 mL Gonadiol®, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil). No d171, houve administração de 12,5 mg de dinoprost tromethamine (PGF2α; i.m., 2,5 mL Lutalyse®, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil), o CIDR foi retirado, foi aplicado 0,6 mg de cipionato de estradiol (i.m., 0,5 mL E.C.P.®, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil) e 200 UI de gonadotrofina coriônica equina (i.m., 1 mL, Novormon®, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil). No d173, 48 h após a remoção do dispositivo intravaginal de progesterona, foi realizada a IATF. No d197 foi realizada a ressincronização das

novilhas vazias dando início ao segundo protocolo de IATF (Figura 7).

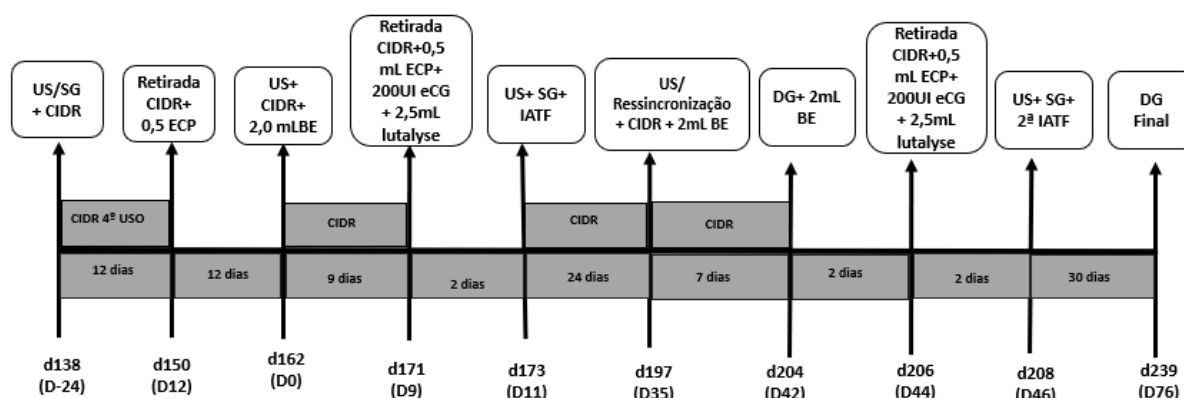


Figura 7. Representação esquemática do protocolo da estação de monta de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria. Os dados descritos em parênteses são relacionados aos momentos da estação de monta. Os dados acima são dias experimentais.

No d150, foi feita a remoção do CIDR e a aplicação de 0,6 mg de cipionato de estradiol (i.m., 0,5 mL de E.C.P.[®], Zoetis, São Paulo, SP, Brasil). O diâmetro dos folículos foi calculado como a distância média para duas medidas feitas em ângulos perpendiculares nos d173 e d208. Os exames do DG foram realizados nos d204 (1^o DG verificada a presença de CL nas novilhas vazias) e d239 (DG final). As taxas de prenhez da primeira e segunda IATF e a prenhez total foram determinadas pelo número de novilhas prenhas dividido pelo número de novilhas expostas aos protocolos.

5.6. Análises químicas

As análises químicas de amostras de suplemento, silagem de milho e dossel

forrageiro foram realizadas no Laboratório de Análise de Produtos de origem Vegetal e Animal (Laprova; APTA, Colina, SP, Brasil). As amostras foram parcialmente secas a 55°C em estufa de ventilação forçada por 72 h, moídas em um moinho de facas (Thomas modelo 4 Wiley, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) usando uma peneira de malha de 1 mm, e depois armazenadas para posteriores análises químicas.

As amostras foram usadas para determinação do teor de matéria seca (método 934.01), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (método 928.080), extrato etéreo (método 920.39) conforme metodologia descrita pela AOAC (1995). A fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram quantificadas segundo a metodologia de Van Soest et al. (1991), e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada pelo método descrito por Van Soest e Robertson (1985).

5.7. Parâmetros sanguíneos

Foram colhidas amostras de sangue através da punção venosa jugular de vinte e nove animais (divididos em prenhas e vazias) em d0, d80, d138 e d173. O sangue foi recolhido em quatro tubos evacuados (Labor Import, Osasco, SP, Brasil) por animal e colocado em gelo para ser transportado para o laboratório onde foram centrifugados (3000 × g durante 20 min). Uma vez centrifugados, o plasma e o soro foram removidos por pipetagem identificados em tubos Eppendorf e imediatamente armazenados em -40°C até que a análise pudesse ser realizada.

As concentrações no soro foi analisado para glicose, utilizando kits comerciais (Bioclin, cod K-082, Belo Horizonte, MG, BRA). O conteúdo de glicose foi analisado por analisador automático para testes bioquímicos (Sistema de Bioquímica Automático SBA-200; CELM). As concentrações de plasma de insulina e IGF-I foram avaliados pelo método de quimioluminescência.

5.8. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos ao acaso (DBC), onde o peso corporal inicial dos animais foi considerado o fator de blocagem, sendo considerada como unidade experimental os piquetes e/ou baias, com 6 ou 7

animais cada, totalizando seis repetições para cada tratamento. Os tratamentos foram considerados como efeito fixo e o bloco e animal (piquete ou baia) como efeitos aleatórios.

O modelo matemático foi representado pela equação:

$$Y_{ij} = \mu + b_i + EN_j + \varepsilon_{ij},$$

Onde: Y_{ij} é a observação no bloco “i” e estratégia nutricional “j”; μ é a média geral; b_i é o efeito do bloco “i”, EN_j é o efeito da estratégia nutricional “j” e ε_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação.

Todas as variáveis foram avaliadas utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Institute, Inc. Cary, NC). Peso corporal, GMD, ultrassom, e indicadores metabólicos no sangue foram analisados como medidas repetidas no tempo utilizando o REPEATED do SAS (SAS Institute, Inc. Cary, NC) usando novilha (piquete) e piquete (tratamento) como efeitos aleatórios e novilha (piquete) como sujeito. Foram testadas diversas matrizes (MUN, MUN1, MCS, MCSH, MTOEP, MAR, MVC, MTOEP2, MARH1, MARMA, MFA1, MHF, MANTE1, MTOEPH, MUNR) para a estrutura de covariância e a de menor critério de informação bayesiano (BIC) foi escolhida para análise dos dados como medidas repetidas no tempo. As análises dos dados binários reprodutivos foram feitas utilizando o PROC GLIMMIX do SAS (SAS Institute, Inc. Cary, NC) usando bloco como efeito aleatório. Valores discrepantes (outliers) foram retirados das análises.

Todas as médias foram comparadas utilizando o teste t, a significância foi definida em $P \leq 0,05$, e tendências de $> 0,05$ e $\leq 0,10$.

6. RESULTADOS

6.1 *Peso corporal e desempenho*

Houve interação entre estratégias nutricionais e dias de avaliação no PC das novilhas ($P=0,01$; Figura 8). As novilhas de todas as estratégias apresentaram PC inicial semelhante (152 kg). No d80, novilhas confinadas apresentaram maior PC (214 kg) em comparação as novilhas alimentadas com estratégias PAS10 (199 kg) e PAS812 (193 kg). Novilhas alimentadas com estratégias PAS10 e PAS812 apresentaram diferença de 6 kg entre si ($P=0,03$). No d160 foi observado maior PC para as novilhas confinadas (264 kg) comparadas as novilhas alimentadas com as estratégias PAS10 e PAS812, onde apresentaram pesos semelhantes

(252 kg). Ao final do experimento (d246), novilhas confinadas apresentaram tendência de maior PC (325 kg) comparadas as novilhas das estratégias PAS10 (310 kg; $P=0,07$) e PAS812 (316 kg; $P=0,09$). O PC final das novilhas nas estratégias PAS10 e PAS812 se mantiveram semelhantes (313 kg; $P=0,32$).

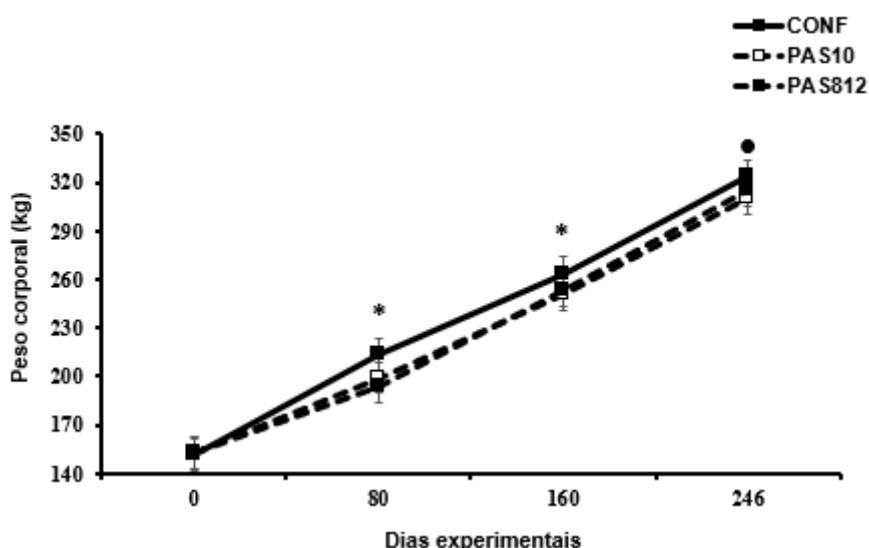


Figura 8. Peso corporal (kg) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria; CONF= Confinamento; PAS10= Suplementação fixa 1% PC; PAS812: Suplementação crescente= 0,8/1,2% PC; d0: início do experimento; d80: troca de suplemento (PAS812); d160: Início da estação de monta; d246: final do experimento. Efeito de estratégia $P=0,01$; Efeito dos dias de avaliação $P<0,01$; Efeito da interação entre estratégia nutricionais e dias experimentais $P=0,01$; Erro padrão da média = 10,4; * = Indicativo de significância de interação; ●= Indicativo tendência significativa.

