

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Veterinária

Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

Adolfo Pérez Fonseca

**DESEMPENHO PRODUTIVO E PERFIL METABÓLICO DE VACAS PRIMÍPARAS
F1 HOLANDÊS X GIR E SUA RELAÇÃO COM A REPRODUÇÃO**

Belo Horizonte

2021

Adolfo Pérez Fonseca

**DESEMPENHO PRODUTIVO E PERFIL METABÓLICO DE VACAS PRIMÍPARAS
F1 HOLANDÊS X GIR E SUA RELAÇÃO COM A REPRODUÇÃO**

Versão final

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Álan Maia Borges

Coorientadores: Dra. Mariana Magalhães

Campos

Dr. Bruno Campos de Carvalho

Belo Horizonte

2021

F676d Fonseca, Adolfo Perez, 1989
Desempenho produtivo, perfil metabólico e características reprodutivas de vacas primípiras
F1 Holandês x Gir / Adolfo Perez Fonseca. – 2021.
117 f. il

Orientador: Alan Maia Borges
Tese (Doutorado) apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas
Gerais para obtenção do título de Doutor.
Bibliografias: f. 38 a 45.

1. Vacas - Teses - 2. Metabolismo - Teses – 3. Veterinária - Teses - I. Borges, Alan Maia –
II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - III. Título.

CDD – 636.085

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

ADOLFO PEREZ FONSECA

Tese submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de DOUTOR em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração em Reprodução Animal.

Aprovada em 30 de agosto de 2021, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Alan Maia Borges
Presidente – Orientador(a)

Dr.(a). Sandra Gesteira Coelho

Dr.(a). José Reinaldo Mendes Ruas

Dr.(a). Guilherme Pugliesi

Dr.(a). Helena Ferreira Lage



Documento assinado eletronicamente por **Alan Maia Borges, Professor do Magistério Superior**, em 30/08/2021, às 20:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandra Gesteira Coelho, Servidor(a)**, em 31/08/2021, às 06:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Pugliesi, Usuário Externo**, em 31/08/2021, às 07:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE REINALDO MENDES RUAS, Usuário Externo**, em 31/08/2021, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Helena Ferreira Lage, Usuário Externo**, em 01/09/2021, às 14:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0915611** e o código CRC **5630520A**.

*Dedico este trabalho a DEUS
meu pai Hernando Pérez
minha mãe Benita Fonseca
minhas irmãs Gisela e Maira
por serem o motor da minha vida
e que sempre estiveram presentes
para me dar apoio, força e motivação
para poder alcançar os meus sonhos.*

AGRADECIMENTOS

A realização dessa tese marca o fim de mais uma conquista e como não se tem conquista sem ajuda, queria agradecer a todos aqueles que contribuíram para a concretização desse trabalho.

A Deus, por me brindar o conhecimento e sabedoria para sempre escolher os caminhos que me levam ao triunfo.

À Escola de Veterinária da UFMG, por ter possibilitado a realização do curso de Doutorado. À todos os professores e técnicos da Reprodução Animal, em especial ao meu orientador Professor Alan Maia Borges, pelo esforço e paciência que teve durante todo este tempo para me orientar pelo caminho mais correto, e pela paciência e sábios conselhos nos momentos mais difíceis.

Aos meus coorientadores Doutora Mariana Magalhães Campos e Doutor Bruno Campos de Carvalho, pela ajuda durante o tempo experimental e redação deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) que financiou o projeto de pesquisa protocolado sob o CEUA nº 9264220317/17.

À banca examinadora da tese, os Professores Sandra Gesteira Coelho, José Reinaldo Mendes Ruas, Helena Ferreira Lage, Guilherme Pugliesi, Antônio de Pinho Marques Júnior e Telma da Mata Martins, pelas valiosas sugestões que contribuíram para o refinamento e melhoria da tese.

A minha família, meus avós, primos, meu sobrinho, meus tios e tias, por sempre me apoiarem.

À minha família brasileira Márcia, César, Henrique, Guilherme, Carol, Gabriel e Simone, por todo o apoio incondicional enquanto eu morava em Belo Horizonte.

Ao meu tio Yamil Abuabara, minha tia Eliana, meus primos Yamil, Tamara e Tahis, pelo apoio sempre.

A todos os funcionários da fazenda da EMBRAPA - Gado de Leite, Dell, Geovanne, Luizinho, Verônica, Mengo, Amarildo, Seu Tetestco e Betinho pela ajuda. Aos estagiários

Henrique, Amarildo, Paulo, Victor, Dante, Warley, Samuel, Rodrigo, Isabela, Luana, Taiane, Verônica e Ana Luiza, que fizeram parte fundamental durante a fase experimental.

Aos meus companheiros e colegas de curso Luciano, Verônica, Philipe, Isabela, Lucas, Silvio, Gustavo, Telma, Ana Carolina, e Natália, pela amizade e apoio.

Aos meus amigos na Colômbia Jorge Enrique, Álvaro, Nicolas, Luís Fernando, Cristian, Samir, Alberto, Sergio e em especial ao meu primo Jorge Leonardo, pelo apoio, companhia e motivação nos momentos que mais os precisava.

Aos meus amigos em Belo Horizonte, José Azael, Andrés, Juan Felipe, Priscila, Esteban, Julian Lopez, David Zapata, Liceth, Tuto e Lina.

Aos Estagiários da EMBRAPA Gado de Leite Daniele, Aloma, Milane, Rebeca, Raquel, Carina, Duarte, Elissa, Gabriela, Guilherme, Gustavo, Marina, Paulo, João, Sheila, Tainá, Rafael, Marco, Abias, Camila e Aline, pela companhia, amizade e apoio na minha estadia na fazenda.

Aos funcionários do Nutre Alexandre, Nédia, Claudia, Dona Luz e Jú, pela receptividade.

A minha pátria Colômbia, sempre agradecido e orgulhoso de ser um Colombiano.

Resumo

Este trabalho foi realizado com os seguintes objetivos: a) descrever o perfil metabólico de vacas primíparas F1 Holandês x Gir criadas em sistema de confinamento total, durante o período de transição. Para o estudo foram utilizadas 29 novilhas mestiças F1 Holandês x Gir (HG) diagnosticadas gestantes. O escore de condição corporal foi acompanhado no pré e no pós-parto. Foram realizadas coletas de sangue semanalmente nos dias -21, -14 e -7 do pré-parto, no dia do parto (D0), e nos dias 7, 14 e 21 após o parto para análises de glicose e ureia, e nos dias -7 pré-parto, e 7, 14 e 21 dias pós-parto para análises de ácidos graxos não esterificados e beta-hidroxibutirato. O escore de condição corporal foi maior na última semana antes do parto ($3,9 \pm 0,19$) e diferiu para os dias 7, 14 e 21 após o parto, que foram de $3,70 \pm 0,20$; $3,67 \pm 0,27$ e $3,8 \pm 0,22$ respectivamente. Todavia, o escore de condição corporal não diferiu entre os dias pós-parto, nos primeiros 21 dias de lactação. As concentrações de glicose foram semelhantes tanto no período do pré-parto quanto no pós-parto. As concentrações de ureia se mantiveram sem alterações desde o pré-parto até o pós-parto com exceção ao dia 7 após o parto, em que foi observada uma queda nas concentrações. Para o beta-hidroxibutirato as concentrações foram aumentando desde o pré-parto até o dia 21 após o parto. Foi evidenciada redução nas concentrações dos ácidos graxos não esterificados desde o pré-parto até os dias 21 após o parto; b) a descrição do perfil metabólico no sangue e no fluido folicular e a sua correlação com a qualidade dos oócitos aspirados, em diferentes períodos após o parto, de vacas lactantes primíparas F1 Holandês x Gir. Aspirações foliculares guiadas por ultrassom, via transvaginal, para coleta de oócitos foram realizadas nos dias 30 ± 2 , 60 ± 2 e 100 ± 2 após o parto. Nos mesmos dias das coletas dos oócitos, sangue e fluido folicular do folículo dominante foram coletados para dosagens de glicose, ácidos graxos não esterificados (NEFA), beta-hidroxibutirato (BHBA) e ureia. No laboratório, foi verificada a taxa de recuperação de oócitos, maturação *in vitro* e apoptose por meio da técnica de TUNEL. A concentração média de glicose no dia 30 pós-parto foi superior no fluido folicular quando comparada com o plasma sanguíneo, porém, nos dias 60 e 100 após o parto não houve diferença entre as concentrações de glicose. As concentrações de ureia no plasma e no fluido folicular não diferiram entre os dias 30, 60 e 100, porém, foi verificado que as concentrações médias de uréia no fluido folicular foram significativamente inferiores às do plasma sanguíneo. Para BHBA, não foi observada diferença entre as concentrações do fluido folicular e o soro sanguíneo entre os dias 30, 60 e 100 após o parto. As concentrações de NEFA não diferiram no soro sanguíneo e o fluido folicular nos dias 30, 60 e 100 pós-parto. Não houve diferença na taxa de recuperação de oócitos entre os tempos

de coleta, porém, foi observado que as coletas realizadas nos dias 30 e 60 apresentaram menor percentual de oócitos viáveis, quando comparado com as coletas do dia 100. Não foi observada diferença na negatividade do TUNEL entre os tempos analisados, porém, foi evidenciado que oócitos coletados no dia 30 pós-parto apresentaram maior percentual de maturação em relação aos coletados no dia 100 ($55,2 \pm 4,9$ vs $23,8 \pm 4,5$); c) avaliar as diferenças na produção e composição do leite, e nas medidas ponderais de vacas leiteiras primíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de confinamento total, pertencentes a três grupos de eficiência produtiva. Variáveis analisadas após o parto como o consumo de matéria seca, produção de leite total, produção de leite corrigida para gordura a 3,5%, produção de leite corrigida para 305 dias, produção de leite diária, foram maiores para as vacas de alta eficiência. Vacas pertencentes ao grupo de baixa eficiência após o parto tiveram maior ganho de peso e conseqüentemente maior escore de condição corporal quando comparada com as vacas de eficiência intermediária e alta eficiência. Percentual de gordura no leite foi maior para vacas com baixa eficiência do que para vacas com eficiência intermediária e alta eficiência. A proteína do leite foi igual para vacas com baixa eficiência e vacas com alta eficiência, porém foi diferente para vacas com eficiência intermediária. Lactose e nitrogênio ureico no leite foram menores para vacas com baixa eficiência do que para vacas com alta eficiência. A contagem de células somáticas durante a lactação foi igual para vacas de alta eficiência e vacas de baixa eficiência, porém as vacas com eficiência intermediária tiveram menor contagem de células somáticas.

Palavras-chave: Perfil Metabólico. Produção de Leite. Reprodução. Eficiência Produtiva. Vacas Mestiças.

Abstract

This work was carried out with the following objectives: a) to describe the metabolic profile of primiparous F1 Holstein x Gyr cows raised in a free stall barn system during the period of transition. The bodily condition score was monitored before and after birth. Blood was collected weekly on the -21th, -14th and -7th day before birth, on the birth day (D0) and on the 7th, 14th and 21st days for glucose and urea analysis, and on the -7th day before birth and 7th, 14th and 21st days after birth for non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate analysis. The bodily condition score was greater on the last week before birth (3.9 ± 0.19) and differed to the 7th, 14th and 21st days after birth that showed a score of 3.70 ± 0.20 ; 3.67 ± 0.27 and 3.8 ± 0.22 respectively. Furthermore, the bodily condition score did not differ among the days after birth, on the first 21 days of lactation. The glucose concentrations were similar in both before and after birth days. The urea concentrations maintained unaltered from before birth to after birth except for the 7th day after birth where a decrease in the concentrations was evidenced. For the beta-hydroxybutyrate the concentrations increased gradually from before birth until the 21st day after birth. The concentrations of the non-esterified fatty acids decreased from before birth until the 21st day after birth; b) to describe the blood metabolic profile, the follicular fluid and its correlation with the quantity of aspirated oocytes in different periods after birth in primiparous F1 Holstein x Gyr cows in lactation. Oocyte collections were made using a technique of follicular aspiration guided by transvaginal ultrasound on the days 30 ± 2 , 60 ± 2 and 100 ± 2 after birth. On the same days of the oocyte collections, blood was also collected through coccygeal intravenous puncture and follicular fluid from the dominant follicle, which were used for glucose analysis, non-esterified fatty acids (NEFA), beta-hydroxybutyrate (BHBA), and urea. Recently after the recovery of the oocytes they were sent to the laboratory where the recovery rate, *in vitro* maturation and apoptosis through the TUNEL technique. The average concentration of glucose on the 30th day was higher on the follicular fluid than in the plasma, however on the 60th and 100th day after birth there was no difference among the glucose concentrations. The urea concentrations on the 30th, 60th and 100th days did not display difference on the plasma as much as on the follicular fluid, nonetheless, it was observed that the average concentrations of urea on the follicular fluid were significantly inferior to the plasma. The BHBA did not disclose noticeable differences between the concentrations of the follicular fluid and the blood serum among the 30th, 60th and 100th days after birth. The concentrations of the NEFA did not evidence differences between the concentrations in the blood serum and the follicular fluid on the 30th, 60th and 100th days after birth. There was no

difference in the total production of oocyte in-between the collection times, however it was observed that the collections done between the 30th and 60th days evidenced less viable oocyte percentiles than those collected on the 100th day. Difference in the negativity of the TUNEL was imperceptible between the analyzed times, nevertheless it was evidenced that the oocytes collected on the 10th day evidenced higher maturation percentile compared to those collected on the 100th day (55.2 ± 4.9 vs 23.8 ± 4.5); c) assess the differences in milk production and composition and weight measures of F1 Holstein x Gyr primiparous cows raised in free stall barn corresponding to three groups of productive efficiency. The variables analyzed after birth such as the intake of dry feed, total milk production corrected to fat at 3,5%, milk production corrected to 305 days, daily milk production, were greater for the high efficiency cows. Cows belonging to the low efficiency group after birth showed higher weight gain and consequently higher bodily condition score when compared with cows of intermediate and high efficiency. The percentile of fat in the milk was greater for cows with low efficiency than for those of intermediate and high efficiency. The protein was equal for both high and low efficiency groups, however it was different for cows with intermediate efficiency. Lactose and ureic nitrogen in the milk were lower for cows of the low efficiency group than for those of the high efficiency group. The somatic cell count during lactation was equal for low and high efficiency cows, yet cows with intermediate efficiency showed lower count.

Keywords: Metabolic Profile. Milk Production. Reproduction. Productive Efficiency. Crossbred Dairy Cows.

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Vacas leiteiras mestiças Holandês x Gir	15
2.1.1 Alguns fatores relacionados com as características produtivas de vacas mestiças Holandês x Gir	16
2.1.2 Qualidade do leite em vacas mestiças Holandês x Zebu	19
2.1.3 Contagem de células somáticas no leite	20
2.2 Características reprodutivas das vacas mestiças Holandês x Gir	21
2.3 Período de transição em vacas leiteiras	23
2.3.1 Metabolismo de carboidratos e proteínas.....	24
2.3.2 Metabolismo de lipídios	25
2.4 Metabolismo e reprodução no período de transição em vacas leiteiras	27
2.5 Relação da produção de leite e reprodução de vacas	32
2.6 Relação da condição corporal e do peso vivo na produção e reprodução de vacas	33
2.6.1 Condição corporal	33
2.6.2 Peso vivo	35
2.7 Saúde uterina no período de transição de vacas leiteiras	36
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
4. CAPÍTULO I	47
Parâmetros metabólicos durante o período de transição em primíparas F1 Holandês x Gir	47
Resumo.....	47
Abstract	48
Introdução	49
Material e Métodos	50
Resultados e Discussão	55
Conclusões	63
Referências Bibliográficas	64
5. CAPÍTULO II	69
Perfil metabólico sanguíneo, no fluido folicular e qualidade de oócitos em vacas primíparas F1 Holandês x Gir em lactação	69
Resumo.....	69
Abstract	70
Introdução	71
Material e Métodos	73
Resultados e Discussão	80

Conclusões	87
Referências Bibliográfica.....	88
6. CAPÍTULO III.....	93
Eficiência produtiva, consumo de alimento e características ponderais de vacas primíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de confinamento	93
Resumo.....	93
Abstract	94
Introdução	95
Material e Métodos	96
Análises estatísticas.....	100
Resultados e Discussão	100
Conclusões	111
Referências Bibliográficas	112

1. INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária tem importante papel para a economia brasileira e o agronegócio foi responsável pelo 21,4% do produto interno bruto no ano de 2019 (CEPEA-USP, 2019). Nos últimos anos o Brasil tem vivenciado aumento na produção de produtos de origem animal, alcançando posição de destaque na economia mundial. A produção de leite é uma das atividades pecuárias com importante crescimento e, em 2018, o Brasil ocupou a quarta posição no ranque da produção leiteira mundial (USDA, 2018). O ano 2019 foi atípico para o setor de lácteos, uma vez que os produtos tiveram aumento de preços, mesmo em contexto de consumo retraído dos derivados, em decorrência da oferta limitada. De modo geral o aumento no faturamento da atividade foi de 6,99% e refletiu alta de 4,63% no preço (CEPEA-USP, 2019).

A produção nacional de leite chegou, em 2019, a 35,1 bilhões de litros, o que representa aumento de 3,1% em relação ao ano de 2018, e alcançou o segundo maior volume já registrado (FAO, 2020). O aumento na produção foi acompanhado pela redução de 0,5% no número de vacas ordenhadas, o que representa total de 16,3 milhões de vacas a menos que no ano anterior. A produtividade média das vacas ainda é considerada baixa, porém aumentou para 2.141 litros de leite/vaca/ano. A região Sudeste é a maior produtora nacional, com 34,3% do total do leite produzido no país, com aumento de 4,4% em relação ao ano de 2019 (IBGE, 2019). O Estado de Minas Gerais possui o maior rebanho leiteiro do país com 3,1 milhões de cabeças, o que equivalente a 19,3% do total nacional. A produção de leite para o Estado de Minas Gerais, em 2019, foi de 9,4 bilhões de litros de leite produzido levando a ocupar o quarto lugar no *ranking* de produtividade, com 3.011 litros de leite/vaca/ano (IBGE, 2019).

Duas características são marcantes na produção leiteira do Brasil: a primeira é a raça utilizada e a segunda é o tipo de sistema de produção explorado. Anteriormente, as pesquisas mostravam que a raça Holandês era a mais utilizada para produção de leite, tanto no Brasil quanto no estado de Minas Gerais, seguida pelos cruzamentos da raça Holandês com raças zebuínas (Madalena et al., 1997; Bernardes et al., 2013), apesar de em Minas Gerais grande número de produtores produzir leite com animais sem padrão racial definido (Bernardes et al., 2013).

Atualmente, a raça Girolando é usada por 30% das maiores fazendas leiteiras do Brasil (USDA, 2018). A história do sucesso da pecuária de leite no Brasil é baseada principalmente em sistemas de duplo propósito utilizando pastagens tropicais e, também, com animais mestiços *Bos taurus* x *Bos indicus*, que agregam na heterose a capacidade de produção de leite dos *Bos*

taurus, e a capacidade adaptativa ao ambiente tropical dos *Bos indicus*. O nome Girolando pode ser usado para todos os cruzamentos de vacas ou touros Gir com vacas ou touros Holandês, em suas proporções de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ dentre outros (Madalena et al., 2012; Oliveira et al., 2015). A utilização da primeira geração do cruzamento entre Holandês e Gir, ou seja, animais F1, é vista como uma das estratégias para aumentar a produção e produtividade de leite nos países tropicais, incluindo todo o território brasileiro (Ruas et al., 2015). Estudos indicam que vacas Holandês x zebu possuem a capacidade de produzir alta quantidade de leite, mais que o dobro da média nacional brasileira, demonstrando potencial para aumentar a média de produção de leite e a lucratividade dos sistemas nacionais (Barbosa et al., 2008; Glória et al., 2010).

As diferentes regiões brasileiras possuem distintos sistemas de produção de leite, sendo que muitas propriedades das regiões Sul e Sudeste, de maior produtividade, operam com sistemas confinados. Segundo Facó et al., (2002) em torno de 14% das fazendas dedicadas a atividade leiteira tem sistema baseado em pastagens e cerca de 22% têm sistema mistos, o pasto assume papel muito importante, mas não é a principal fonte de alimentação (Facó et al., 2002; USDA, 2018).

Apesar da raça Girolando ser muito importante para a pecuária leiteira, no Brasil e outros países sul-americanos, ainda faltam informações referentes à produtividade desses animais criados em sistemas de confinamento total. É pelo anterior que esta raça merece mais estudos focado em sistemas de confinamento total avaliando índices produtivos e reprodutivos que possam esclarecer lacunas de conhecimento da raça.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vacas leiteiras mestiças Holandês x Gir

A Associação Brasileira de Criadores de Gado Girolando foi fundada em 1978 para desenvolver uma raça sintética pura com composição de $\frac{5}{8}$ Holandês e $\frac{3}{8}$ Gir e, atualmente, todas os cruzamentos mestiços entre Holandês x Gir podem ser registrados e receber o nome de Girolando ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$) (Madalena et al., 2012; Silva et al., 2016). Grande parte do rebanho leiteiro do Brasil é composto por animais com cruzamento entres essas duas raças, buscando-se obter animais com capacidade de melhorar os índices produtivos e reprodutivos nos sistemas de produção nacional (Madalena et al., 1997; Ruas et al., 2015).

Pesquisas têm demonstrado o potencial produtivo das vacas mestiças Holandês x Gir quando comparadas com outros cruzamentos entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, o que faz com que vacas mestiças Holandês x Gir sejam mais utilizadas na pecuária leiteira,

independentemente do tipo do sistema de produção, se intensivo, semi-intensivo ou extensivo (Facó et al., 2002; Glória et al., 2010). Além das características produtivas, vacas Girolando ganharam importância nas fazendas leiteiras nos países de clima tropical devido sua rusticidade, maior resistência aos ecto e endoparasitas, maior adaptação a diferentes condições climáticas, e à capacidade de aproveitar e converter forrageiras tropicais em leite e carne (Madalena et al., 2012).

A utilização da primeira geração do cruzamento entre Holandês e Gir, ou seja, animais F1, é vista como uma das estratégias para aumentar a produção e produtividade de leite no Brasil e nos países tropicais (Ruas et al., 2015). Quando são dadas condições adequadas de nutrição, saúde, manejo e conforto, as vacas mestiças F1 Holandês x Gir podem apresentar desempenho produtivo semelhantes aos observados em mestiças com maior composição genética de Holandês, tais como as de vacas 7/8, 5/8 e 3/4 (Facó et al., 2002). Assim, o programa de melhoramento genético da raça Girolando, conduzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), demonstrou que animais 1/2 Holandês x 1/2 Gir apresentaram maiores médias de produção de leite total na lactação (5.823 kg), produção de leite em 305 dias (5.288 kg) e capacidade prevista de transmissão PTA (288kg), entre as diferentes composições raciais (Silva et al., 2019). Vacas mestiças Holandês x Gir, comparadas com outros cruzamentos (Holandês x Guzéré e Holandês x Nelore), tiveram maior produção total e maior produção de leite ao primeiro parto (Glória et al., 2010; Ruas et al., 2014; Jesus et al., 2020).

2.1.1 Alguns fatores relacionados com as características produtivas de vacas mestiças Holandês x Gir

A produção total de leite na lactação, a duração da lactação e a produção média de leite diária são parâmetros ou características zootécnicas importantes que indicam a capacidade produtiva de uma fêmea bovina. Dessa forma, o estudo de Ribeiro et al. (2017) verificou que vacas mestiças F1 Holandês x Gir tiveram, em média, $283,02 \pm 49,85$ dias de lactação e produção de $22,23 \pm 3,72$ quilogramas de leite/dia, o que levou à produção total de $6.271,56 \pm 967,91$ kg de leite, diferindo dos 5.288 kg de leite encontrado por Silva et al. (2019). Carvalho (2009), comparando vacas F1 multíparas Holandês x Gir em sistema de pastejo com suplementação nas estações secas e chuvosa, verificaram produção de leite total de $4.361 \pm 1.041,15$ e $3.765,09 \pm 1.010,55$ kg respectivamente, com durações de lactação de $306,83 \pm 61,83$ e $288,31 \pm 31,24$ dias para as estações chuvosa e seca, respectivamente. O pico e a

produção de leite no pico de lactação foram de $23,87 \pm 21,15$ dias e $18,96 \pm 3,17$ kg para vacas na estação chuvosa, e de $34,29 \pm 27,09$ dias e $21,64 \pm 3,80$ kg na estação seca.

Também, a produção de leite está relacionada com a idade e ordem de parto e, dessa forma, fêmeas primíparas por ainda estarem em fase de crescimento e de desenvolvimento da glândula mamária, possuem menor capacidade produtiva, quando comparadas com as vacas múltiparas (Glória et al., 2010; Ruas et al., 2014; Rosa et al., 2019). Dessa forma, avaliando-se o efeito da ordem de lactação de fêmeas F1 Holandês x Gir nas características produtivas, Glória et al. (2010) observaram que à medida que aumentou a ordem de lactação também foram verificados aumento na produção inicial e na produção no pico, porém diminui o número de dias para a vaca atingir o pico de lactação. Assim, fêmeas na primeira ordem de lactação tiveram produção de leite inicial de 8,05 kg, com produção no pico de 10,11kg e o pico de lactação ocorreu no dia 26,9. Ao contrário, para animais na terceira ordem de lactação, a produção de leite inicial foi de 12,66 kg, com produção máxima de 14,93 kg e o tempo até o pico foi de 20,7 dias.

Ruas et al. (2014) reportaram que as características produtivas dos animais F1 Holandês x Zebu, criadas em sistema de pastagens, são diretamente influenciadas pela ordem de parto e base materna utilizadas nos cruzamentos. Assim, esses mesmos autores verificaram que todas as bases genéticas maternas (Holandês x Gir, Holandês x Guzerá, Holandês x Azebuado e Holandês x Nelore) tiveram aumento da produção diária de leite com o avanço da ordem do parto, que está relacionado com o aumento da produção de leite total, associado com a duração da lactação. Na primeira lactação, as produções no pico da lactação foram de $13,2 \pm 3,13$ kg, $9,9 \pm 2,44$ kg, $10,4 \pm 4,28$ kg e $10,8 \pm 2,47$ kg para animais Holandês x Gir, Holandês x Guzerá, Holandês x Azebuado e Holandês x Nelore respectivamente, com diferença significativa entre os grupos genéticos. O dia do pico de lactação para fêmeas primíparas foi aos $61,8 \pm 50,7$ para animais com base materna Gir, $82,5 \pm 57,4$ para a base materna Guzerá, $60,8 \pm 48,44$ para a base materna Azebuado e $63,4 \pm 42,88$ para animais com base materna Nelore, não se evidenciando diferenças no dia do pico entre as diferentes base materna (Ruas et al., 2014).

Outro fator ligado à capacidade ou eficiência produtiva de uma fêmea leiteira está na relação do peso vivo à puberdade e o peso vivo com o volume de produção de leite nos diferentes estádios de lactação, bem como diferença entre raças e cruzamentos. O peso vivo à puberdade está relacionado com a eficiência produtiva em vacas leiteiras Holandês criadas em sistema intensivo, de forma que vacas com maior peso vivo à puberdade apresentaram menor duração da primeira lactação (Coelho et al., 2009). O tamanho corporal está positivamente

correlacionado com o volume de produção de leite, porém é inversamente correlacionado com a eficiência biológica, ou seja, que para mesma produção diária de até cerca de 40 kg de leite, uma vaca de 800 kg de peso vivo seria menos eficiente que uma vaca de 600 kg de peso vivo (Mattos, 2004). Comparando-se duas vacas de mesmo peso vivo, aquela que produzir 25% a mais de sólidos no leite apresenta eficiência 10 a 15% maior em relação à outra e, quando se compara duas fêmeas de mesma produção de leite, a vaca com peso vivo 25% menor, terá eficiência de 10 a 12% maior (Holmes et al., 1981; Veerkamp, 1998).