Houve interação entre estratégias nutricionais e dias experimentais ($P=0,01$; Figura 9) para GMD. No primeiro período (d0 a d80) foi observado maior GMD para as novilhas confinadas (0,714 kg/dia), seguido das novilhas alimentadas com as estratégias PAS10 (0,530 kg/dia) e depois novilhas do PAS812 (0,465 kg/dia). No segundo período de crescimento (d81 até d160) as novilhas da estratégia PAS812 apresentaram maior ganho de peso (0,856 kg/dia) diferindo das novilhas confinadas (0,715 kg/dia) e PAS10 (0,739 kg/dia). No período reprodutivo (d161 até d246) o GMD das novilhas foi similar (0,692 kg/dia).

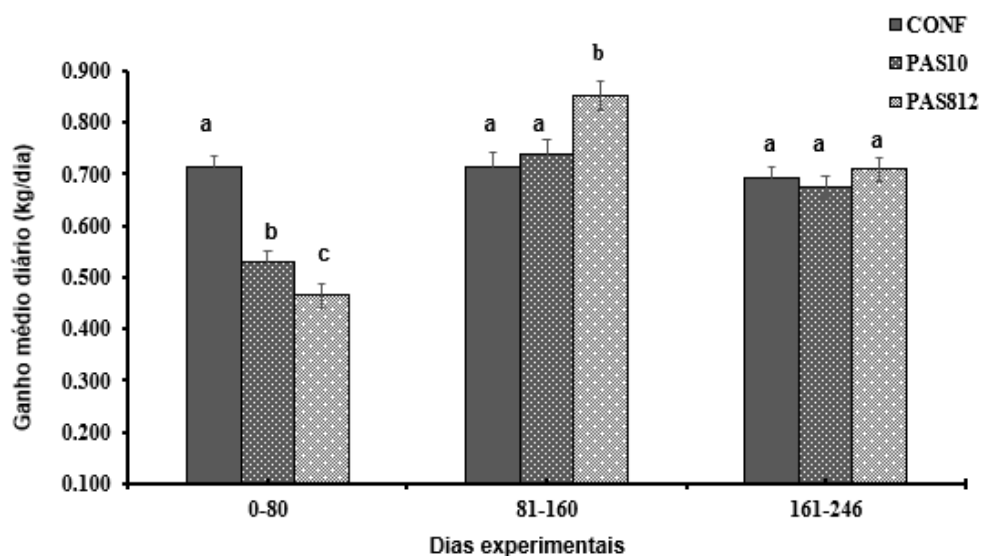


Figura 9. Ganho médio diário (GMD) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria. CONF= Confinamento; PAS10= Suplementação fixa 1% PC; PAS812= Suplementação crescente 0,8/1,2% PC; d0-d80: Início do experimento a troca de suplemento; d81- d160: troca de suplemento início da estação de monta; d161-d246: Período estação de monta; Efeito de estratégia $P=0,01$; Efeito do período $P<0,01$; Efeito da interação entre estratégia nutricional e dias experimentais $P=0,01$; Erro padrão da média= 0,02, a,b,c=indicativo de interação entre período e estratégia.

As estratégias influenciaram ($P=0,01$; Figura 10) o GMD geral das novilhas no período de crescimento (d0 a d160) e no período total do estudo (d0 a d246). No período de crescimento, novilhas confinadas apresentaram maior GMD (0,714 kg/dia), em comparação as novilhas alimentadas nas estratégias PAS10 (0,624 kg/dia) e PAS812 (0,638 kg/dia) que não diferiram entre si. No período total do estudo (d0-d246; Figura 10) foi observado influência das estratégias no GMD, as novilhas do CONF (0,690 kg/dia) tiveram maior GMD que novilhas da estratégia PAS812 (0,648 kg/dia) e PAS10 (0,626 kg/dia) e estas não diferiram entre si.

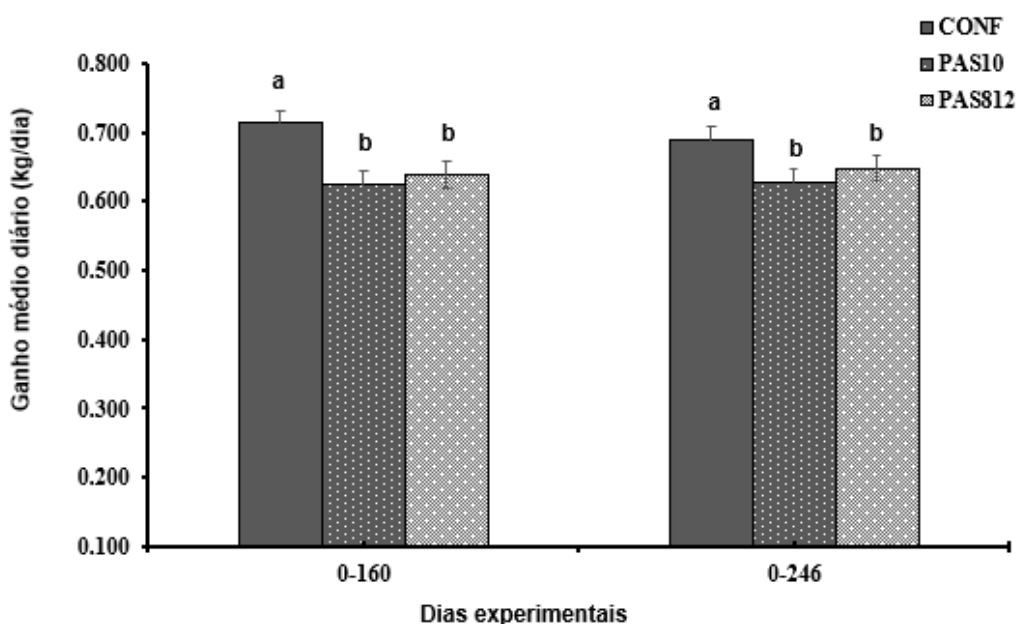


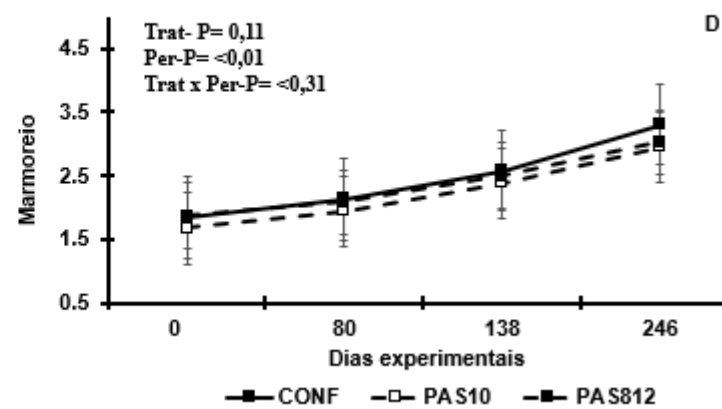
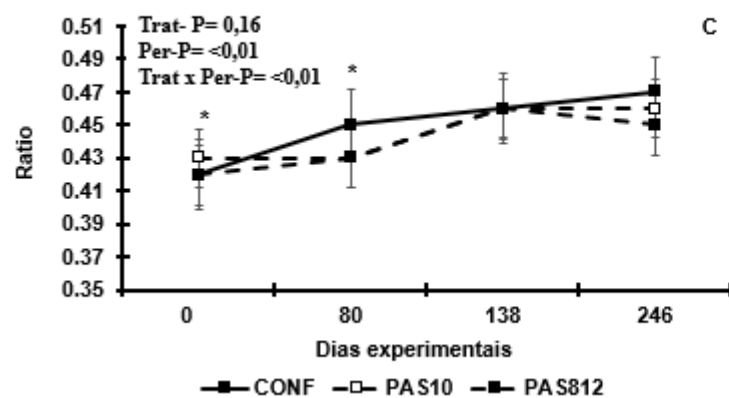
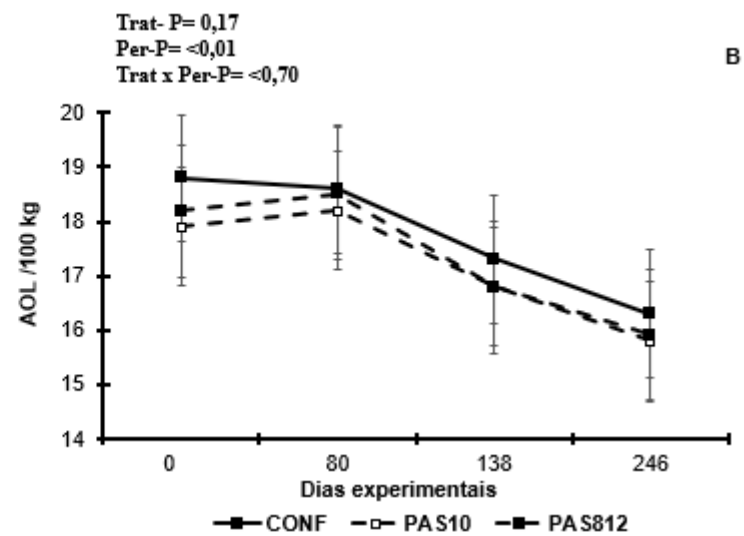
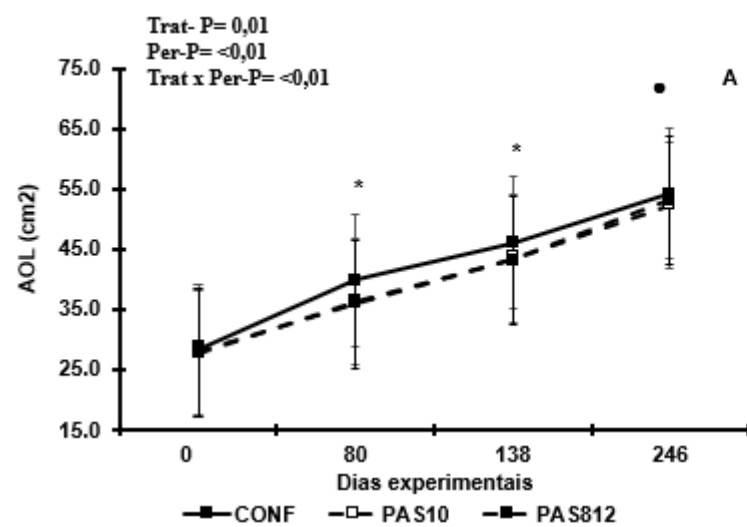
Figura 10. Ganho médio diário geral (GMD) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria. CONF= Confinamento; PAS10= Suplementação fixa 1% PC; PAS812= Suplementação crescente 0,8/1,2% PC; d0-d160: Ganho do período de crescimento; d0-d246: ganho geral dos dias do estudo. Efeito de estratégia $P=0,04$; a,b,c=indicativo de interação estratégias.

6.2. Ultrassonografia de carcaça (US)

Para as características de carcaça mensuradas com ultrassom, houve interação (estratégias nutricionais $\times$ dias experimentais) para AOL ($P<0,01$; Figura 11A), ratio ($P<0,01$; Figura 11C) espessura de gordura na picanha ($P<0,01$; Figura 11F). No d0 todas as novilhas apresentaram similar AOL (27,9 cm²). Já aos 80 e 138 dias Novilhas confinadas apresentaram maior AOL (d80-39,8 cm²) (d138-46,0 cm²) comparadas as novilhas do PAS10 e PAS812 no d80 (36,0 cm²) e no d138 (43,3 cm²). No d246 as novilhas confinadas (54,20 cm²) apresentaram tendência a ser maior que as novilhas PAS10 (52,29 cm²) entretanto apresentou AOL similar as novilhas PAS812 (53,19 cm²). Quando a AOL foi avaliada em relação ao PC não houve interação ($P=0,64$; Figura 11B) e nem efeito de estratégia ($P=0,15$), somente efeito dos dias experimentais ($P=0,01$; Figura 11B).

Os valores de ratio (Figura 11C) foram diferentes nos dias experimentais d0; d80; e d246, no d138 as novilhas de todas as estratégias apresentaram valores iguais (0,463). Os dias experimentais afetou o marmoreio ($P<0,01$; Figura 11D), as

novilhas da estratégia CONF apresentaram, maior marmoreio comparada as novilhas da estratégia PAS10, entretanto mantiveram semelhante as novilhas PAS812 em todos os dias experimentais. A EGS foi maior aproximadamente 15% para as novilhas confinadas em todos os dias experimentais avaliados (Figura 11E), enquanto as novilhas PAS10 e PAS812 mantiveram semelhante, em todos os dias experimentais. A espessura de gordura na picanha (Figura 11F) no d0 para as novilhas de todas as estratégias não diferiram, enquanto a partir do d80 até o d246 as novilhas do CONF foram maiores (Figura 11F), as novilhas das estratégias PAS10 e PAS812 diferiram somente no d246.



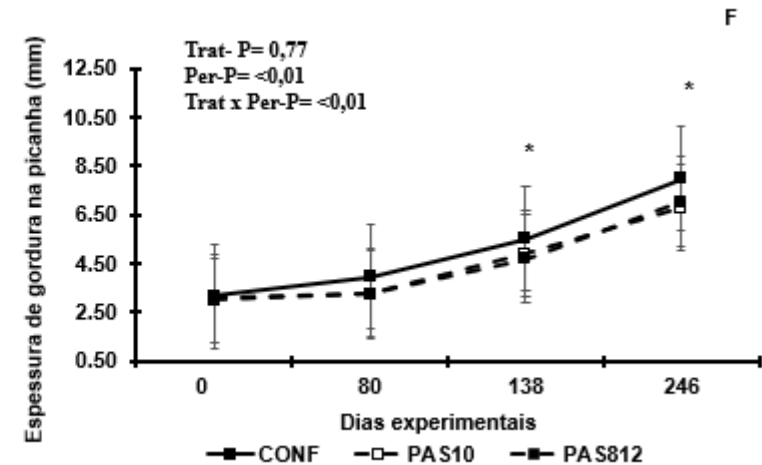
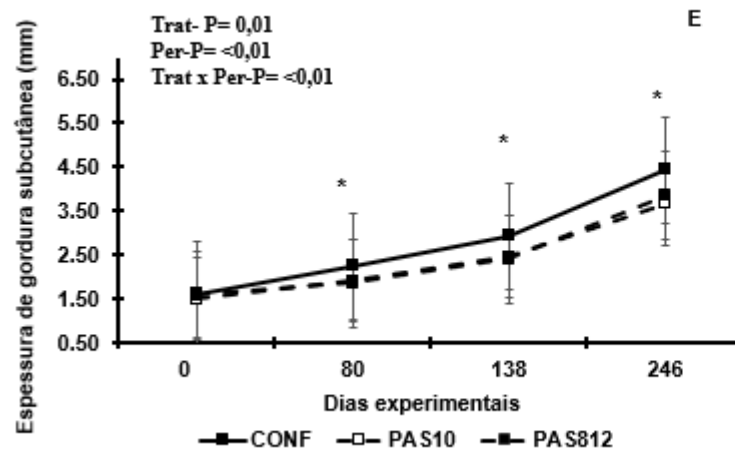


Figura 11. Interação entre dias experimentais e estratégias nutricionais sobre área de olho de lombo (AOL; A), espessura de gordura subcutânea (EGS; B), ratio (C), espessura de gordura na picanha (D) de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria. CONF = Confinamento; PAS10 = Suplementação fixa 1% PC PAS812 = Suplementação crescente 0,8/1,2% PC; d0: início do experimento; d80: Troca de suplemento; d138: Início do protocolo de indução; d246: Final do experimento. * = Indicativo de significância de interação; ● = Indicativo de tendência significativa

6.3 Desempenho reprodutivo

As estratégias não influenciaram o tamanho dos folículos ovulatórios mensurados nos dias experimentais d173 e d208 ($P \geq 0,61$; Tabela 4). A taxa de ovulação no d160 ($P = 0,74$; Tabela 4) não foi afetada pelas estratégias. No geral as taxas de prenhez aos 30 e 60 dias não foram influenciadas pelas estratégias ($P \geq 0,33$) e nem a taxa de prenhez total (em média 47%; $P=0,74$).