Usando esse raciocínio, vacas de alta produção são mais eficientes energeticamente, uma vez que a maior parte da energia consumida é destinada para a atender as demandas de produção de leite, em relação à destinada à manutenção e, portanto, conseguem produzir mais leite em relação à energia ingerida aumentando, assim, a eficiência produtiva. Dessa forma, antes dos 60 dias de lactação (DEL), a manutenção da maior eficiência produtiva tem reflexo na perda de peso vivo visando assegurar a maior capacidade genética para a produção de leite. Vacas perdendo peso vivo para suportar a maior produção de leite, normalmente apresentam maior eficiência produtiva em relação às fêmeas ganhando peso. Entre os dias 100 e 200 de lactação, as vacas não deveriam estar ganhando ou perdendo quantidades significativas de peso vivo, pois estão numa fase de lactação em que a mudança de peso vivo tem menos efeito sobre a eficiência produtiva. Após os 200 dias em lactação, as vacas começarão a ganhar peso corporal e a eficiência diminuirá, uma vez que a dieta é destinada mais para o ganho de reservas corporais de peso vivo, em detrimento da produção de leite (Linn, 2006).

Para o gado mestiço Holandês-Zebu, a produção de leite também depende de outros fatores, dentre eles a presença do bezerro ao momento da ordenha. A ocitocina tem sido utilizada para estimular a descida do leite em sistemas de produção que separam bezerros e vacas e, por isso, teoricamente as fêmeas dependeriam desse estímulo para a ejeção do leite (Uvnas-Moberg et al., 2001). Oliveira (2010) avaliou o efeito da ocitocina no desempenho produtivo e reprodutivo em vacas multíparas F1 Holandês x Gir divididas em dois grupos de manejo de ordenha. O primeiro grupo foi ordenhado com presença do bezerro e segundo grupo recebia dose de 2UI de ocitocina antes da ordenha. Foi observado que não houve diferença na produção de leite total até os 150 dias em lactação ($2.270,3 \pm 160,7$ kg vs $3.013,9 \pm 103,5$ kg), produção inicial ($16,4 \pm 1,5$ kg vs $17,0 \pm 1,3$ kg) e produção ao momento do pico de lactação ($22,6 \pm 1,2$ vs $24,3 \pm 0,8$) para vacas ordenhadas com presença do bezerro ou que recebiam ocitocina antes da ordenha, respectivamente, porém, foi verificado maior persistência de lactação nas vacas ordenhadas com presença do bezerro (Oliveira, 2010).

Outra tecnologia que tem sido empregada no manejo vacas leiteiras puras ou mestiças F1 Holandês x Gir está o aumento da frequência das ordenhas nos primeiros 21 dias após o parto, com objetivo de aumentar a produção de leite nos rebanhos leiteiros tanto de vacas Holandês quanto de vacas mestiças (Dahl et al., 2004; Lima et al., 2011). Estudos mostraram que animais mestiços Holandês x Gir responderam de forma positiva ao aumento da frequência da ordenha, tal como verificado em animais puros da raça Holandês, aumentando a produção de leite na lactação, sem comprometer o peso vivo e o desempenho reprodutivo das vacas (Ruas et al., 2006). Vacas F1 Holandês x Gir submetidas a quatro ordenhas nos primeiros 21 dias após o parto tiveram média de produção total de 4.489 kg de leite, e os de duas ordenhas de 3.967 kg de leite, o que corresponde a aumento de 13% da produção total (Lima et al., 2011). Esses resultados demonstram que além dos fatores fisiológicos como o número de células secretoras e desenvolvimento da glândula mamaria, também pode ser considerado que o condicionamento dos animais à ordenha resulta em maior produção de leite, o que é evidenciado pelo aumento no número de partos ou a ordem de lactação (Ruas et al., 2014).

2.1.2 Qualidade do leite em vacas mestiças Holandês x Zebu

A qualidade do leite de vacas leiteiras pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles a produção de leite, dias de lactação e a nutrição (Agenas et al., 2003; Santos et al., 2011). A produção de gordura no leite é influenciada pela nutrição, enquanto a produção de proteína no leite é influenciada geneticamente, de modo que a lactose no leite é uns dos componentes que menos sofre influência do período da lactação, variando a sua produção com o volume de leite produzido (Agenas et al., 2003; Carvalho, 2009). O teor de proteína do leite é extremamente importante para o rendimento das indústrias que processam leite e, portanto, a maior concentração de proteína está relacionada com a qualidade do leite. A gordura do leite é também um componente importante, especialmente na produção de manteiga e iogurte. A lactose é o açúcar predominante no leite e tem papel principal na osmorregulação do leite, e é um fator importante que está relacionado com a produção de volume do leite (Osorio et al., 2016).

A raça das vacas também pode influenciar na produção de sólidos do leite (Peixoto, 2011; Carvalho, 2009; Santos et al., 2011; Almeida et al., 2013; Osorio et al., 2016; Rossow et al., 2020). Vacas da raça Holandês produzem entre 12 e 14% de sólidos no leite, e é composto de proteína (2,5 a 4%), gordura (3 a 5%) e lactose (5%) (Santos et al., 2011; Osorio et al., 2016). Já, Peixoto (2011), acompanhado um rebanho de vacas múltiparas F1 Holandês x Zebu em

sistema de pastejo, observou valor para gordura entre 3,99 e 4,54%, proteína entre 3,00 e 3,67% e lactose entre 4,51 e 4,59% nas primeiras nove semanas de lactação.

Estudo comparando diferentes bases genéticas mestiças Holandês com as raças Gir, Guzerá e Zebu, suplementadas ou não no pré-parto, não evidenciaram diferenças entre as bases genéticas para a produção total de sólidos de leite durante a lactação, sendo os valores médios de $142,94 \pm 47,74$ kg de gordura e $117,06 \pm 28,95$ kg de proteína durante a estação chuvosa, e de $164,86 \pm 38,59$ kg de gordura e $131,93 \pm 29,55$ kg de proteína na estação seca, não sendo verificadas diferenças (Carvalho, 2009). Contudo esse mesmo autor encontrou efeito de base genética no percentual de proteína no leite, com maior teor no leite de vacas multíparas mestiças F1 Holandês x Guzerá, comparadas com vacas multíparas F1 Holandês x Gir e Holandês x Zebu, respectivamente de $3,41 \pm 0,18\%$, $3,22 \pm 0,15\%$ e $3,18 \pm 0,19\%$ respectivamente, sendo maior na estação chuvosa quando comparado com a estação seca (Carvalho, 2009).

Santos e colaboradores (2011), testando dietas contendo diferentes fontes de forragens (silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de cana-de-açúcar e cana-de-açúcar recém cortada) não observaram diferenças para o percentual de gordura, proteína, lactose e sólidos totais nas diferentes dietas em vacas F1 Holandês x Gir. Estudo realizado com vacas multíparas 7/8 Holandês x Gir com produção média de 18 kg/dia de leite, criadas em sistema intensivo e resfriadas ou não antes da ordenha, não observaram mudanças na concentração dos componentes do leite entre animais que permaneceram ou não no sistema de resfriamento, apesar do volume de leite produzido ser diferente, sendo maior para vacas resfriadas (11,43 kg/dia) em relação às que não foram expostas ao sistema de resfriamento (10,79 kg/dia) (Almeida et al., 2013).

2.1.3 Contagem de células somáticas no leite

As células somáticas são, normalmente, células de defesa tais como leucócitos que migram da corrente sanguínea para o interior da glândula mamária, com o intuito de combater agentes agressores (Silva, 2007). A contagem de células somáticas é um indicador de mastite clínica ou subclínica em vacas em lactação e, quando há maior número de células somáticas no leite, maior é o risco de mastite no rebanho. Em vacas Holandês, contagem de células somáticas maior que 200.000 células/mL é um fator de risco para a incidência de mastite clínica (Suriyasathaporn et al., 2000), contudo, o aumento da contagem de células somáticas também ocorre em função do estágio de lactação, estação do ano, idade da vaca, tamanho do rebanho, produção de leite e presença de outras doenças (Silva, 2007). Após o parto, aumentam os riscos

da invasão de patógenos causadores de mastites e, em alguns rebanhos a incidência de mastite nos primeiros 30 dias de lactação chega a 23%, e existe correlação positiva entre infecções da glândula mamária e o maior rendimento na produção de leite (Zwald et al., 2004).

Em vacas multíparas F1 Holandês x Zebu, em sistema de pastejo com suplementação no cocho, não foi verificada diferença significativa na contagem de células somáticas ao longo das semanas de lactação, e variou entre 186.700 e 676.7000 células/mL (Peixoto, 2011). Da mesma forma, foi observado por Carvalho (2009) que, em que vacas multíparas F1 com diferentes bases maternas (Gir, Guzerá e Zebu), não foram verificadas diferenças na contagem de células somáticas (x1000/mL) ao longo da lactação, com valores de $132,45 \pm 150,8$, $122,30 \pm 168,93$ e $78,70 \pm 68,07$, respectivamente para as bases materna Gir, Guzerá e Zebu na estação chuvosa, e valores de $188,62 \pm 235,63$, $183,47 \pm 181,32$ e $228,09 \pm 444,94$ para as bases Gir, Guzerá e Zebu na estação seca, respectivamente.

2.2 Características reprodutivas das vacas mestiças Holandês x Gir

A eficiência reprodutiva de animais mestiças F1 Holandês x Gir tem se mostrado superior em relação às raças Gir e Holandês, bem como em relação com os outros cruzamentos entre Holandês x Gir, de modo que o período de serviço foi menor e retorno à atividade ovariana cíclica após o parto foi mais rápido, provavelmente pela maior sensibilidade da raça Holandês às condições de manejo (Guimarães et al., 2002).

A média da idade ao primeiro parto em novilhas mestiças F1 Holandês x Gir pode variar em função do sistema de produção em que são manejadas. Ribeiro et al. (2017) verificaram média da idade ao primeiro parto de 33,3 meses para fêmeas F1 Holandês x Gir, semelhante aos 33,2 meses encontrados por Silva et al. (2019), em avaliação de 26.242 observações. Em estudo recente, Fonseca et al. (2020) observaram que novilhas F1 Holandês x Gir submetidas a regime nutricional adequado, atingiram a puberdade até os 13 meses de idade, semelhante ao encontrado em novilhas da raça Holandês (Chelikani et al., 2003). Nesse mesmo estudo, as novilhas F1 Holandês x Gir foram inseminadas com idade média de 19 meses, por necessidades experimentais, o que levou ao primeiro parto com aproximadamente 28 meses de idade (Fonseca et al., 2020). Esses dados são inferiores à média nacional para fêmeas Holandês x Gir participantes de teste de progênie, que reportam a idade ao primeiro parto de 34,2 meses e, mais especificamente para as F1, de 33,2 meses (Silva et al., 2019).

Outros indicadores reprodutivos, como o período de serviço e o intervalo de partos, dependem da capacidade da fêmea bovina em retornar à atividade ovariana normal após o parto

e, quanto mais rápido, melhor serão os índices reprodutivos e produtivos do rebanho. O intervalo do parto ao primeiro serviço em vacas F1 Holandês x Gir foi, em média, de 71,21 dias, encontrando-se diferença entre fêmeas que utilizaram (69,08 dias) ou não (78,03 dias) protocolos farmacológicos para indução do estro (Ribeiro et al., 2017). Também, fêmeas mestiças Holandês x Gir, provenientes de estudo de avaliação genômica, demonstraram desempenho reprodutivo variável em função da composição genética, sendo que o intervalo de partos foi inferior (428 ± 99 dias) para fêmeas F1, quando comparado com fêmeas de outras composições raciais (1/4, 3/4 e 5/8) que tiveram maiores intervalos de partos (449 ± 102 , 436 ± 98 e 450 ± 101) respectivamente (Silva et al., 2019). Associado à variação no desempenho reprodutivo em função da composição genética, deve-se também considerar que o intervalo de partos pode ser influenciado por outros fatores, tais como o efeito do touro, a época do parto, nutrição e mudanças na condição corporal durante a lactação (Carvalho et al., 2014; Ribeiro et al., 2017; El-Kasrawy et al., 2020).

Tem-se verificado que a seleção genética para o aumento da produção de leite pode resultar em vacas sob maior estresse nutricional e metabólico, que está associado com a redução na fertilidade (Buttler 2003; Mulliniks et al., 2020). Estudo de Macdonald et al. (2008) comparou o mérito genético para produção de leite de vacas Holandês de origem genética da Nova Zelândia, entre as décadas de 1970 e 1990, com um grupo de vacas Holandês com genética Norte Americana dos anos de 1990, manejadas em sistema de pastejo com suplementação ao longo de três anos. Esses autores verificaram que vacas da Nova Zelândia da década dos 70 tiveram menor valor genético para produção de leite, quando comparadas com as vacas norte-americana e da Nova Zelândia dos anos de 1990, porém foi evidenciado que o grupo genético de vacas norte-americana necessitava de maior quantidade de alimento para alcançar a mesma produção de leite das vacas do grupo genético da Nova Zelândia. Todavia, o escore de condição corporal e o desempenho reprodutivo eram inferiores para o grupo genético norte-americano, concluindo que para esse grupo genético as vacas são menos produtivas em sistema de pastejos com baixos níveis de suplementação. Em concordância, Butler (2003) relata relação inversa entre produção de leite e fertilidade em vacas leiteiras nos sistemas de produção dos Estados Unidos, principalmente devido ao aumento da demanda de energia competindo com a demanda de nutrientes para a reprodução (Mulliniks et al., 2020). Dessa forma, verifica-se que a base genética tem importância fundamental na partição de nutrientes entre manutenção, produção de leite e outras funções metabólicas (Linn, 2006).

Ao se comparar a qualidade de oócitos e o número de embriões produzidos *in vitro*, de vacas multíparas não lactantes *Bos indicus* e multíparas não lactantes *Bos taurus*, foram evidenciados melhores resultados para as primeiras (Sales et al., 2015). Estudo realizado em vacas puras Gir, Holandês e cruzamentos de 1/4 Holandês x 3/4 Gir e F1 Holandês x Gir, em que foi avaliada a produção de embriões *in vitro*, mostrou que vacas F1 Holandês x Gir apresentavam maior número de oócitos coletados ($31,4 \pm 5,6$) e maior número de oócitos viáveis ($24,3 \pm 4,7$) por sessão de aspiração folicular, quando comparado com o obtido de vacas puras Gir ($17,1 \pm 4,5$ e $12,1 \pm 3,9$), vacas Holandês ($11,4 \pm 3,9$ e $8,0 \pm 2,7$), vacas 1/4 Holandês x 3/4 Gir ($20,4 \pm 5,8$ e $24,3 \pm 4,7$), respectivamente. Na produção de embriões *in vitro* por sessão de aspiração folicular também foram observadas diferenças significativas, sendo maiores para as vacas F1 Holandês x Gir (5,5) do que para vacas puras Gir (3,2), Holandês (2,1) e vacas 1/4 holandês x 3/4 Gir (3,9) (Pontes et al., 2010).

O número total e o número de oócitos viáveis recuperados de vacas primíparas 3/4 e 7/8 Holandês x Gir em sistema de confinamento total, submetida a dietas com dois níveis de energia (alta e baixa), não apresentaram diferenças nas diferentes dietas. Também não foi observada diferença entre os diferentes dias pós-partos (14, 28, 42 e 56 dias), porém houve diferenças no grupo genético (3/4 HG vs 7/8 HG), tanto no total de oócitos ($8,54 \pm 1,24$ vs $3,56 \pm 1,33$) quanto na viabilidade ($6,58 \pm 1,06$ vs $2,14 \pm 1,14$) sendo maior para vacas 3/4 Holandês x Gir do que para as vacas 7/8 Holandês x Gir respectivamente (Santos et al., 2019).

2.3 Período de transição em vacas leiteiras

O período de transição é descrito cronologicamente como o intervalo dos 21 dias pré-parto e 21 dias após parto, quando as vacas leiteiras experimentam mudanças endócrinas e metabólicas necessárias para o novo estágio de animal lactante (Drackley, 1999). Todas as mudanças que as vacas leiteiras experimentam são fisiológicas e interferem no equilíbrio do organismo, sendo eles o rápido crescimento fetal, início da produção de colostro, queda na ingestão de alimentos e maior demanda nutricional (Bauman e Currie, 1980). Com as mudanças, após o parto o animal tem desequilíbrio na ingestão de nutrientes necessária para atender à demanda de produção de leite, o que acarreta balanço negativo de energia (BEN) e proteína. O BEN ocorre fisiologicamente nas fêmeas de mamíferos no início da lactação e, para as primíparas, é mais intenso uma vez que necessitam de energia extra para atender às exigências do crescimento corporal (Cavestany et al., 2005; Drackley, 2005).

Os substratos para o organismo são carboidratos, proteínas e lipídeos, e durante o BEN ocorrem mudanças fisiológicas na utilização ou conservação desses combustíveis. Na maioria das espécies os carboidratos formam a principal e a primeira fonte de combustível utilizada pelo organismo. O uso de carboidratos, durante o período de BEN, resulta no consumo de proteína corporal, potencialmente esgotando importantes proteínas estruturais e enzimáticas. Para proteger do possível consumo exacerbado de proteínas corporais, durante a síntese de carboidratos, existem mecanismos adaptativos para orquestrar a mobilização de energia na forma de reservas do tecido adiposo e, concomitantemente, os carboidratos são conservados (Herdt, 2000).

2.3.1 Metabolismo de carboidratos e proteínas

Em ruminantes, a conservação de carboidratos é crítica porque a digestão ruminal leva à fermentação desses nutrientes, resultando na absorção limitada de carboidratos pelas células intestinais. Esta oferta limitada de carboidratos assume papel especial em animais que são simultaneamente lactantes e estão em BEN, como é o caso das vacas leiteiras no início da lactação (Bell, 1995; Herdt, 2000).

O metabolismo de carboidratos em vacas, logo após o parto, é dominado pelos grandes requerimentos de glicose pela glândula mamária, principalmente para a síntese de lactose (Bell, 1995). Esse grande requerimento é verificado pelo rápido incremento da taxa de produção de glicose em vacas leiteiras no dia do parto, em comparação com o observado alguns dias antes do parto (Paterson e Linzell, 1974). Nessa fase, verifica-se grande desafio hepático e de outros tecidos não mamários em relação à captação e metabolismo de glicose pela glândula mamária, quando comparada com a oferta estimada de precursores de glicose na dieta, tais como os carboidratos e aminoácidos. Mesmo que todo o propionato e aminoácidos sejam absorvidos e estejam disponíveis para a gliconeogênese hepática, a glicose sintetizada por parte desse substrato representaria em torno de 65% do captado pela glândula mamária. O suprimento de glicerol a partir da lipólise também poderia ser usado para a gliconeogênese e representaria em torno de 15 a 20%. O lactato de origem alimentar também é uma estratégia do organismo, porém menor (Bell, 1995). Diante desses ajustes metabólicos, é improvável que a glicose hepática atenda aos requisitos mamários e de outros tecidos. Assim, o déficit na oferta de substrato deverá ser compensado, de alguma forma, pela redução na oxidação de glicose pelos tecidos não mamários, tais como pela mobilização de aminoácidos da musculatura esquelética e de outras proteínas teciduais (Davis et al., 1985). Estudo com restrição nutricional durante o

período de transição indicou que, logo após o parto, vacas leiteiras apresentaram redução de 25% no diâmetro de fibras muscular e houve perda de fibras glicolíticas oxidativas de contração rápida, o que mostra claramente perda de proteína muscular nesse período (Reid et al., 1980).

A musculatura esquelética é o principal reservatório de proteínas corporais. Durante o BEN, as proteínas musculares são mobilizadas para darem suporte à gliconeogênese. Um dos principais objetivos do processo de adaptação é limitar o uso de proteína muscular para essa finalidade. A glândula mamária e a unidade feto-placentária desempenham papel importante na adaptação ao BEN. A glicose e os aminoácidos formam o principal suprimento de combustíveis para o feto em desenvolvimento. A glândula mamária necessita, além da glicose para a síntese da lactose, de aminoácidos para a síntese das proteínas do leite (Palmquist, 1994; Herdt, 2000).

2.3.2 Metabolismo de lipídios

Vacas leiteiras e outros mamíferos passam por um ciclo normal de armazenamento e mobilização de energia corporal durante a gestação e início da lactação, respectivamente (Friggens, 2003). A ingestão total de energia consumida pelas vacas leiteiras após o parto geralmente é inferior às necessidades energéticas, mesmo em vacas saudáveis (Bell, 1995). A redução no consumo de alimento ocorre nos períodos pré e pós-parto imediato de muitas espécies de mamíferos, incluindo os ruminantes (Friggens, 2003). Dentre as hipóteses para explicar a redução de ingestão de alimento no período pré-parto em vacas, acredita-se que os esteroides de origem ovariana e placentária possam estar relacionados. No final da gestação, ocorre metabolização placentária de progesterona em estrógeno (Grummer, 1995) e, essa inversão nas concentrações desses esteroides, com altas concentrações circulantes de estrógeno, é possivelmente um fator importante que contribui para a redução da ingestão de matéria seca próximo ao parto (Grummer, 1993).

A alta concentração circulante de hormônio do crescimento (GH), quando comparado com a baixa concentração de insulina, permite a mobilização de ácidos graxos de cadeia longa do tecido adiposo, para compensar o déficit entre a ingestão de matéria seca e os requerimentos metabólicos do animal. Uma vez absorvido pelo fígado, os ácidos graxos não esterificados (AGNE) podem ser direcionados para diferentes vias metabólicas: 1) completamente oxidados em dióxido de carbono para fornecer energia para o fígado; 2) parcialmente oxidado para produzir corpos cetônicos, em especial o beta-hidroxibutirato, que são liberados no sangue e servem como combustíveis para outros tecidos; ou 3) reesterificados em triglicerídeos pelos

hepatócitos para serem transportados pelo sangue até serem armazenados pelo tecido adiposo (Drackley,2005).

Os adipócitos são o principal estoque de triglicerídeos do organismo, na forma de três moléculas de ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol, por meio da ligação do tipo éster (Herdt, 2000). Nos adipócitos, os triglicerídeos estão constantemente sendo quebrados e resintetizados, por meio de uma cascata metabólica conhecida por lipólise e a lipogênese, que são responsáveis pela regulação da taxa de liberação de AGNE na corrente sanguínea. Durante o BEN em vacas leiteiras, o fígado é o órgão metabólico central responsável por suprir diferentes combustíveis, bem como por buscar proteger o organismo das variações nas concentrações sanguíneas dos combustíveis, como forma de manter o fornecimento adequado para os diferentes tecidos. Assim, o fígado desempenha papel muito importante no metabolismo dos lipídios, especialmente durante o BEN, quando tem a função de modular as concentrações de AGNE no sangue, regulando a utilização e distribuição de combustível (Katz e Bergman 1969; Bergman, 1971).

Nos hepatócitos, a principal via para a produção de corpos cetônicos é o transporte dos AGNE até as mitocôndrias. Os AGNE que não são transportados para a mitocôndria para serem totalmente oxidados ou para serem convertidos a corpos cetônicos, são reesterificados a triglicerídeos (Herdt, 2000). Durante o período de maior mobilização lipídica, que é seguida de altas concentrações circulantes de AGNE, grandes quantidades de triglicerídeos também podem ser sintetizados no fígado (Herdt et al., 1988). O transporte sanguíneo de triglicerídeos do fígado para o tecido adiposo ou para a glândula mamária requer a síntese e secreção das lipoproteínas de muita baixa densidade, que são os principais transportadores dos triglicerídeos (Herdt, 2000).

Durante os períodos em que há disponibilidade adequada de glicose, verifica-se que a geração de energia é maior que a demanda e, por isso, o excedente de glicose muda a via metabólica diminuindo a atividade do ciclo de Krebs que resulta no aumento intra mitrocondrial dos intermediários do ciclo de Krebs, dentre eles o citrato, que é o primeiro intermediário no ciclo. O citrato excedente é transportado para fora da mitocôndria onde é convertido em malonil-CoA, que é o primeiro metabólito para a biossíntese de ácidos graxos. O malonil-CoA inibe especificamente a enzima carnitina palmitoil transferase I (CPT I), que tem o papel de transportar os AGNE para a síntese de corpos cetônicos mitocondrial. A relação citrato, malonil-CoA-CPT I resulta em associação recíproca entre o *status* de carboidratos e a taxa do uso de AGNE hepático para a síntese de corpos cetônicos (Bergman, 1971; McGarry e Foster, 1980; Chow e Jesse 1992).

O acetil-CoA mitocondrial é um precursor de corpos cetônicos e grande parte dele é metabolizado a acetoacetato, e desse, uma porção é convertida a beta-hidroxibutirato, antes de ser transportado do fígado para a circulação geral (Bergman, 1971; Chow e Jesse 1992). Na circulação sistêmica, corpos cetônicos servem como fonte energética para os músculos, poupando mais glicose como fonte de energia para outros tecidos (Bergman, 1971).

As concentrações de AGNE no sangue podem indicar o grau de mobilização de tecido adiposo e, portanto, à medida que aprofunda o BEN, mais AGNE são liberados para a circulação sanguínea (Pullen et al., 1989). Porém, à medida que as concentrações de glicose no sangue começam a se estabilizar, verifica-se maior equilíbrio na mobilização de AGNE, de modo manter concentrações mais estáveis de glicose sanguínea (Pullen et al., 1989; Herdt, 2000).

2.4 Metabolismo e reprodução no período de transição em vacas leiteiras

Estudos indicam que fatores endócrinos e metabólicos coordenam a mobilização de reservas corporais e, portanto, estão relacionados com o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras da raça Holandês (Staples et al., 1990; Butler, 2003; Friggens, 2003).

Carvalho et al. (2014) verificaram que vacas leiteiras primíparas e múltíparas da raça Holandês, perdendo mais escore de condição corporal no início da lactação, tiveram menor taxa de gestação à primeira inseminação artificial, quando comparadas com vacas com menor perda de condição corporal após o parto, porém, vacas primíparas tiveram menor taxa de gestação à primeira inseminação após o parto quando comparadas com vacas múltíparas (38,4% vs 49,8%), respectivamente. No mesmo estudo foi evidenciado que a maior perda de condição corporal no início do pós-parto não afetou a capacidade de fecundação dos oócitos, porém, esteve associada a aumento na porcentagem de embriões degenerados no sétimo dia após a fecundação. Da mesma forma, em outro estudo foi demonstrado que vacas que tiveram maior concentração de AGNE, decorrente da maior mobilização de reservas corporais de tecido adiposo no pós-parto, tinham menor probabilidade de se tornarem gestantes à primeira IA, quando comparado com vacas que tinham maior concentração de glicose plasmática e que tiveram maior probabilidade de se tornarem gestantes (Garverick et al., 2013).

As concentrações de metabólitos circulantes, AGNE e BHBA, são comumente usadas como indicadores da maior ou menor profundidade do BEN durante o período de transição, porém, a elevação excessiva de AGNE e BHBA circulante pode indicar dificuldade de adaptação do animal ao BEN (Ospina et al., 2010). Foi demonstrado que quando as concentrações de AGNE foram \geq de 0,27 mEq/L a probabilidade das vacas e novilhas ficarem

gestantes foi reduzida em 19%, e aquelas com concentrações de BHBA ≥ 10 mg/dL tiveram redução de 13% de probabilidade de gestação (Ospina et al., 2010). Da mesma forma, Garverick et al. (2013) evidenciaram que as probabilidades de gestação à primeira inseminação artificial de vacas diminuíram com o aumento das concentrações de AGNE, no terceiro dia após o parto.

Leroy et al. (2004) verificaram que as mudanças no perfil metabólico e hormonal de vacas Holandês de alta produção tem reflexo na composição do fluido folicular, em especial de glicose, BHBA e a ureia. O fluido folicular é um ultrafiltrado do plasma sanguíneo e, portanto, reflete diretamente as concentrações circulantes de metabólitos. Assim, os ácidos graxos não esterificados estão mais elevados na circulação sanguínea durante o balanço energético negativo no início da lactação e, conseqüentemente, foi verificado aumento correspondente no fluido folicular, embora com as concentrações inferiores às encontradas no sangue. Os ácidos esteárico, palmítico e oléico são os principais AGNE encontrados em vacas no pós-parto, porém, os ácidos esteárico e palmítico foram os capazes de exercer efeito negativo na maturação *in vitro* de oócitos, levando à redução da taxa de fertilização (Leroy et al., 2005).