Tabela 3. Desempenho reprodutivo de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria

Variáveis	Tratamentos			EPM ⁴	P-Valor
	CONF ¹	PAS10 ²	PAS812 ³		
FO IATF1 (mm) ⁵	9,57	9,84	9,75	0,73	0,91
FO IATF 2 (mm) ⁶	10,2	10,8	10,4	0,74	0,61
Taxa de ovulação% (n/n)	32,0 (13/41)	38,0 (16/42)	39,0 (15/38)	0,10	0,74
Taxa de prenhez 30 dias % (n/n)	39,0 (16/41)	31,0 (13/42)	24,0 (9/38)	0,10	0,33
Taxa de prenhez 60 dias % (n/n)	20,0 (5/25)	17,0 (5/29)	31,0(9/29)	0,11	0,43
Taxa de prenhez total % (n/n)	51,0 (21/41)	43,0 (18/42)	47,0(18/38)	0,11	0,74

¹CONF=Confinamento;

²PAS10=Suplementação fixa 1% PC;

³PAS812=Suplementação crescente 0.8/1,2% PC;

⁴EPM=Erro padrão da média;

⁵FO IATF1= Tamanho do folículo ovulatório IATF1;

⁶FO IATF2- Tamanho do folículo ovulatório IATF2;

6.4. Parâmetros sanguíneos

Os níveis de glicose foram semelhantes entre os tratamentos com média geral de 109 mg/dl. Não houve interação entre estratégias nutricionais × dias experimentais (Tabela 4; $P>0,31$) entretanto, houve tendência para os dias experimentais sobre este parâmetro (Tabela 4; $P<0,09$). Os níveis de glicose não diferiram ($P = 0,31$) entre os d0 e d80; contudo, entre os dias d0, d80 e d173, apresentaram tendência a diferirem entre si. Houve tendência a interação (estratégias nutricionais × dias experimentais ($P<0,07$); Tabela 4) para os níveis de insulina. As novilhas de todas as estratégias apresentaram níveis de insulina semelhante no d0 (9,28 nlu/mL) e d80 (8,28 nlu/mL). No d138,

novilhas confinadas apresentaram maior nível de insulina (9,98 nlu/mL) em comparação as novilhas alimentadas com estratégias PAS10 (6,32 nlu/mL) e PAS812 (6,73 nlu/mL). No d173, novilhas confinadas apresentaram tendência de maior nível de insulina (12 nlu/mL) comparadas as novilhas das estratégias PAS10 (6,65 nlu/mL) entretanto se manteve semelhante a estratégia PAS812 (9,58 nlu/mL). Houve diferença para os dias experimentais ($P \leq 0,01$) para as concentrações de IGF-I, dos d0 á d80 os valores de IGF-I aumentaram significativamente e depois um leve aumento até o d138. Aos 173 dias, os níveis de IGF-I mostraram um declínio nas concentrações circulantes.

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.

Variáveis	TRATAMENTOS	Dias experimentais				EPM ⁴		P-valor	
		0	80	138	173		T ⁵	P ⁶	TXP ⁷
Glicose (mg/dL)	CONF ¹	120	122	110	100 ^b				
	PAS10 ²	112	108	111	101	4,77	0,60	0,09	0,72
	PAS812 ³	107	109	99	101				
Insulina (nlu/mL)	CONF	8,42	9,40	9,98	12,0				
	PAS10	9,62 ^A	7,36	6,32	6,65 ^B	1,24	0,11	0,15	0,07
	PAS812	9,81 ^A	8,08	6,73	9,58				
IGFI (ng/mL)	CONF	30,9 ^a	224	243	210				
	PAS10	68,6 ^a	267	332 ^c	230	20,3	0,41	<0,01	0,67
	PAS812	60,5 ^a	253	319 ^c	251				

¹CONF=Confinamento;

²PAS10=Suplementação fixa 1% PC;

³PAS812=Suplementação crescente 0.8/1,2% PC;

⁴EPM=Erro padrão da média;

⁵T=tratamento;

⁶P=Período;

⁷T×P=Interação tratamento e período.

Letras minúsculas diferentes na mesma linha, diferem entre si, letras ausentes não diferem;

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, letras ausentes não diferem;

7. DISCUSSÃO

A hipótese desse estudo foi que novilhas suplementadas a pasto teriam o mesmo desempenho reprodutivo que as confinadas, possibilitando o uso de ambos os sistemas para recria de novilhas. As novilhas tiveram uma oferta de MS semelhante entre as estratégias de suplementação. Diante disso, devido à similaridade entre esta

característica do pasto, todas as respostas são devidas as estratégias nutricionais impostas. Em contraste a hipótese desse estudo, as novilhas não atingiram o peso corporal alvo (300 kg) preconizado no início da EM, entretanto as novilhas de todas as estratégias obtiveram taxas de prenhez similares (47%). Os resultados da taxa de prenhez obtidos podem ser justificados pelo baixo PC e ECC no início, devido as condições de seca enfrentadas anteriormente ao desmame, é possível que tenha impactado na capacidade subsequente das novilhas atingirem a puberdade com o PC preconizado.

Para novilhas Nelore os dados na literatura indicam que a puberdade é atingida aproximadamente com 24 meses de idade e 297 kg de peso corporal (PC), provavelmente devido as baixas taxas de ganho na idade pré-púbere e falta de reservas corporais de novilhas criadas a pasto (Monteiro et al., 2013). Entretanto pesquisas recentes com novilhas Nelore demonstraram que é possível reduzir a idade a puberdade com uso de estratégias nutricionais para ganhos elevados (maiores que 0,500 kg/dia), (Barcelos et al., 2014; Da Silva et al., 2017; Nepomuceno et al., 2017; Miszura et al., 2020).

Hipotetizamos que a intensificação da suplementação próxima a estação de monta (PAS812), iria potencializar o desempenho reprodutivo, a hipótese não foi aceita, o GMD das novilhas alimentadas na estratégia PAS812 nos dias 80 a 160, foi maior (0,81 kg/dia) do que as novilhas alimentadas nas estratégias CONF e PAS10, entretanto não houve diferença no incremento na taxa de ovulação e prenhez, com o aumento na quantidade de suplementação, esperava-se o aumento de sinais fisiológicos positivos onde a concentração de glicose está positivamente associada a ingestão de concentrado e taxas de ganho (Hersom et al., 2004; Cappelozza et al., 2014). Sugerimos que ausência de resultados tenha sido influenciada pelo momento da colheita de sangue horas depois que ocorreu o pico da liberação de insulina pelo pâncreas (Moriel et al., 2020), estudos anteriores em novilhas de corte mostraram relações positivas entre insulina (Moriel et al., 2012), IGF-I (Moriel et al., 2020; Ortega et al., 2020) e leptina (Cardoso et al., 2014; Allen et al., 2017) com a puberdade, entretanto pouco se sabe, quais níveis desses reguladores são suficientes para a expressão de atividade reprodutiva em novilhas (Samadi et al., 2014). Novilhas alimentadas com dietas que produzem mais propionato tem maiores concentrações de insulina e glicose (Hall e tal., 1995; Yelich et al., 1996), pois é precursor da gliconeogênese em ruminantes (Cappelozza et al., 2014), no presente estudo, todas as estratégias nutricionais tinham alimentos que produziam propionato, isso provavelmente aumentou o crescimento das novilhas, entretanto não ocasionou diferenças nos valores de insulina e glicose.

O sucesso reprodutivo é correlacionado com o estado nutricional do animal (Schillo et al., 1992; Moriel et al., 2020), considerado um dos principais determinantes da obtenção da puberdade, responsável por frequências e amplitudes dos pulsos de LH (Gasser et al., 2006), e crescimento dos folículos ovarianos (Nepomuceno et al., 2017). É conhecido que o aumento do nível nutricional afeta e aumenta secreções de gonadotrofinas ocasionados por hormônios e metabólitos como: IGF-I, insulina e glicose servindo como mensageiros (*feedback* positivo ou negativo) modulando secreção e liberação de GnRH (Nepomuceno et al., 2017; Moriel et al., 2017; Moriel et al., 2020).

Nutrição e ganho de PC em novilhas jovens estão relacionados com a deposição de tecido adiposo e ECC em novilhas jovens (Michael et al., 2019). O ECC também está associado ao desempenho reprodutivo (Bossis et al., 2000), podendo afetar o crescimento e a persistência do folículo dominante (Rhodes et al., 1995) embora no presente estudo não tenha sido detectado diferenças nas taxas de prenhez e tamanho do folículo dominante, os valores relatados aqui para o ECC (3,5) estão de acordo com os valores relatados na literatura para novilhas, atingirem maior porcentagem de prenhez (Dickson et al., 2019). Embora os nossos resultados para ECC tenham sido adequados, o alcance da puberdade das novilhas pode ter sido comprometido pelo desenvolvimento corporal das novilhas.

A composição corporal de novilhas altera de acordo com o nível de alimentação, indicando que a ingestão de nutrientes aumenta o PC e a gordura corporal na puberdade (Hall et al., 1995; Cardoso et al., 2014). O comportamento do acúmulo da EGS durante o período do estudo aumentou para a estratégia CONF a partir do d80 e se manteve acima das estratégias PAS10 e PAS812, apesar da estratégia PAS812 ter alcançado maior GMD neste período, não acompanhou o acúmulo de reservas corporais, isso pode ser justificado pela dieta, animais com maior GMD, tem aumento significativo no metabolismo, pois as necessidades energéticas aumentam, a manutenção de bovinos em pastejo podem aumentar de 10% a 50% em comparação com as dos bovinos em confinamento (NRC, 1996). Segundo o NRC (1996) a necessidade de manutenção é independente da taxa de ganho, a necessidade de energia é aumentada quando o metabolismo é acelerado, bem como a deposição de tecidos. A EGS sinaliza previamente reservas corporais de fêmeas bovinas como descrito por Ayres et al. (2009), efeitos positivos sobre a eficiência reprodutiva e desencadeamento da puberdade em fêmeas jovens foram observados por Cardoso et al. (2014) e Pereira et al. (2017). O acúmulo de reservas corporais tem sido

relacionado com a maturação do eixo reprodutivo em alguns estudos (Zieba et al., 2004; Cardoso et al., 2014a; Cardoso et al., 2014b).