Vacas leiteiras primíparas e multíparas da raça Holandês, alimentadas com dietas ricas em energia durante o período pré-parto, apresentaram maior concentrações de AGNE nas três primeiras semanas de lactação, quando comparado com o grupo de vacas que tinham dieta balanceada em energia. Santos e colaboradores (2019) evidenciaram que vacas primíparas Holandês x Gir (3/4 e 7/8), alimentadas com dieta de alto e baixos níveis de energia em sistema de confinamento total, apresentam diferença nas concentrações de AGNE após o parto. As concentrações de AGNE foram maiores para as dietas com baixo teor de energia, quando comparado com o grupo de vacas alimentadas com dieta com alto teor de energia, porém, sem diferença para os grupos genéticos. Os autores concluíram que as dietas com alto nível de energia foram mais eficientes na manutenção do estado energético de vacas mestiças no início da lactação.

A maior concentração de AGNE na primeira semana após o parto está associada à maior probabilidade de risco de doenças em vacas leiteiras. A menor perda de escore corporal durante as primeiras seis semanas após o parto, e as maiores concentrações de glicose na terceira semana pós-parto, provavelmente contribuem para a melhoria no desempenho reprodutivo em vacas leiteiras (Cardoso et al., 2013). Concentrações de glicose e insulina plasmática em vacas primíparas mestiças Holandês x Gir, em sistema de confinamento total durante o período pós-parto, foram maiores em vacas que consumiam dietas com maiores níveis de energia na dieta, porém, não houve diferença nas concentrações de glicose e insulina no fluido folicular entre as

diferentes dietas (Santos et al., 2019). Estudo realizado por Peixoto (2011) com vacas multíparas Holandês x Gir, em regime de pastejo com suplementação, verificaram menores concentrações de glicose nos dias 10 e 2 (58,3 e 58,3 mg/dL) antes do parto, quando comparado com as concentrações no dia 2 após o parto (66,1 mg/dL), porém, as concentrações foram iguais aos dias 5, 10, 17, 24 e 31 após o parto, sendo de 59,5; 56,7; 57,7; 57,4; 57,7 mg/dL, respectivamente.

O BHBA é outro metabólito resultante da lipólise e que também exerce efeito prejudicial sobre a qualidade do oócito. Quando as concentrações de BHBA aumentam na circulação sanguínea, o animal pode apresentar cetose clínica ou subclínica que pode afetar a saúde do animal. Oócitos maturados e fecundados *in vitro* em meios contendo BHBA, em concentrações que mimetizavam as condições de um animal com cetose clínica e subclínica, mostraram que o BHBA exerce efeito tóxico durante a maturação do oócito, resultando, assim, em taxa reduzida de produção de blastocistos (Leroy et al., 2006).

Vacas multíparas F1 Holandês x Gir criadas em sistema de semiconfinamento e alimentadas duas vezes ao dia com dieta mista à base de concentrado e silagem de milho apresentaram menor concentração de BHBA no período do pré-parto e, posteriormente ao parto, verificou-se aumento nas concentrações circulantes que só reduziram após o dia 30 pós-parto (Moreira et al., 2018). Da mesma forma, estudos com vacas mestiças Holandês x Gir em sistemas de semiconfinamento, e com vacas puras da raça Holandês confinadas, apresentaram comportamentos semelhantes para as concentrações sanguíneas de BHBA nos períodos pré-parto e pós-parto, evidenciando-se concentrações menores no pré, quando comparados com os primeiros 21 dias pós-parto (Lago et al., 2004; Barletta et al., 2017; Moreira et al., 2018).

A associação dos indicadores metabólicos (AGNE, BHBA e glicose) no período de transição e a probabilidade de desenvolvimento de doenças uterinas foi avaliada em estudo com vacas da raça Holandês, e foi verificado que as concentrações plasmáticas de glicose estiveram associadas à ocorrência de metrite e endometrite clínica. Além disso, as vacas que tiveram maior intervalo do parto à concepção (> 150 dias) apresentaram concentrações plasmáticas de glicose mais elevadas do que as que ficaram gestantes nos primeiros 150 dias, enquanto o BHBA e o AGNE não estiveram associados a ocorrências de distúrbios uterinos (Bicalho et al., 2017). Nesse mesmo estudo, foram realizadas regressões logísticas multivariadas e demonstrou-se que as vacas com concentrações mais altas de glicose no terceiro dia após o parto tinham 6,6 vezes mais risco de apresentarem metrite, e 3,5 vezes mais risco de desenvolverem endometrite clínica, quando comparado com vacas com concentrações mais

baixas de glicose. Ainda não está bem esclarecido se as altas concentrações de glicose após o parto estão diretamente relacionadas com o aumento do risco de desenvolverem doenças uterinas. Sabe-se que a hiperglicemia pode ser mediada pelo aumento das concentrações de cortisol em torno do parto, simultâneo ao aumento da resistência da insulina após o parto, e isso é reportado estar associada à imunossupressão (Bicalho et al., 2017).

Durante o balanço energético negativo verifica-se maiores concentrações circulantes de corpos cetônicos e AGNE, e esses metabólitos têm sido relacionados com um período de imunossupressão que ocorre no periparto de vacas leiteiras. Esses metabólitos reduzem a atividade e a capacidade dos leucócitos se multiplicarem, crescerem e migrarem para o local do desafio imune e, também, diminuem produção moléculas bactericidas, tais como as betas defensinas. A imunossupressão no período do BEN é um fator de risco que aumenta a probabilidade de doenças que comprometem a eficiência reprodutiva. Mastite, metrite e endometrite subclínica são doenças que afetam direta e indiretamente o desempenho reprodutivo em vacas leiteiras (Waldron et al., 2006).

A relação do nível de energia consumida no pré-parto, as variações no escore corporal pós-parto, e o desempenho reprodutivo tem sido estudado em vacas leiteiras. Foi verificado tanto para vacas leiteiras da raça Holandês primíparas quanto múltíparas, que o período de serviço foi inferior para vacas com dietas controladas em energia, quando comparado com animais consumindo alta energia. Vacas Holandês alimentadas com dietas altas em energia, durante as últimas quatro semanas antes do parto, perderam mais escore de condição corporal nas primeiras seis semanas após o parto, quando comparado com aquelas alimentadas usando dietas controladas em energia (Cardoso et al, 2013). Por outro lado, Santos et al. (2019) estudaram vacas mestiças primíparas Holandês x Gir alimentadas com dieta com altos e baixos níveis de energia e concluíram que as dietas com altos níveis de energia foram mais eficazes na manutenção do estado energético das vacas no início da lactação, evidenciado pelas concentrações plasmáticas de glicose, insulina e AGNE, bem como pelas concentrações de IGF-1, indicando menor mobilização das reservas corporais e menor intensidade de balanço energético negativo. Também, nesse mesmo estudo foi evidenciado que durante o período pós-parto, há aumento das concentrações plasmáticas de glicose e possível melhoria do ambiente folicular, causado pelo aumento da concentração de estradiol e IGF-1.

Uma das estratégias adotadas para estimular o aumento da produção de leite no início da lactação de vacas leiteiras é aumentar os níveis de proteína bruta na dieta, e muita atenção tem sido dada à proteína degradável por bactérias e protozoários do rúmen. A ingestão excessiva de

proteína degradável, na relativa limitação da concentração de carboidratos para sintetizar proteínas bacterianas, pode resultar no acúmulo excessivo de amônia no rúmen (Sinclair et al., 2000) que, após ser absorvida pelo epitélio do rúmen, será convertida em uréia no fígado. Esse processo de desintoxicação tem incremento no gasto de energia pelo animal e, portanto, exacerba o BEN logo após o parto, reduzindo a fertilidade (Butler, 1998). Níveis elevados de proteína bruta na dieta parece não comprometer o reinício da atividade ovariana cíclica após o parto de vacas leiteiras, porém, a taxa de concepção foi reduzida em até 30% em vacas lactantes e 20% em novilhas, para animais com concentrações séricas de nitrogênio ureico acima de 20mg/dL (Melendez et al., 2003).

Por meio de metanálise, Raboisson et al. (2017) verificaram redução de 43% na chance de gestação ou concepção quando a concentração sanguínea de uréia foi $\geq 7,0$ mM ou, também, quando a concentração de uréia no leite foi ≥ 420 mg/L, em comparação com animais apresentando valores inferiores de uréia. Foi demonstrado que o aumento nas concentrações de nitrogênio uréico plasmático exerce efeito negativo direto sobre oócitos e embriões nos primeiros sete dias após a inseminação artificial, reduzindo a fertilidade (Rhoads et al., 2006).

O fornecimento de dietas ricas em proteína degradável no rúmen eleva a concentração sistêmica de uréia e tem sido associada com a redução do pH uterino (7,1 a 6,8) em novilhas da raça Holandês. A alteração na composição iônica do fluido uterino modifica o ambiente uterino e compromete a viabilidade do embrião em desenvolvimento (Elrod e Butler, 1993). Porém, os autores observaram que não houve nenhuma diferença nos dias do ciclo estral entre os grupos alimentados com níveis normais ou elevados de proteína degradável do rúmen. Também, a motilidade e a sobrevivência dos espermatozoides parecem ser influenciados pela proteína na dieta. Espermatozoides colocados em lavados uterinos de vacas alimentadas com dietas contendo altas concentrações de proteína bruta tiveram redução mais rápida na motilidade, quando comparado com espermatozoides incubados em lavados uterinos de vacas alimentadas com dieta baixa em proteína bruta (Westwood et al., 1998).

Concentrações plasmáticas de uréia no período do pós-parto de vacas múltíparas Holandês x Zebu, durante a estação seca e suplementadas com dois quilogramas de concentrado por dia no período pré-parto, foram maiores ($19,21 \pm 6,32$ mg/dL) do que as concentrações em animais não suplementados no mesmo período ($17,08 \pm 6,27$ mg/dL). Já na estação chuvosa, não foi evidenciada diferença entre vacas suplementadas ou não suplementadas com concentrado no pré-parto, porém, houve diferença nas vacas mestiças Holandês x Guzerá que apresentaram maiores concentrações de uréia plasmática quando consumiam concentrado no

pré-parto ($15,83 \pm 5,88$ mg/dL), em relação às vacas que não consumiam concentrado no mesmo período ($11,05 \pm 4,78$ mg/dL). De forma geral, neste estudo foi observado aumento nas concentrações de uréia ao parto, com redução das concentrações no início da lactação (Carvalho, 2009).

2.5 Relação da produção de leite e reprodução de vacas

As mudanças metabólicas e hormonais que vacas leiteiras experimentam quando mudam da condição gestacional para o estágio de lactação, podem exercer efeitos negativos na saúde reprodutiva (Kim, 2014). Foi verificado que vacas multíparas da raça Holandês lactantes apresentam qualidade embrionária inferior, quando comparado com novilhas leiteiras não lactantes e vacas de corte. Assim, parece que a subfertilidade de vacas leiteiras de alta produção está relacionada com a redução da qualidade embrionária no dia sete após a inseminação artificial (Leroy et al., 2005).

Estudo de Carvalho (2009) foi realizado com vacas multíparas mestiças F1 Holandês x Zebu paridas nas estações chuvosa e seca e mantidas em sistema de pastejo com suplementação durante a lactação, cuja produção média de leite foi de $12,26 \pm 1,74$ Kg/dia e $14,39 \pm 2,98$ Kg/dia, respectivamente. O autor verificou menor taxa de ovulação aos 30, 60 e 90 dias em lactação, tanto na estação chuvosa (17,9, 57,1 e 82,1 %) quando na estação seca (21,7, 65,2 e 78,3 %) respectivamente e, conseqüentemente, foi observada maior taxa de gestação aos 90 dias de lactação, quando comparado com os dias 60 e 30, com valores de 42,9 %, 25 % e 3,6 % na estação chuvosa e 65,2 %, 39,1 % e 0,0 % na estação seca, respectivamente.

Ao contrário, para vacas leiteiras de alta produção ($\geq 39,5$ kg/dia) foi evidenciado estro mais curto (6,2 h vs 10,9 h), menor tempo total do comportamento estral (21,7 segundos vs 28,2 segundos) e menores concentrações séricas de estradiol (6,8 pg/mL vs 8,6 pg/mL) em comparação com vacas leiteiras de menor produção ($< 39,5$ Kg/dia) (Lopez et al., 2004). Uma das hipóteses que poderiam explicar as concentrações reduzidas de estradiol em vacas leiteiras de alta produção seria o aumento do metabolismo hepático, devido à maior ingestão de matéria seca (Sangsritavong et al., 2002).

Lopez et al. (2004) correlacionaram a duração do estro de vacas com diferentes produções diárias de leite. Os autores mostraram que vacas produzindo entre 25 e 30, entre 35 e 40, e mais de 50 kg leite/dia tiveram estro com duração média de 14,7, 6,3 ou 2,8 horas, respectivamente. Também, foi correlacionada a produção de leite com a incidência de múltiplas ovulações e foram encontradas incidência de 1,6; 16,9 e 47,9%, respectivamente para os mesmos intervalos

de produção de leite citados anteriormente. Apesar desses percentuais de múltiplas ovulações, a concentração sérica de progesterona sete dias após o estro foi menor nas vacas com mais de um corpo lúteo, quando comparado com vacas com ovulação única ($2,5 \pm 0,3$ vs $3,2 \pm 0,1$ ng/mL), apesar do maior volume de tecido luteal (8291 ± 516 vs 6405 ± 158 mm³) (Lopez et al., 2005).

Vacas lactantes mostraram aumento do fluxo sanguíneo hepático em comparação as vacas secas, sendo maior em vacas durante a lactação (1569 vs 751 L/h). O aumento no fluxo sanguíneo hepático levou à diminuição da concentração circulante de progesterona e de estrógeno em vacas lactantes. Vacas que consumiram maior quantidade de alimento tiveram menor concentração de progesterona sérica, quando comparado com as vacas que consumiram menor quantidade de matéria seca (10,62 vs 3,54 Kg/MS). Do mesmo modo, vacas que são submetidas a plano nutricional contínuo eleva, de forma crônica, o fluxo sanguíneo hepático e reduz as concentrações de estrógeno e progesterona circulantes, fato que pode trazer implicações negativas no desempenho reprodutivo para vacas no período de lactação (Sangsritavong et al., 2002; Wiltbank et al., 2006). Algumas das implicações negativas que pode trazer a diminuição dos esteroides, nas vacas em lactação, é que apresentam maior porcentagem de múltiplas ovulações, redução na duração do estro, folículos pré-ovulatórios de maior diâmetro, porém, com menor concentrações de estrógeno, perda embrionária precoce e, conseqüentemente, comprometimento da fertilidade (Lopez et al., 2004; Spencer e Bazer, 2004; Lopez et al., 2005; Wiltbank et al., 2006).

2.6 Relação da condição corporal e do peso vivo na produção e reprodução de vacas

2.6.1 Condição corporal

O sucesso reprodutivo depende do equilíbrio de vários fatores fisiológicos como, por exemplo, a ovulação de oócito de alta qualidade para ser fecundado; o crescimento de um embrião que produza proteínas sinalizadoras em quantidade suficiente para comunicar à mãe de sua presença no útero; e de um ambiente uterino receptivo e que proporcione sucesso à implantação. Todos esses fatores podem ser influenciados pelo balanço energético da vaca leiteira (Stockdale, 2001).

O escore de condição corporal (ECC) em vacas leiteiras é uma avaliação da relação entre a quantidade tecido adiposo e tecidos não gordurosos do organismo, e é reconhecido como um importante fator que deve ser adotado no manejo em vacas leiteiras. A escala utilizada para a medição do ECC pode variar, porém, é consenso que uma pontuação baixa reflete o estado

corporal de um animal magro, e uma alta pontuação evidencia um animal obeso. A quantidade de ECC que uma vaca perde após o parto está associada com a produção de leite, anestro pós-parto, fertilidade, dias em aberto, risco de infecções uterinas e distúrbios metabólicos que vão interferir na saúde reprodutiva do animal (Roche et al., 2009).

Quando foi comparada a porcentagem de vacas Holandês gestantes em relação à condição corporal após o parto, mediante o uso de protocolo hormonal de duplo Ovsynch, foi evidenciado que vacas com menor condição corporal ($\leq 2,50$) apresentaram menor taxa de gestação, quando comparadas com as vacas que tinham maior condição corporal ($\geq 2,75$) (40,4% vs 49,2%). Porém, a maioria das vacas apresentavam cíclicas no início do protocolo hormonal (93%) (Carvalho et al., 2014). Possivelmente, a redução na fertilidade de vacas de alta produção que perdem mais intensamente condição corporal no pós-parto se deve, principalmente, a problema da má qualidade dos oócitos e, portanto, dos embriões (Leroy, 2005). Também foi evidenciado que o efeito da condição corporal não afetou a perda de gestação em vacas da raça Holandês. Animais que apresentavam baixa ou elevado escore de condição corporal apresentaram 15,7% e 10,8% de perda gestacional (Carvalho et al., 2014).

Pesquisa realizada com vacas leiteiras da raça Holandês com mais de 50 dias em lactação verificou que os animais que perdem condição corporal apresentam maior incidência de folículos anovulatórios (28,5%), quando comparado com vacas que não perderam quantidade significativa de condição corporal (71,5%). Esses resultados indicam que a mobilização de condição corporal pode comprometer a saúde das vacas leiteiras e, conseqüentemente, o desempenho reprodutivo (Lopez et al., 2005).

O manejo durante a fase do pré-parto tem ganhado muita atenção nas pesquisas em vacas leiteiras, uma vez que manejo inadequado nesse período pode impactar na produção e reprodução das fêmeas bovinas leiteiras. Em um estudo com animais mestiços Holandês x Zebu foi verificado escore de condição corporal (escala 1 a5) médio de 3,8 antes do parto, e foi encontrada diferença entre animais suplementados ($3,89 \pm 0,38$) ou não suplementados ($3,61 \pm 0,38$) durante o pré-parto (Carvalho et al., 2009). Porém, deve-se considerar que os valores de referência recomendados para vacas leiteiras de raça Holandês diferem dos encontrados em vacas mestiças. Para vacas leiteiras Holandês as pesquisas apontam que as vacas devem chegar ao parto com condição corporal entre 3,0 e 3,25 para que, após o parto, a perda da condição corporal seja menor e se evite problemas metabólicos que terão impacto negativo na produção e reprodução (Roche et al., 2009; Barletta et al., 2017).

Em vacas mestiças leiteiras foram verificadas diferenças no escore corporal ao final da gestação entre as bases genéticas Holandês x Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Zebu. Assim, ao final do período do pré-parto foi verificado menor escore corporal para vacas Holandês x Gir ($3,67 \pm 0,28$), quando comparado com Holandês x Guzerá ($3,89 \pm 0,37$) e Holandês x Zebu ($4,20 \pm 0,58$) (Carvalho et al., 2009). Do mesmo modo, a estação do ano também afeta a condição corporal ao parto em vacas mestiças das diferentes bases genéticas (Gir, Guzerá e Zebu) que tiveram, em média, escore de $3,82 \pm 0,40$ na estação chuvosa e $4,32 \pm 0,35$ na estação seca, cuja diferença pode estar relacionada com o manejo de suplementação volumosa adotado pela propriedade (Carvalho et al., 2009).

Estudo publicado recentemente mostrou que vacas F1 Holandês x Gir, criadas em sistema de semiconfinamento, não apresentaram diferença na condição corporal durante o período de transição (21 dias antes do parto e 21 dias após o parto), porém, apresentaram diferença entre inverno e verão, sendo maior para o inverno. Esse mesmo estudo concluiu que o *status* metabólico de vacas Girolando F1 se assemelha ao conhecido em animais da raça Holandês ou mestiças com composição genética com maior proporção Holandês, quando são mantidas em condição semelhantes (Moreira et al., 2018).

2.6.2 Peso vivo

A variação do peso vivo de gado leiteiro é influenciada pela raça, genética, estágio fisiológico, escore de condição corporal e parâmetros de mobilização de gordura (Roche et al., 2007; Carvalho et al., 2009; Ruas et al., 2013; Jesus et al., 2020; Sguizzato et al., 2020). Fêmeas primíparas bovinas apresentam diferença de peso vivo entre o dia da cobertura, no pré-parto e após o parto. Jesus e colaboradores (2020) encontraram peso vivo médio à cobertura de $403,9 \pm 52,7$ Kg em novilhas primíparas F1 Holandês x Zebu das diferentes bases materna como Gir, Nelogir, Guzonel e Nelore, não evidenciando diferença entre as bases genéticas.

O menor peso vivo da fêmea logo após o parto, em relação ao peso no final da gestação, se deve à perda de fluidos fetais, placenta e feto logo após o parto (Sguizzato et al., 2020). Vacas múltiparas F1 Holandês x Zebu tiveram perda de 72,2 Kg de peso vivo do dia cinco antes do parto até o dia dois após o parto (Peixoto, 2010), semelhante à perda de 71,5 Kg encontrada por Carvalho et al. (2009), do último dia do período pré-parto para o primeiro dia após o parto.

Vacas mestiças múltiparas F1 Holandês x Zebu, de distintas bases genéticas maternas, diferiram quanto ao peso vivo no final do período pré-parto, encontrando-se pesos de $583,27 \pm 49,73$, $627,14 \pm 34,93$, e $610,75 \pm 45,70$ Kg para vacas das bases genéticas Holandês x Gir,

Holandês x Guzerá e Holandês x Zebu, respectivamente (Carvalho et al., 2009). Já em vacas primíparas F1 Holandês x Zebu, o peso ao parto foi de $475,7 \pm 43,9$ kg, não sendo observada diferenças entre as diferentes bases genéticas maternas (Gir, Nelogir, Guzonel, Nelore) com idade média de $27,4 \pm 4,6$ meses (Jesus et al., 2020).

Foi verificado que aos 270 dias de gestação de vacas F1 Holandês x Gir, 3% do peso vivo corresponde à glândula mamária, 1,8% ao peso uterino, 0,7% ao peso da placenta, 3,9% a fluidos fetais, 6,5% ao peso do bezerro, e o 89,7% correspondem ao peso dos tecidos maternos (Sguizzato et al., 2020). Logo após o parto, vacas leiteiras apresentam perda de condição corporal e peso vivo em função dos dias de lactação, e isso ocorre para maiorias das raças e cruzamentos especializados na produção de leite (Roche et al., 2007; Ruas et al., 2013; Barletta et al., 2017).

Em estudo com vacas primíparas F1 Holandês x Zebu das diferentes base genéticas maternas Holandês x Gir, Holandês x Guzerá, Holandês x Nelore e Holandês x Azebuado, mantidas em sistema de pastejo nas estações chuvosa e seca e com suplementação volumosa à base de silagem de milho ou cana-de-açúcar, mostrou que para a primeira ordem de parto o grupo genético Holandês x Gir apresentou maior perda de peso vivo no início da lactação, possivelmente pela maior produção de leite na fase inicial da lactação, quando comparado com as outros cruzamentos das distintas bases maternas (Ruas et al., 2013). Vacas mestiças Holandês x Zebu, nas diversas ordens do parto e grupos genéticos, não apresentam o padrão comumente encontrado em vacas especializadas para produção de leite, o que indica possível desajuste da dieta com as exigências nutricionais (Ruas et al., 2013).

2.7 Saúde uterina no período de transição de vacas leiteiras

A contaminação uterina, no momento ou nos dias seguintes ao parto, é normal e inevitável sendo que, aproximadamente, 80 a 100% das vacas são acometidas com bactérias no lúmen uterino nas primeiras duas semanas após o parto. As bactérias patogênicas que mais prevalecem no útero de animais infectados são a *Escherichia coli*, *Trueperella pyogenes*, *Fusobacterium necrophorum*, *Prevotella melaninogenica* e espécies de *Proteus*, que estão associadas ao aumento da inflamação endometrial e muco vaginal purulento (Sheldon et al., 2009). Foi demonstrado que durante o período de BEN as vacas apresentam função neutrofílica comprometida, fazendo com que a defesa contra os patógenos seja prejudicada, levando, assim, a distúrbios na saúde uterina, tais como a metrite puerperal e endometrite subclínica (Hammon et al., 2006).

Os distúrbios na saúde uterina afetam direta e indiretamente a fertilidade em vacas de alta produção. Foi realizada uma metanálise de várias pesquisas e os autores verificaram que a metrite esteve associada à redução em 20% na taxa de concepção ao primeiro serviço, e a endometrite aumentou os dias em aberto, em média, em 15 dias e, também, reduziu a taxa de gestação em 16% (Fourichon et al., 2000).

Uma das doenças de maior impacto na reprodução e de particular preocupação após o parto, devido aos efeitos negativos profundos sobre o desempenho de vacas leiteiras, é a metrite. O monitoramento do comportamento de vacas leiteiras, durante o período de transição, mostrou evidências de que existe impacto negativo do comportamento de alimentação e consumo de água no pré-parto, sobre a saúde das vacas após o parto. No estudo de Huzzey et al. (2007), foi verificado que cerca de 12% e 27% das vacas foram diagnosticadas com metrite severa ou leve, respectivamente. Vacas com metrite severa gastaram menos tempo se alimentando e consumiram menos alimento em comparação com as vacas saudáveis. Para cada 10 minutos de decréscimo no tempo médio de alimentação diária, durante a semana anterior ao parto, a probabilidade de metrite aumentou em 1,72 vezes e, para cada redução de 1 kg no consumo de matéria seca, as vacas foram quase três vezes mais propensas a serem diagnosticadas com esse transtorno. Também, vacas que foram diagnosticadas com metrite grave após o parto foram menos ativas na competição para o acesso ao alimento antes do parto. A menor capacidade do animal competir pelo acesso à alimentação pode indicar que vacas são socialmente subordinadas, e não querem se envolver em interações com indivíduos dominantes. Assim, a redução no consumo de alimento durante o pré-parto aumenta o risco de vacas desenvolverem doenças infecciosas após o parto (Huzzey et al., 2005; Huzzey et al., 2007).

A retenção de placenta também interfere no desempenho reprodutivo em vacas, devido ser um fator de risco substancial para metrite e endometrite (LeBlanc, 2008). A contaminação do lúmen uterino por bactérias afeta 90 a 100% das vacas leiteiras na primeira semana após o parto. Após a infecção bacteriana, algumas vacas apresentam resposta imunitária adequada, eliminam as bactérias eficientemente, e tem fertilidade ideal, porém, 25 a 30% dos animais tem inflamação persistente o que levaria a redução na fertilidade do animal (Herath et al., 2009). A imunossupressão, juntamente com as mudanças marcantes no estado endócrino, nutricional e metabólico do animal, causa aumento das concentrações de cortisol circulante nos dias próximos ao parto. Essas mudanças sistêmicas parecem ser centrais para o comprometimento metabólico de vacas leiteiras, o que favorece o estabelecimento da infecção uterinas na vaca no pós-parto (Esposito et al., 2014).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENAS, S.; DAHLBORN, K. e HOLTENIUS, K. Changes in metabolism and milk production during and after feed deprivation in primiparous cows selected for different milk fat content. *Livest. Prod. Sci.*, v. 83, p. 153-164, 2003.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, A. B. P. et al. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês x Gir com climatização no curral. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental.*, v. 17, n. 8, p. 892-899, 2013.
- BARBOSA, S. B.; RAMALHO, R. P.; MONARDES, H. G. et al. Milk and fat production of crossbred Holstein-Gir cows (*Bos taurus taurus*-*Bos taurus indicus*) in the Agreste region of the Brazilian state of Pernambuco. *Genet. Mol. Biol.*, v. 31, n. 2, p. 468-474, 2008.
- BARLETTA, R. V.; MATURANA FILHO, M.; CARVALHO, P. D. et al. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein Cows. *Theriogenology*. V. 104, p. 30-36, 2017.
- BAUMAN, D. E. e CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.*, n. 63, v. 9, p. 1514-1529, 1980.
- BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.*, v. 73 n. 9, p. 2804 – 2819, 1995.
- BERGMAN, E. N. Hyperketonemia-ketogenesis and ketone body metabolism. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 6, p. 936-948, 1971.
- BERNARDES, F. T.; RÊGO, A. C.; CASAGRANDE, D. R. et al. Produção e uso de silagens em fazendas leiteiras em três mesorregiões do Estado de Minas Gerais. *Rev. Ciênc. Agrár.*, v. 56, n. 2, p. 133-138, 2013.
- BICALHO, M. L. S.; MARQUES, E. C.; GILBERT, R. O. et al. The association of plasma glucose, BHBA, and NEFA with postpartum uterine diseases, fertility, and milk production of Holstein dairy cows. *Theriogenology.*, v. 88, p. 270-282, 2017.
- BUTLER W. R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, v. 83 p. 211-218, 2003.
- BUTLER, W. R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 81 n. 9, p. 2533-2539, 1998.
- CARDOSO, F. C.; LEBLANC, S. J.; MURPHY, M. R. et al. Parturition nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sc.*, v. 96, n. 9, p. 5859-5871, 2013.
- CARVALHO, B. C. Parâmetros reprodutivos, metabolitos e produção de leite de vacas mestiças Holandês z Zebu submetidas a dois manejos pré-parto. 2009. 193 f. Teses (Doutorado em Ciência Animal) Programa de Pós-graduação em ciência animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, B. C.; RUAS, J. R. M.; SILVA FILHO, J. M. et al., Avaliação de diferentes manejos pré-parto sobre o peso e escore de condição corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. *R. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 16, n. 2, p. 62-67, 2009.