O tamanho do folículo ovulatório nesse estudo permaneceu semelhante nos dois protocolos de inseminação artificial entre as estratégias (≥ 10 mm), isso indica que a nutrição proporcionou condições fisiológicas para que os folículos crescessem morfológicamente, poderia ser sugerido que as estratégias nutricionais ocasionaram um suporte de gonadotrofinas para que os folículos crescessem até um tamanho ovulatório, mas era insuficiente para que os folículos fossem submetidos a um desenvolvimento funcional, essa suposição é devida as taxas de prenhez obtidas neste estudo, foi consistente com Samadi et al. (2014), que relataram o mesmo tamanho de folículo em novilhas *Bos indicus* entre os 11 a 13 meses de idade. É relatado que novilhas de corte em desenvolvimento, submetidas a altos níveis de nutrientes apresentem melhora no crescimento e no desempenho reprodutivo, manifestando folículos ovulatórios maiores (10 mm) (Cooke et al., 2008; Sartori et al., 2011). As taxas de prenhez não diferiram entre as estratégias, provavelmente devido a condição corporal semelhante entre as novilhas no início do estudo e a semelhança no tamanho dos folículos ovulatório nos momentos dos protocolos reprodutivos, a provas que todas as estratégias avaliadas no estudo são eficientes no desempenho produtivo, mas não influenciam no desempenho reprodutivo final.

Os valores relatados para IGF-I neste estudo (média de 258 ng/mL) foi semelhante ao valor encontrado por Peres et al., 2021, além disso foi observado maiores concentrações de IGF-I à medida que o GMD das novilhas aumentaram, os níveis de IGF-I mudam significativamente no metabolismo energético, especialmente em situações de deficiência nutricional ou mudanças na ingestão de energia (Barcellos et al. 2014). A mudança das respostas entre os níveis de IGF-I no decorrer dos dias experimentais é explicado pelo mecanismo de circulação do IGF-I, onde novilhas alimentadas com maior ingestão de energia mostraram uma maior dimensão corporal pois aumentaram a procura de energia e proteínas (Moriel et al., 2020; Samadi et al., 2014), isto produz um estímulo ao sistema de controle que determina o aumento do IGF-I no sangue. Ao contrário disso, após o d138 foi observado um declínio nas concentrações de IGF-I, para novilhas CONF, PAS812 e PAS10 respectivamente, isso pode ser atribuído as taxas de prenhez obtidas,

pois o IGF-I excessivo de acordo com Chi et al., 2000 pode ser prejudicial ao sucesso da gestação, pois diminui a absorção de glicose ocasionando apoptose celular.

Em conjunto, estratégias nutricionais para novilhas Nelore no pós-desmame, modulam positivamente o crescimento e desempenho de novilhas de corte. No entanto, o PC alvo, ao contrário da nossa hipótese, não foi atingido, provavelmente devido o PC baixo e a condição corporal no início do estudo, ocasionando uma taxa de prenhez baixa ao final.

8. CONCLUSÃO

Novilhas Nelore submetidas a estação de monta aos 14 ± 1 meses recriadas a pasto (suplementação fixa ou crescente) apresentam taxa de prenhez semelhante a novilhas confinadas (47%). A intensificação nutricional próxima ao período reprodutivo melhora o desempenho produtivo de novilhas de corte, mas não o desempenho reprodutivo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Neste estudo comprovamos que algumas estratégias de manejo nutricional e reprodutivo podem ser implementadas para se obter o sucesso produtivo e reprodutivo em novilhas Nelore. Abaixo o modelo de antecipação da idade ao primeiro parto de fêmeas da raça Nelore utilizado neste estudo.

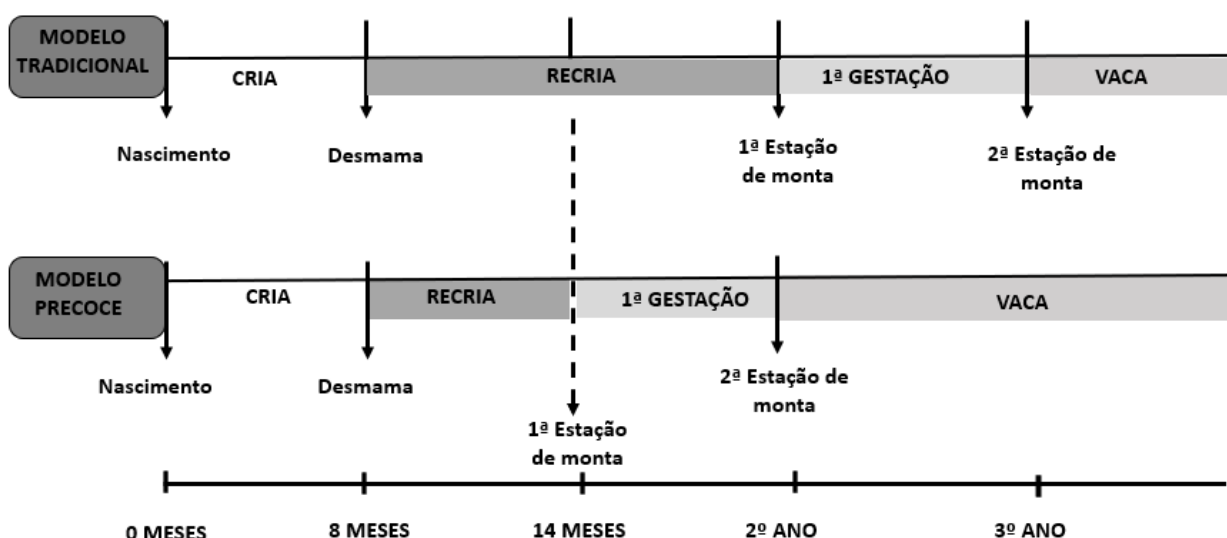


Figura 12. Modelo de antecipação da idade ao primeiro parto de novilhas Nelore.

No modelo precoce é importante ressaltar o impacto do planejamento nutricional para o sucesso reprodutivo em fêmeas jovens. Nesse sentido, pensando nas metas para atingir o Boi 777, é importante ressaltar que seja adotado um manejo alimentar para que as bezerras sejam desmamadas com 7@, pois quanto mais leves forem desmamadas maior o desafio de atingirem o peso no início do protocolo reprodutivo e consequentemente maior o investimento em alimentação. Outro ponto para o sucesso do modelo precoce, consiste no desenvolvimento pós-desmama, ou seja, na recria, é importante que as fêmeas não tenham restrição de nutrientes, entretanto o padrão de ganho de peso pode ser modificado através da forma da suplementação, como demonstramos neste estudo, uma suplementação constante (pasto e /ou confinamento) para altos ganho de peso resulta em uma mesma eficiência que uma alta suplementação aos 80 dias antes da estação de monta, desde que a porcentagem mínima do peso corporal adulto seja atingido no início do período reprodutivo. O resultado das estratégias de suplementação sobre a curva de crescimento (suplementação constante ou suplementação variada) na puberdade e eficiência reprodutiva em novilhas Nelore no pós-desmame ainda é escassa e certamente mais estudos são necessários. Nesse estudo identificamos que o PC (Tabela 5), EGS (Tabela 6) podem ter influência sobre o sucesso reprodutivo.

Tabela 5. Taxa de prenhez estratificadas por peso de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.

Peso ¹	Total ²	N. Gest. ³	%Gest ⁴
> 300	12	8	66,7%
270 a 300	24	16	66,7%
240 a 270	45	20	44,4%
< 240	40	13	32,5%

¹Peso= Peso das novilhas ao final do protocolo reprodutivo; ²total= Total de novilhas por peso ao final do protocolo reprodutivo; ³N. Gest=Total de novilhas gestantes; %Gest⁴ = Porcentagem de novilhas gestantes

Tabela 6. Taxa de prenhez estratificadas por EGS de novilhas Nelore alimentadas com diferentes estratégias nutricionais durante a recria.

EGS ¹	Total ²	N. Gest. ³	%Gest ⁴
> 4	11	6	54,5%
3 a 4	23	16	69,6%
2 a 3	64	27	42,2%
< 2	23	18	34,8%

¹EGS= Espessura de gordura subcutânea; ²total= Total de novilhas por EGS ao final do protocolo reprodutivo; ³N. Gest=Total de novilhas gestantes; %Gest⁴ = Porcentagem de novilhas gestantes

Após o estabelecimento da gestação o ganho de peso ainda deve ser focado para o desenvolvimento das novilhas, pois ainda estão em crescimento. Os dados do presente estudo indicaram que para garantir o sucesso e consequentemente o retorno das estratégias, é preciso tomar cuidado com alguns pontos:

- Concentração das concepções das vacas no início da estação de monta, para assegurar maior peso a desmama de bezerras pesadas, garantindo uma quantidade significativa de novilhas aos 14 meses, com bom desenvolvimento corporal.
- Uso de seleção genética para precocidade sexual;

- Um bom ganho de peso das novilhas durante a recria, que assegure a chegada a estação de monta com bom desenvolvimento, e reservas corporais;
- Utilização de protocolos de sincronização da ovulação para IATF e resincronização;
- Manutenção do crescimento da fêmea após estabelecimento da gestação, almejando ao menos 85% do peso adulto à parição.

10. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, **ABIEC**. São Paulo, SP, BR: Relatório anual, 2020.

Allen, CC., Tedeschi, LO, Keisler., DH, Cardoso, RC., Alves, BRC., Amstalden, M., Williams, GL. (2017). Interação da fonte de energia da dieta e ganho de peso corporal durante o período juvenil sobre o status endócrino metabólico e idade à puberdade em novilhas de corte. **Journal of Animal Science**, 95 (5), 2080-2088.

Almeida, O., Pinho, RO., Lima, DM., Martins, LF. (2013). Endocrinologia da puberdade em fêmeas bovinas. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, 11(20), 1-13.

Amstalden, M., Garcia, MR., Williams, SW., Stanko, RL., Nizielski, SE., Morrison, CD., Keisler, DH; Williams, GL. (2000). Leptin gene expression, circulating leptin, and luteinizing hormone pulsatility are acutely responsive to short-term fasting in prepubertal heifers: relationships to circulating insulin and insulin-like growth factor I. **Biology of Reproduction**, 63(1), 127-133.

Amstalden, M., Garcia, MR., Stanko, RL., Nizielski, SE., Morrison, CD., Keisler, DH., Williams, GL. (2002). Central infusion of recombinant ovine leptin normalizes plasma insulin and stimulates a novel hypersecretion of luteinizing hormone after short-term fasting in mature beef cows. **Biology of Reproduction**, 66 (5), 1555-1561.

Armstrong, DG., McEvoy, TG., Baxter, G., Robinson, JJ., Hogg, CO., Woad, KJ., Webb, R., Sinclair, K.D. (2001). Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production in vitro: associations with the ovarian insulin-like growth factor system. **Biology of reproduction**, 64(6), 1624-1632.

Armstrong, DG., Gong, JG., Gardner, JO., Baxter, G., Hogg, CO., Webb, R. (2002). Steroidogenesis in bovine granulosa cells: the effect of short-term changes in dietary intake. **Reproduction-Cambridge**, 123(3), 371-378.

Ayres, H., Ferreira, RM., de Souza Torres-Júnior, JR., Demétrio, CGB., de Lima, CG., Baruselli, PS. (2009). Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nellore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Science**, 123(2-3), 175-179.

Barcellos, JOJ., Prates, ER., Muhlback, PRF., Ospina, H., Bernardi, ML., López, J. (2001). Effects of liveweight and different Nellore x Hereford crosses on age at puberty. **Biotechnology in animal husbandry**.17,57-62.

Barcellos, JOJ., Pereira, GR., Dias, EA., McManus, C., Canellas, L., Bernardi, ML., Tarouco, A., Prates, ÊR. (2014). Higher feeding diets effects on age and liveweight gain at puberty in crossbred Nellore× Hereford heifers. **Tropical animal health and production**, 46(6), 953-960.

Barb, CR., Hausman, GJ., Houseknecht, KL (2001). Biology of leptin in the pig. **Domestic Animal Endocrinology**. 21 (4), 297-317.

Beard, JK., Musgrave, JA., Hanford, KJ., Funston, RN., Mulliniks, JT (2019). The effect of dam age on heifer progeny performance and longevity. **Translational Animal Science**. 3 (Supplement_1), 1710-1713.

Bergman, EN (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological reviews**. 70 (2), 567-590.

Blum, WF. Leptin: the voice of adipose tissue. **Hormone Research**, Basel.v.48, p-2-8,1997.

Bossis, I., Wettemann, R.P., Welty, S.D., Vizcarra, J., Spicer, L.J., 2000. Nutritionally induced anovulation in beef Heifers: ovarian and endocrine fuction during realimentation and resumption of ovulation. **Biology of Reproduction** 62, 1436-1444

Cappellozza, BL., Cooke, RF., Reis, MM., Moriel, P., Keisler, DH., Bohnert, DW. (2014). Supplementation based on protein or energy ingredients to beef cattle consuming

low-quality cool-season forages: II. Performance, reproductive, and metabolic responses of replacement heifers. **Journal of Animal Science**, 92 (6), 2725-2734.

Cardoso, RC., Alves, BRC., Prezotto, LD., Thorson, JF., Tedeschi, LO., Keisler, DH., Park, CS; Amstalden, M., Williams, GL. (2014). Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, 92(7), 2942-2949.

Cardoso, RC., Alves, BRC., Sharpton, SM., Williams, GL., Amstalden, M. (2015). Nutritional programming of accelerated puberty in heifers: involvement of pro-opiomelanocortin neurones in the arcuate nucleus. **Journal of Neuroendocrinology**, 27(8), 647-657.

Carvalho, MV., Diniz-Magalhães, J., Pereira, ASC., Santos, MV., Silva, LFP. (2013). Effect of chronic infusion of leptin and nutrition on sexual maturation of zebu heifers. **Journal of Animal Science**, 91(3), 1207-1215.

Ciccioli, NH., Charles-Edwards, SL., Floyd, C., Wettemann, RP., Purvis, HT., Lusby, KS., Horn, GW., Lalman, DL. (2005). Incidence of puberty in beef heifers fed high-or low-starch diets for different periods before breeding. **Journal of Animal Science**, 83(11), 2653-2662.

Chi, MMY., Schlein, AL., Moley, KH., (2000). High insulin-like growth factor 1 (IGF-1) and insulin concentrations trigger apoptosis in the mouse blastocyst via downregulation of the IGF-1 receptor. **Endocrinology** 141, 4784–4792.

Chilliard, Y., Delavaud, C., Bonnet, M. (2005). Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. **Domestic Animal Endocrinology**, 29(1), 3-22.

Cooke, RF., Arthington, JD., Staples, C. R., Thatcher, WW., Lamb, GC. (2007). Effects of supplement type on performance, reproductive, and physiological responses of Brahman-crossbred females. **Journal of Animal Science**, 85(10), 2564-2574.

Cooke, RF., Arthington, JD., Araujo, DB., Lamb, GC., Ealy, AD. (2008). Effects of supplementation frequency on performance, reproductive, and metabolic responses of Brahman-crossbred females. **Journal of Animal Science**, 86(9), 2296-2309.

Cooke, RF., Bohnert, DW., Francisco, CL., Marques, RS., Mueller, CJ., Keisler, DH. (2013). Effects of bovine somatotropin administration on growth, physiological, and reproductive responses of replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, 91(6), 2894-2901.

Cooke, R. F., Daigle, C. L., Moriel, P., Smith, S. B., Tedeschi, L. O., & Vendramini, J. (2019). Board Invited Review-Cattle adapted to tropical and subtropical environments (I): social, nutritional, and carcass quality considerations. **Journal of Animal Science**.

Creighton, KW., Musgrave, JA., Klopfenstein, TJ., Clark, RT., Adams, DC. (2005). Comparison of two development systems for March-born replacement beef heifers. **Nebraska Beef Cattle Reports**, 158.

Da Silva, AG., Paulino, MF., da Silva Amorim, L., Rennó, LN., Detmann, E., de Moura, FH., Ortega, REM., de Melo, LP. (2017). Performance, endocrine, metabolic, and reproductive responses of Nellore heifers submitted to different supplementation levels pre-and post-weaning. **Tropical animal health and production**, 49(4), 707-715.

Day, ML., Anderson, LH. (1998). Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of Animal Science**, 76(suppl_3), 1-15.

Day, ML., Nogueira, GP. (2013). Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal Frontiers**, 3(4), 6-11.

Dickinson, SE., Elmore, MF., Kriese-Anderson, L., Elmore, JB., Walker, BN., Dyce, PW., Rodning, SP., Biase, FH. (2019). Evaluation of age, weaning weight, body condition score, and reproductive tract score in pre-selected beef heifers relative to reproductive potential. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 10(1), 1-7.

Diskin, MG., Mackey, DR., Roche, JF., Sreenan, JM. (2003). Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. **Animal Reproduction Science**, 78(3-4), 345-370.

Dunn, TG., Moss, GE. (1992). Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. **Journal of Animal Science**, 70(5), 1580-1593.

Eaton, DP.; Santos, SA., Santos, MCA.; LIMA, JVB., Keuroghlian, A. (2011). Rotational grazing of native pasturelands in the Pantanal: an effective conservation tool. **Tropical Conservation Science**, 4, 39–52.

Endecott, RL., Funston, RN., Mulliniks, JT., Roberts, AJ. (2013). Joint alpharma-beef species symposium: implications of beef heifer development systems and lifetime productivity. **Journal of Animal Science**, 91(3), 1329-1335.

Emerick, LL., Dias, JC., Gonçalves, PE M., Martins, JAM., Souza, FA., Vale Filho, VR., Andrade, VJ. (2009). Retorno da atividade ovariana luteal cíclica de vacas de corte no pós-parto: uma revisão. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, 33(4), 203-12.

Fernandes, GA.; Fernandes, FFD., Mousquer, CJ., Oliveira, EB., Castro, WJR., Silva Filho, AS. (2015). Produção de novilhos superprecoce a pasto. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, 9, 553-579

Ferreira, EM., Ferraz Junior, MVC., Nepomuceno, DD., Biehl, M.V., Mendes, CQ.; Pires, AV. (2012). Efeito da produção de novilhas à pasto sobre a puberdade. In: Rosane Cláudia Rodrigues; Michelle de Oliveira Parante. (Org.). **SIMPRUPASTO: O uso da ciência e de tecnologias para a mudança de paradigmas**. 1ed. Chapadinha: Edufma., 1, 128- 158. b.

Ferrell, CL. (1982). Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. **Journal of Animal Science**, 55(6), 1272-1283.

Foster, DL., Nagatani, S. (1999). Physiological perspectives on leptin as a regulator of reproduction: role in timing puberty. **Biology of Reproduction**, 60(2), 205-2

Franco, G. L.; Davy, F. C. A. Interação entre nutrição e reprodução em vacas de corte. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F.; **Bovinocultura de corte: Desafios e tecnologias**. Salvador: UFBA, 2007, cap.3 p. 82-124.

Freitas, BGD. (2015). **Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Funston, RN., Deutscher, GH. (2004). Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. **Journal of Animal Science**, 82(10), 3094-3099.

Funston, RN., Summers, AF., Roberts, AJ. (2012). Alpharma Beef Cattle Nutrition Symposium: Implications of nutritional management for beef cow-calf systems. **Journal of Animal Science**, 90(7), 2301-2307.

Garcia, MR., Amstalden, M., Morrison, CD., Keisler, DH., Williams, GL. (2003). Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass, and circulating metabolic hormones in beef heifers fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. **Journal of Animal Science**, 81(1), 261-268.

Gasser, CL., Grum, DE., Mussard, ML., Fluharty, FL., Kinder, JE., Day, ML. (2006a). Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. **Journal of Animal Science**, 84(8), 2035-2041.

Gasser, CL., Burke, CR., Mussard, ML., Behlke, EJ., Grum, DE., Kinder, JE., Day, M. L. (2006b). Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. **Journal of Animal Science**, 84(8), 2042-2049.

Gasser, CL., Bridges, GA., Mussard, ML., Grum, DE., Kinder, JE., Day, ML. (2006c). Induction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. **Journal of Animal Science**, 84(8), 2050-2056.

Gasser, CL. (2013). Joint Alpharma-Beef Species Symposium: considerations on puberty in replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, 91(3), 1336-1340.

Gluckman, PD., Breier, BH., Davis, SR. (1987). Symposium: growth hormone and biotechnology. **Journal of Dairy Science**, 70, 442-446.

Hall, JB., Staigmiller, RB., Bellows, RA., Short, RE., Moseley, WM., Bellows, SE. (1995). Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, 73(11), 3409-3420.

Hall, JB., Glaze Jr, JB. (2017). Heifer Nutritional Development Strategies

Hess, BW., Lake, SL., Scholljegerdes, EJ., Weston, TR., Nayigihugu, V., Molle, JD. C., Moss, GE. (2005). Nutritional controls of beef cow reproduction. **Journal of Animal Science**, 83(suppl_13), E90-E106.

Hersom, M. J., Wettemann, R. P., Krehbiel, C. R., Horn, G. W., Keisler, D. H., 2004. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: III. Blood metabolites and hormones during feedlot finishing. *Journal of animal science* 82, 2059-2068.

Holm, DE., Thompson, PN., Irons, PC. (2009). The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. **Journal of Animal Science**, 87(6), 1934-1940.

Honaramooz, A., Aravindakshan, J., Chandolia, RK., Beard, AP., Bartlewski, PM., Pierson, RA., Rawlings, NC. (2004). Ultrasonographic evaluation of the pre-pubertal development of the reproductive tract in beef heifers. **Animal Reproduction Science**, 80(1-2), 15-29.

Jones, JI., Clemmons, DR. (1995). Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. **Endocrine reviews**, 16(1), 3-34.

Keisler, DH., Lucy, MC. (1996). Perception and interpretation of the effects of undernutrition on reproduction. **Journal of Animal Science**, 74(suppl_3), 1-17.

Kinder, JE., Bergfeld, EGM., Wehrman, ME., Peters, KE., Kojima, FN. (1995). Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. **Journal of Reproduction and Fertility-Supplements only**, (49), 393-408.

Lackey, BR., Gray, SL., Henricks, DM. (1999). The insulin-like growth factor (IGF) system and gonadotropin regulation: actions and interactions. **Cytokine & Growth Factor Reviews**, 10(3-4), 201-217.

Lardner, HA., Damiran, D., Hendrick, S., Larson, K., Funston, R. (2014). Effect of development system on growth and reproductive performance of beef heifers. **Journal of animal science**, 92(7), 3116-3126.

Lamb, GC. (2013). Criteria for selecting replacements at weaning, before breeding, and after breeding. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, 29(3), 567-578.

Lamond, DR. (1970). The influence of undernutrition on reproduction in the cow. **In Anim. Breed. Abstr.** (Vol. 38, pp. 359-372).

Landarin, CM., Lobato, JFP., Tarouco, AK., Tarouco, JU., Eloy, LR., Pötter, L., Rosa, AAG. (2016). Growth and reproductive performance of 14-to 15-month-old Hereford heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 45(11), 667-676.

Latawiec, E., Strassburg, BBN., Valentim, JF., Ramos, F., Alves-Pinto, HN. (2014). Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, 8, 1255–1263

Maciel, MN., Zieba, DA., Amstalden, M., Keisler, DH., Neves, JP., Williams, GL. (2004). Leptin prevents fasting-mediated reductions in pulsatile secretion of luteinizing hormone and enhances its gonadotropin-releasing hormone-mediated release in heifers. **Biology of Reproduction**, 70(1), 229-235.

Mackey, DR., Sreenan, JM., Roche, JF., Diskin, MG. (1999). Effect of acute nutritional restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotropin concentrations in beef heifers. **Biology of Reproduction**, 61(6), 1601-1607.

Marques, RS., Cooke, RF., Rodrigues, MC., Moriel, P., Bohnert, DW. (2016). Impacts of cow body condition score during gestation on weaning performance of the offspring. **Livestock Science**, 191, 174-178.

Meikle, A., Kulcsar, M., Chilliard, Y., Febel, H., Delavaud, C., Cavestany, D., Chilbroste, P. (2004). Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. **Reproduction**, 127(6), 727-737.

Michael, JD., Baruselli, PS., Campanile, G. (2019). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, 125, 277-284.

Miszura, AA., Ferraz, MVC., Cardoso, RC., Polizel, DM., Oliveira, GB., Barroso, JPR., Gobato, LGM., Nogueira, GP., Biava, JS., Ferreira, EM., Pires, AV. (2020). Implications of growth rates and compensatory growth on puberty attainment in Nellore heifers. **Domestic Animal Endocrinology**, 74, 106526.

Mota, V. A., Fernandes, R. M., Prados, L. F., Neto, J. A. A., Berti, G. F., Resende, F. D., & Siqueira, G. R. (2020). Relationship between gain rate during the growing phase and

forage allowance in the finishing phase in Nellore cattle. **Tropical animal health and production**, 1-11.

Moriel, P., Cooke, RF., Bohnert, DW., Vendramini, JMB., & Arthington, JD. (2012). Effects of energy supplementation frequency and forage quality on performance, reproductive, and physiological responses of replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, 90(7), 2371-2380.

Moriel, P., Johnson, SE., Vendramini, JMB., Mercadante, VRG., Hersom, MJ., Arthington, JD. (2014). Effects of calf weaning age and subsequent management system on growth and reproductive performance of beef heifers. **Journal of Animal Science**, 92(7), 3096-3107.

Moriel, P., Lancaster, P., Lamb, GC., Vendramini, JMB., Arthington, JD. (2017). Effects of post-weaning growth rate and puberty induction protocol on reproductive performance of Bos indicus-influenced beef heifers. **Journal of Animal Science**, 95(8), 3523-3531.

Moriel, P., Palmer, E., Vedovatto, M., Piccolo, M. B., Ranches, J., Silva, H.M., Mercadante, VG, Lamb, GC., Vendramini, JM. (2020). Supplementation frequency and amount modulate postweaning growth and reproductive performance of Bos indicus-influenced beef heifers. **Journal of Animal Science**, 98(8), skaa236.

Monteiro, FM., Mercadante, MEZ., Barros, CM., Satrapa, RA., Silva, JAV., Oliveira, LZ., Saraiva, NZ, Oliveira, CS., Garcia, JM. (2013). Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. **Theriogenology**, 80(1), 10-17.

Mott, G. O., Lucas, H. L., 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. p. 1380–1385. RE Wagner et al.(ed.) Proc. Int Grassl. Congr., 6th, Penn State College. 17–23 Aug. 1952. State College Press, PA. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. p. 1380–1385. In RE Wagner et al.(ed.) Proc. Int Grassl. Congr., 6th, Penn State College. 17–23 Aug. 1952. State College Press, PA.

Mulliniks, JT., Hawkins, DE., Kane, KK., Cox, SH., Torell, LA., Scholljegerdes, EJ., Petersen, MK. (2013). Metabolizable protein supply while grazing dormant winter forage during heifer development alters pregnancy and subsequent in-herd retention rate. **Journal of Animal Science**, 91(3), 1409-1416.

Murphy, B. D., Martinuk, S. D. (1991). Equine chorionic gonadotropin. **Endocrine reviews**, 12(1), 27-44.

NRC (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle.' (National Academies Press: Washington, DC).

Nepomuceno, DD., Pires, AV., Junior, MVF., Biehl, MV., Gonçalves, JR., Moreira, E. M., Day, ML. (2017). Effect of pre-partum dam supplementation, creep-feeding and post-weaning feedlot on age at puberty in Nelore heifers. **Livestock Science**, 195, 58-62.

Nogueira, G. P. (2004). Puberty in south american bos indicus (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science**, 82, 361-372.

Nussey, SS., Whitehead, SA. (2001). **Endocrinology: an Integrated Approach**. BIOS Scientific.

Ortega, RM., Paulino, MF., Detmann, E., Rennó, LN., Moreno, DS., Márquez, DC., De Almeida, DM, De Melo, L.P., Moura, FH. (2020). Nutritional strategies for heifers under grazing system: productive and nutritional performance, metabolic profile and ovarian activity. **Tropical Animal Health and Production**, 1-10.

Owens FN, Dubeski P, Hanson CF (1993) Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n.11, p. 3138-3150

Park, CS., Erickson, GM., Choi, YJ., Marx, GD. (1987). Effect of compensatory growth on regulation of growth and lactation: response of dairy heifers to a stair-step growth pattern. **Journal of Animal Science**, 64(6), 1751-1758.

Park, CS., Danielson, RB., Kreft, BS., Kim, SH., Moon, YS., Keller, WL. (1998). Nutritionally directed compensatory growth and effects on lactation potential of developing heifers. **Journal of Dairy Science**, 81(1), 243-249.

Patterson, DJ., Perry, RC., Kiracofe, GH., Bellows, RA., Staigmiller, RB., Corah, LR. (1992). Management considerations in heifer development and puberty. **Journal of Animal Science**, 70(12), 4018-4035.

Pereira, GR., Barcellos, JOJ., Sessim, AG., Tarouco, JU., Feijó, FD., Braccini Neto, J., Prates, ER., Canozzi, MEA. (2017). Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 46(5), 413-420.

Perks, C. M., Peters, A. R., Wathes, D. C. (1999). Follicular and luteal expression of insulin-like growth factors I and II and the type 1 IGF receptor in the bovine ovary. **Reproduction**, 116(1), 157-165.

Pérez-Pérez, A., Sánchez-Jiménez, F., Maymó, J., Dueñas, J. L., Varone, C., Sánchez-Margalet, V., 2015. Role of leptin in female reproduction. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)* 53, 15-28.

Perry, GA. (2012). Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. **Journal of Animal Science**, 90(4), 1172-1182.

Randel, RD., Welsh Jr, TH. (2013). Joint Alpha-Beef species symposium: interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. **Journal of Animal Science**, 91(3), 1323-1328

Restle, J., Polli, VA., Senna, DBD. (1999). 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**, 34(4), 701-707.

Roberts, AJ., Geary, TW., Grings, EE., Waterman, RC., MacNeil, MD. (2009). Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for one hundred forty-day period after weaning. **Journal of Animal Science**, 87(9), 3043-3052.

Rodríguez-Sánchez, JA., Sanz, A., Tamanini, C., Casasús, I. (2015). Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods. **Journal of Animal Science**, 93(8), 3871-3885.

Rodríguez-Sánchez, JA., Sanz, A., Ferrer, J., Casasús, I. (2018). Influence of postweaning feeding management of beef heifers on performance and physiological profiles through rearing and first lactation. **Domestic Animal Endocrinology**, 65, 24-37.

Rhodes, F. M., De'Ath, G., Entwistle, K. W. 1995. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Animal Reproduction Science* 38, 265-277

Samadi, F., Blache, D., Martin, GB., D'Occhio, MJ. (2014). Nutrition, metabolic profiles and puberty in Brahman (*Bos indicus*) beef heifers. *Animal Reproduction Science*, 146(3-4), 134-142.

Sartori, R., Bastos, M., Baruselli, P., Gimenes, L., Ereno, R., & Barros, C., 2011. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Reprod in Domestic Ruminants** 7, 357.

Schillo, KK., Hall, JB., Hileman, SM. (1992). Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. **Journal of Animal Science**, 70(12), 3994-4005.

Schubach, KM., Cooke, RF., Brandão, AP., Schumacher, TF., Pohler, KG., Bohnert, D. W., Marques, RS. (2019). Impacts of postweaning growth rate of replacement beef heifers on their reproductive development and productivity as primiparous cows. **Journal of Animal Science**, 97(10), 4171-4181.

Silva, MD., Barcellos, JOJ., Prates, ER. (2005a). Desempenho reprodutivo de novilhas Nelore de corte acasaladas aos 18 ou 24 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34, 20567- 2063.

Silva, JAI., Dias, LT., Albuquerque, LGD. (2005b). Estudo genético da precocidade sexual de novilhas em um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(5), 1568-1572.

Shaffer, KS., Turk, P., Wagner, WR., Felton, EED. (2011). Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, 89(4), 1028-1034.

Short, RE., Staigmiller, R. B., Bellows, R. A., & Greer, R. C. (1994). Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. **Factors Affecting Calf crop**, 55-68.

Sollenberger, L.E., Cherney, D.J.R., 1995. Evaluating forage production and quality. In 'Forages: the science of grass land agriculture (vol. 2)'. (Eds RF Barnes, Nelson CJ, KJ Moore, M Collins), pp 97- 110. (Iowa State University Press: Iowa City, IA).

Thallman, RM., Cundiff, LV., Gregory, KE., Koch, RM. (1999). Germplasm evaluation in beef cattle—Cycle IV: Postweaning growth and puberty of heifers. **Journal of Animal Science**, 77(10), 2651-2659.

Taylor, SC., Fitzhugh Jr, HA. (1971). Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. **Journal of Animal Science**, 33(4), 726-731.

Valadares Filho, SC., Marcondes M.I, Chizzotti, ML., Paulino, PVR (2010) **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-** BR CORTE. 2nd ed. Vicoso, MG:Suprema Grafica Ltda, 142 p

Vasantha, SKI., Kona, S. S. R. (2016). Physiology of puberty in females: A review. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, 1(2), 23-26.

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science* 74, 3583-3597.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell University.

Vizcarra, JA., Wettemann, RP., Spitzer, JC., Morrison, DG. (1998). Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and non esterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. **Journal of Animal Science**, 76(4), 927-936.

Webb, R., Gosden, RG., Telfer, EE., Moor, RM. (1999). Factors affecting folliculogenesis in ruminants. **Animal Science**, 68(2), 257-284.

Webb, RPCG., Garnsworthy, P. C., Gong, J. G., & Armstrong, D. G. (2004). Control of follicular growth: local interactions and nutritional influences. **Journal of Animal Science**, 82(suppl_13), E63-E74.

Wiltbank, JN., Gregory, KE., Swiger, LA., Ingalls, JE., Rothlisberger, JA., Koch, RM. (1966). Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, 25(3), 744-751.

Yelich, JV., Wettemann, RP., Dolezal, HG., Lusby, KS., Bishop, DK., Spicer, LJ. (1995). Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor I, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, 73(8), 2390-2405.

Yelich, JV., Wettemann, RP., Marston, TT., Spicer, LJ. (1996). Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin, and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. **Domestic Animal Endocrinology**, 13(4), 325-338.

]

Zieba, DA., Amstalden, M., Morton, S., Maciel, MN., Keisler, DH., Williams, GL., (2004). Regulatory roles of leptin at the hypothalamic-hypophyseal axis before and after sexual maturation in cattle. **Biology of reproduction** 71, 804-812.

Zulu, VC., Nakao, T., Sawamukai, Y. (2002). Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle. **Journal of Veterinary Medical Science**, 64(8), 657-665.