CARVALHO, P. D.; SOUZA, A. H.; AMUNDSON, K. S. et al. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 97 p. 3666-3683, 2014.

CAVESTANY, D.; BLANC, J. E.; KULCSAR, M. et al. Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *J. Vet. Med. Assoc.*, v. 52, n.1, p.1-7, 2005.

CEPEA-USP. PIB do agronegócio cresce 3,81% em 2019. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br. Acesso em: 23 de fevereiro 2021.

CHELIKANI, P. K.; AMBROSE J. D.; KANNELLY J. J. Effect of dietary energy and protein density on body composition, attainment of puberty, and ovarian follicular dynamics in dairy heifers. *Theriogenology.*, v. 60, n. 4, p. 707-725, 2003.

CHOW, J. C., E JESSE, B. W. Interactions between gluconeogenesis and fatty acid oxidation in isolated sheep hepatocytes. *J. Dairy Sci.*, v. 75 n. 8, p. 2142-2148, 1992.

COELHO, J. G.; BARBOSA, P. F. TONHATI, H. et al. Análise das relações de curva de crescimento e eficiência produtiva de vacas da raça Holandêsa. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 38, n. 12, p. 2346-2353, 2009.

DAHL, G.E.; WALLACE, R.L.; SHANKS, R.D. et al. Effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. *J. Dairy Sci.*, v. 87, n. 4, p. 882-885, 2004.

DAVIS, S. R. e COLLIER, R. J. Mammary Blood Flow and regulation of Substrate Supply for Milk Synthesis. *J. Dairy Sci.*, n. 4, v. 68, p. 1041-1058, 1985.

DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J. Dairy Sci.*, v. 82, n. 11, p. 2259-2273, 1999.

DRACKLEY, J. K. Physiological adaptation in transition dairy cows. Minnesota Dairy Health Conference., p. 74-87, 2005.

EL-KASRAWY, N. I.; SWELUM A. A.; ABDEL-LATIF, M. A. et al. Efficacy of different drenching regimens of gluconeogenic precursors during transition period on body condition score, production, reproductive performance, subclinical ketosis and economics of dairy cows. *Animals.*, v. 10, n. 6, p. 937-950, 2020.

ELROD, C. C. e BUTLER, W. R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.*, v. 71, n. 3, p. 694-701, 1993.

ESPOSITO, G.; IRONS, P. C.; WEBB, E. C. et al. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 144, n. 3-4, p. 60-71, 2014.

- FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 5, p. 1944-1952, 2002.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. Dairy Market Review, March 2020. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 23 de fevereiro 2021.
- FONSECA, A. P.; ALVES, B. R. C.; CAMPOS, M. M. et al. Idade à puberdade e características reprodutivas de novilhas mestiças F1 Holandês x Gir com fenótipos divergentes para consumo alimentar residual. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.*, v. 72, n. 4, p. 1093-1101, 2020.
- FOURICHON, C.; SEEGER, H.; MALHER, X. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology*, v. 53, n. 9, p. 1729-1759, 2000.
- FRIGGENS N.C. Body lipid reserves and the reproductive cycle: towards a better understanding. *Livest. Prod. Sci.*, v. 83, p. 219 – 236, 2003.
- GARVERICK, H. A.; HARRIS, M. N.; VOGEL-BLUEL, R. et al. Concentrations of non-esterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *J. Dairy Sci.*, v. 96, n. 1, p. 181-188, 2013.
- GLORIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; QUIRINO, C. R. Q. et al. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 39, n. 10, p. 2160-2165, 2010.
- GRUMMER RR. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 12, p. 3882-3896, 1993.
- GRUMMER, R. R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.*, v. 73, n. 9, p. 2820-2833, 1995.
- GUIMARÃES, J. D.; ALVES, A. G.; COSTAS, E. P. et al. Eficiência Reprodutiva e Produtiva em vacas das raças Gir, Holandês e Cruzadas Holandês x Zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 2, p. 641-647, 2002.
- HAMMON, D.; EVJEN, I. M.; DHIMAN, T. R. et al. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v. 113 n.1-2, p. 21-29, 2006.
- HERATH, S.; LILLY, S. T.; SANTOS, N. R; et al. Expression of genes associated with immunity in the endometrium of cattle with disparate postpartum uterine disease and fertility. *Reprod. Biol. Endocrinol.*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2009.
- HERDT, T. H. Ruminant adaptation to negative energy balance: Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Veterinary Clinics of North America: Food Anim. Practi.*, v. 16, n. 2, p. 215-230, 2000.

HERDT, T. H., WENSING, T., HAAGSMAN, H. P. et al. Hepatic triacylglycerol synthesis during a period of fatty liver development in sheep. *J. Anim. Sci.*, v. 66, n. 8, p. 1997-2013, 1988.

HOLMES, C. W.; DAVEY, A. W. F. e GRAINGER, C. The efficiency with which feed is utilized by the dairy cow. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, v. 41, p. 16-27, 1981.

HUZZEY, J. M.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.*, v. 90 n. 7, p. 3220-3233, 2007.

HUZZEY, J. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. WEARY, D. M. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.*, v. 88, n. 7, p. 2454-2461, 2005.

IBGE- Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Produção de pecuária municipal. Rio de Janeiro, v. 47, p. 1-8, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v47_br_informativo.pdf. Acesso em: 23 de fevereiro 2021.

JESUS, M. A.; RUAS, J. R. M.; DA SILVA, E. A. et al. Características produtivas e reprodutivas de vacas primíparas F1 holandês x zebu de diferentes bases maternas. *Braz. J. of Develop.*, v. 6, n. 6, p. 37674-37686, 2020.

KATZ, M. L.; e BERGMAN, E. N. Hepatic and portal metabolism of glucose, free fatty acids, and ketone bodies in the sheep. *Am. J. Physiol.*, v. 216 n. 4, p. 953-960, 1969.

KIM, J. W. Modulation of the somatotropic axis in periparturient dairy cows. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, v. 27, n. 1, p. 147, 2014.

LAGO, E. P.; COSTA, A. P. D.; PIRES, A.V. et al. Parâmetros metabólicos em vacas leiteiras durante o período de transição pós-parto. *R. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 11, n. 1/2, p. 98-103, 2004.

LEBLANC, S. J. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: a review. *Vet. J.* v. 176, n. 1, p. 102-114, 2008.

LEROY, J. L. M. R.; OPSOMER, G.; DE VLIEGHER, S. et al. Comparison of embryo quality in high-yielding dairy cows, in dairy heifers and in beef cows. *Theriogenology.*, v. 64, n. 9, p. 2022-2036, 2005.

LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; DELANGHE, J. R. et al. Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high-yielding dairy cows early postpartum. *Theriogenology.*, v. 62, n. 6, p. 1131-1143, 2004.

LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; MATEUSEN, B. et al. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. *Reproduction*, n. 130, v. 4, p. 485-495, 2005.

LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; OPSOMER, G.; et al. The *In vitro* Development of Bovine Oocytes after Maturation in Glucose and β -Hydroxybutyrate Concentrations Associated

with Negative Energy Balance in Dairy Cows. *Reprod. Domestic. Anim.*, v. 41, n. 2, p. 119-123, 2006.

LIMA, J. A. M.; COELHO, S. G.; RUAS, J. R. M. et al. Efeito do aumento da frequência de ordenhas no início de lactação sobre produção, composição do leite e características reprodutivas de vacas mestiças Holandês-Zebu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 63, n. 5, p. 1160-1166, 2011.

LINN, J. Feed Efficiency: Its economic impact in lactating dairy cows. *WCDS. Adv. Dairy Technol.*, v. 18, p. 19-28, 2006.

LOPEZ, H.; CARAVIELLO, D. Z.; SATTER, L. D. et al. Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 88, n. 8, p. 2783-2793, 2005.

LOPEZ, H.; SATTER, L. D.; WILTBANK, M. C. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 81, n. 3-4, p. 209-223, 2004.

MACDONALD, K. A.; VERKERK, G. A.; THORROLD, B. S. et al. A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *J. Dairy. Sci.*, v. 91, p. 1693-1707, 2008.

MADALENA, F. E.; ABREU, C. P.; SAMPAIO, I. B. M. et al. Práticas de Cruzamentos em Fazendas Leiteiras Afiliadas à Cooperativa Central de Produtores Rurais de Minas gerais. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 26, n. 5, p. 924-934, 1997.

MADALENA, F. E.; PEIXOTO, M. G. C. D.; GIBSON, J. Dairy cattle genetics and its applications in Brazil. *Liver. Res. Rural Dev.*, n. 24, v.6, p. 1-49, 2012.

MATTOS, W. R. S. Limites de eficiência alimentar em bovinos leiteiros. 41^a Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande, MS, 2004.

MCGARRY, J. D.; e FOSTER, D. W. Regulation of hepatic fatty acid oxidation and ketone body production. *Ann. Rev. of Biochem.*, v. 49, n. 1, p. 395-420, 1980.

MELLENDEZ, P.; DONOVAN, A.; HERNANDEZ, J. et al. Milk, plasma, and blood urea nitrogen concentrations, dietary protein, and fertility in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v. 223, n. 5, p. 628-634, 2003.

MOREIRA, T. F.; FACURY FILHO, E. J.; BELLI, A. L. S. A. C. B. et al., Metabolic status of crossbreed F1 Holstein x Gyr dairy cows during the transition period in two different seasons in Brazil. *Semina: Ciênc. Agrar.* v. 39, n. 6, p. 2487-2500, 2018.

MULLINIKS, J. T.; BEARD, J. e KING, T. M. Invited review: Effects of selection for milk production on cow-calf productivity and profitability in beef production systems. *Appl. Anim. Sci.*, v. 31, n. 1, p. 70-77, 2020.

OLIVEIRA, C. S. F.; HOGEVEEN, H.; BOTELHO, A. M. et al. Cow-specific risk factors for clinical mastitis in Brazilian dairy cattle. *Prev. vet. Med.*, n. 121, v. 3-4, p. 297-305, 2015.

OLIVEIRA, L. H. Manejo de ordenha sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas f1 Holandês-Gir. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

OSORIO, J. S.; LOHAKARE, J. e BIONAZ, M. Biosynthesis of milk fat, protein, and lactose: roles of transcriptional and posttranscriptional regulation. *Physiol. Genomics.*, v. 48, p. 231-256, 2016.

OSPINA, P. A.; NYDAM, D. V.; STOKOL, T.; OVERTON, T. R. Associations of elevated non esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.* v. 93, n. 4, p. 1596-1603, 2010.

PALMQUIST, D. L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. *J. Nutr.*, v. 124, n. 8, p. 1377S-1382S, 1994.

PATERSON, J. Y. F. e LINZELL, J. L. Cortisol secretion rate, glucose entry rate and the mammary uptake of cortisol and glucose during pregnancy and lactation in dairy cows. *J. Endocrinol.*, v. 62, n. 2, p. 371-383, 1974.

PEIXOTO, R. T. Perfil metabólico e hormonal de vacas F1 holandês-zebu durante o pré e pós-parto e sua relação com a reprodução. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PONTES, J. H. F.; SILVA, K. C. F.; BASSO, A. C. et al. Large-scale *in vitro* embryo production and pregnancy rates from *Bos taurus*, *Bos indicus* an *indicus-taurus* dairy cows using sex sperm. *Theriogenology.* v.74, p. 1349-1355, 2010.

PULLEN D.L.; PALMQUIST D.L.; EMERY R.S. Effect on days of lactation and methionine hydroxy analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides. *J. Dairy Sci.*, v. 72, p. 49-58, 1989.

RABOISSON, D.; ALBAAJ, A.; NONNE, G. et al. High urea and pregnancy or conception in dairy cows: A meta-analysis to define the appropriate urea threshold. *J. Dairy Sci.*, v. 100, n. 9, p. 7581-7587, 2017.

REID, I. M.; ROBERTS, C. J.; BAIRD, G. D. The effects of underfeeding during pregnancy and lactation on structure and chemistry of bovine liver and muscle. *J. Agricult. Sci.*, v. 94, n. 1, p. 239-245, 1980.

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; GILBERT, R. O. et al. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 9, n. 1-2, p. 1-10, 2006.

RIBEIRO, L. S.; GOES, T. J. F.; TORRES FILHO, R. A. et al. Desempenhos produtivos e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 69, n.6, p. 1624-1634, 2017.

- ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, v. 92, n. 12, p. 5769-5801, 2009.
- ROCHE, J. R.; LEE, J. M.; MACDONALD, K. A. e BERRY, D. P. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pastures-based dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 90, p. 3802-3815, 2007.
- ROSA, P. P.; NUNES, L. P.; CHESINI, R.G. et al. Eficiência produtiva de vacas leiteiras primíparas e múltiparas-uma revisão. *Ciênc. Rural.*, v. 21, n. 2, p. 406-420, 2019.
- ROSSOW, H. A.; GOLDBERGER, H. M. e LEAN, I. J. Variation in milk production, fat, protein, and lactose responses to exogenous feed enzymes in dairy cows. *Appl. Anim. Sci.*, v. 36, p. 292-307, 2020.
- RUAS, J. R. M.; DA SILVA E. A.; QUEIROZ, D. S. et al., Características produtivas da lactação de quatro grupos genéticos F1 Holandês x Zebu. *R. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 21, n. 1, p. 33-37, 2014.
- RUAS, J. R. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Considerações sobre a produção de leite com vacas F1 Holandês x Gir. *Informe Agropecuário.*, v. 36, n. 286, p. 51-58, 2015.
- RUAS, J. R. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Variação de peso no pós-parto de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes ordens de parto. *R. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 20, n. 4, p. 227-233, 2013.
- RUAS, J.R.M.; BRANDÃO, F.Z.; FILHO, J.M.S. et al. Influência da frequência de ordenhas diárias sobre a eficiência produtiva de vacas mestiças Holandês-Zebu e o desempenho dos seus bezerros. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 2, p. 428-434, 2006.
- SALES, J. N. S.; IGUMA, L. T.; BATISTA; R. I. T. P. et al. Effects of a high-energy diet on oocyte quality and *in vitro* embryo production in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. *J. Dairy Sci.*, v. 98, p. 3086-3099, 2015.
- SANGSRITAVONG, S.; COMBS, D. K.; SARTORI, R. et al. High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 β in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 85, n. 11, p. 831-2842, 2002.
- SANTOS, A. S.; CALADARES FILHO, S. C.; DETMANN E. et al. Different forage source for F1 Holstein x Gir dairy cows. *Liv. Sci.*, v. 142, p. 48-58, 2011.
- SANTOS, G. B.; BRANDÃO, F. Z.; RIBEIRO, L. S. et al. Metabolic, follicular and embryo production responses of postpartum crossbred Holstein x Gir dairy cows fed diets with different energy levels. *Anim. Prod. Sci.* v. 59, n. 8, p. 1446-1453, 2019.
- SGUIZZATO, A. L. L.; MARCONDES, M. L.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Body composition changes of crossbred Holstein x Gyr cows and conceptus during pregnancy. *J. Dairy. Sci.*, v. 103, n. 3, p. 2773-2783, 2020.

SHELDON, I.M.; CRONIN, J.; GOETZE, L. et al. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. *Biol. Reprod.*, v. 81, n. 6, p. 1025–1032, 2009.

SILVA, M. V. G. B.; MARTINS, M. F.; CEMBRANELLI, M. A. R. et al. Programa de Melhoramento Genético da Raça F1 HG. Avaliação genética de vacas, 2016. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2016. 42p.

SILVA, M.V.G.B.; MARTINS, M.F.; CEMBRANELLI, M.A.R. et al. Programa de melhoramento genético da raça F1 HG. Avaliação genética de vacas, 2017. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2019. 40p.

SILVA, T. F. Correlação entre o crescimento bacteriano em placa com a contagem de células somáticas (CCS) e as contagem bacterianas total (CBT) de leite proveniente de vacas com mastites subclínica do norte e noroeste fluminense. 2007. 83f. Dissertação (Mestre em Produção animal). Programa de Ciência e Tecnologias Agropecuárias. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos Dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

SINCLAIR, K. D.; SINCLAIR, L. A.; ROBINSON, J. J. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: I. Adaptive changes in intake and metabolism to diets differing in their rate of energy and nitrogen release in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v. 78, n. 10, p. 2659-2669, 2000.

SPANCER, T. E. e BAZER, F. W. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reprod. Biol. Endocrinol.* v. 2, n. 49, p. 1-15, 2004.

STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; CLARK, J. H. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 73, n. 4, p. 938-947, 1990.

STOCKDALE, C. R. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: a review. *Aust. J. Exp. Agric.*, v. 41, n. 6, p. 823-839, 2001.

SURIYASATHAPORN, W.; SCHUKKEN, Y. H.; NIELEN, M.; BRAND, A. Low somatic cell count: a risk factor for subsequent clinical mastitis in a dairy herd. *J. Dairy. Sci.*, v. 83, n. 6, p. 1248-1255, 2000.

United States Department of Agriculture (USDA). Dairy and products annual. *Annual Dairy Report*. Brazil, 10 Sep. 2018. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br>. Acesso em: 24 de fevereiro 2021.

UVNAS-MOBERG, K.; JOHANSSON, B. LUPOLI, B.; SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. Oxitocin facilitates behavioural, metabolic and physiological adaptations during lactation. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v. 72, p. 225-234, 2001.

VEERKAMP, R. F. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy. Sci.*, v. 81, p. 1109-1119, 1998.

WALDRON, M. R.; THOMAS, R.; OVERTON, R. Effects of Inflammation on Nutrition: Is Sickness Causing Weakness in your Diets. In: *21st Annual Southwest Nutrition & Management Conference*. 2006.

WESTWOOD, C. T.; LEAN, I. J.; KELLAWAY, R. C. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review. Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *NZ Vet. J.*, v. 46, n. 4, p. 123-130, 1998. WILTBANK, M.; LOPEZ, H; SANGSRITAVONG, S.; GUMEN, A. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*. v. 65, p. 17-29, 2006.

ZWALD, N. R.; WEIGEL, K. A.; CHANG, Y. M. et al. Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. Incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. *J. Dairy Sci.*, v. 87, n.12, p. 4287-4294, 2004.

4. CAPÍTULO I

Parâmetros metabólicos durante o período de transição em primíparas F1 Holandês x Gir

(Metabolic parameters during the transition period in F1 Holstein x Gyr)

Resumo: O objetivo do presente estudo foi descrever o perfil metabólico de vacas primíparas F1 Holandês x Gir criadas em sistema de confinamento total, durante o período de transição. Para o estudo foram utilizadas 29 novilhas mestiças F1 Holandês x Gir (HG) diagnosticadas gestantes, em média, aos $20,36 \pm 0,96$ meses de idade e com peso vivo médio de $505,5 \pm 37,5$ Kg. Aos 30 dias antes da data prevista do parto, as novilhas foram alojadas em piquetes maternidade. O parto das novilhas foi monitorado em tempo integral e os bezerras foram imediatamente afastados das mães. Após o parto, as vacas foram transferidas para um galpão *free stall* dividido em cinco módulos com capacidade para 12 animais, com 12 cochos e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal. O escore de condição corporal foi acompanhado no pré e no pós-parto. Durante todo o período experimental os animais receberam dieta completa à vontade, duas vezes ao dia, sendo a primeira fornecida às 07:00h e a segunda às 15:00h. Foram realizadas coletas de sangue semanalmente nos dias -21, -14 e -7 do pré-parto, no dia do parto (D0), e nos dias 7, 14 e 21 após o parto para análises de glicose e ureia, e nos dias -7 pré-parto, e 7, 14 e 21 dias pós-parto para análises de ácidos graxos não esterificados e beta-hidroxibutirato. Verificou-se diferença significativa entre o consumo de matéria seca entre o período pré e pós-parto, sendo maior após o parto. O consumo médio de matéria seca na semana que precedeu ao parto foi de 1,6% do peso vivo, reduzindo para 1,49% no dia do parto e, posteriormente, o consumo se elevou para 2,61% do peso vivo aos sete dias pós-parto, com estabilização nos dias subsequentes. O escore de condição corporal foi maior na última semana antes do parto ($3,9 \pm 0,19$) e diferiu para os dias 7, 14 e 21 após o parto, que foram de $3,70 \pm 0,20$; $3,67 \pm 0,27$ e $3,8 \pm 0,22$ respectivamente. Todavia, o escore de condição corporal não diferiu entre os dias pós-parto, nos primeiros 21 dias de lactação. As concentrações de glicose foram semelhantes tanto no período do pré-parto quanto no pós-parto. As concentrações de ureia se mantiveram sem alterações desde o pré-parto até o pós-parto com exceção ao dia 7 após o parto, em que foi observada queda nas concentrações. Para o beta-hidroxibutirato as concentrações foram aumentando desde o pré-parto até o dia 21 após o parto. Foi evidenciada redução nas concentrações dos ácidos graxos não esterificados desde o pré-

parto até os dias 21 após o parto. Concluiu-se que vacas primíparas Holandês x Gir bem alimentadas durante o período de transição apresentam comportamento metabólico diferente a vacas especializadas na produção de leite. Vacas primíparas F1 Holandês x Gir conseguem consumir a quantidade de alimento necessário para atender às demandas de produção, sem apresentar redução de consumo de alimento, peso vivo e escore de condição corporal após o parto.

Palavras-chave: Metabolismo. Produção De Leite. Primíparas F1 Holandês X Gir.

Reprodução.

Abstract: the objective of this study was to describe the metabolic profile of primiparous F1 Holstein x Gyr cows raised in a free stall barn system during the period of transition. 29 hybrid F1 Holstein x Gyr (HG) heifers diagnosed pregnant were used, in average 20.36 ± 0.96 months old and with live weight of 505.5 ± 37.5 Kg. 30 days before the estimate birth date, the heifers were sheltered in maternity pickets. The birth of the heifers was monitored full-time, and the calves were immediately separated from the mothers. After birth, the cows were transferred to a free stall barn divided into five modules with capacity for 12 animals, with 12 troughs and two automatic drinking fountains with platforms for bodily weighing. The bodily condition score was monitored before and after birth. During all the experimental period, the animals received a full diet, twice a day, the first one provided at 7:00 and the second at 3:00pm. Blood was collected weekly on the -21th, -14th and -7th day before birth, on the birth day (D0) and on the 7th, 14th and 21st days for glucose and urea analysis, and on the -7th day before birth and 7th, 14th and 21st days after birth for non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate analysis. Significant difference between the dry food intake before and after birth was evidenced, being higher after birth. The average intake of dry food on the week preceding birth was 1.6% of the live weight, decreasing to 1, 49% on calving day and, subsequently, the intake increased to 2,61% of the live weight on the seventh day after birth, steady on the upcoming days. The bodily condition score was greater on the last week before birth (3.9 ± 0.19) and differed to the 7th, 14th and 21st days after birth that showed a score of 3.70 ± 0.20 ; 3.67 ± 0.27 and 3.8 ± 0.22 respectively. Furthermore, the bodily condition score did not differ among the days after birth, on the first 21 days of lactation. The glucose concentrations were similar in both before and after birth days. The urea concentrations maintained unaltered from before birth to after birth except for the 7th day after birth where a decrease in the concentrations was

evidenced. For the beta-hydroxybutyrate the concentrations increased gradually from before birth until the 21st day after birth. The concentrations of the non-esterified fatty acids decreased from before birth until the 21st day after birth. The conclusion was that primiparous F1 Holstein x Gyr cows having been well fed during the transition period demonstrated metabolic behavior different to cows specialized in milk production. Primiparous F1 Holstein x Gyr cows can consume the necessary quantity of food to attend the production demands, not presenting reduction in the food intake, weight, and body condition score after birth.

Keywords: Metabolism. Milk Production. Primiparous F1 Holstein X Gyr Cows. Reproduction.

Introdução

Durante o período de transição periparto, as vacas leiteiras especializadas experimentam mudanças endócrinas e metabólicas necessárias para preparar o organismo para a lactação (Drackley, 1999). Nessa fase, o rápido crescimento fetal, início da produção de colostro, queda na ingestão de alimentos e maior demanda nutricional são alterações fisiológicas que interferem no metabolismo da vaca leiteira (Bauman e Currie, 1980). Após o parto, verifica-se desequilíbrio entre a ingestão de nutrientes e a produção de leite, a vaca entra em balanço negativo de energia (BEN) e proteína e, para suprir as exigências nutricionais, ocorre mobilização de reservas corporais por meio da lipólise, culminando no aumento na concentração circulante de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e corpos cetônicos, como beta-hidroxibutirato (BHBA) (Bauman e Currie, 1980).

As concentrações de metabólitos circulantes, AGNE e BHBA, são comumente usadas como indicadores da maior ou menor intensidade do BEN durante o período de transição, porém, a elevação excessiva de AGNE e BHBA circulantes pode indicar dificuldade de adaptação do animal ao BEN (Ospina et al., 2010).

Trabalhos da literatura vem demonstrando associação de indicadores metabólicos (AGNE, BHBA e glicose) no período de transição e a probabilidade de desenvolvimento de doenças uterinas (Hammon et al., 2006). Estudo com vacas da raça Holandês demonstrou haver associação das concentrações plasmáticas de glicose e à ocorrência de metrite e endometrite clínica. Além disso, as vacas que tiveram maior intervalo do parto à concepção apresentaram concentrações plasmáticas de glicose mais elevadas do que as que ficaram gestantes nos primeiros 150 dias, enquanto o BHBA e os AGNE não estiveram associados a ocorrências de distúrbios uterinos (Bicalho et al., 2017).

A maioria dos estudos relacionando a influência do período de transição sobre a produção e reprodução de vacas leiteiras foi realizado com animais da raça Holandês ou com maior composição genética de raças taurinas (Leroy et al., 2005, Santos et al., 2019, Ribeiro et al., 2020). Todavia, é consenso que as variações metabólicas no período de transição, incluindo o balanço energético negativo, impactam de forma negativa na fertilidade das vacas leiteiras de alto mérito genético para a produção de leite, especialmente de raças europeias (Bakshi et al., 2017; Barletta et al., 2017).

Estudos do período de transição de fêmeas leiteiras mestiças F1 Holandês x Zebu, criadas em sistema de pastejo, tem demonstrado que as vacas apresentam variações metabólicas semelhantes às encontradas em vacas da raça Holandês (Carvalho et al., 2014; Barletta et al., 2017; Moreira et al., 2018), porém, poucos são os estudos realizados que caracterizam o perfil metabólico, o consumo de alimento, peso vivo e condição corporal de vacas primíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de confinamento total.

O objetivo do presente estudo foi descrever o perfil metabólico de vacas primíparas F1 Holandês x Gir criadas em sistema de confinamento total, durante o período de transição.

Material e Métodos

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Leite, segundo o protocolo nº 9264220317/17. A experimentação ocorreu no período entre 30/03/2017 e 30/04/2018, na Fazenda Experimental José Henrique Bruschi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Gado de Leite), em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil.

Animais, instalações e dietas

Foram utilizadas 29 novilhas mestiças F1 Holandês x Gir (HG) gestantes com peso vivo médio de $505,5 \pm 37,5$ kg. Aos 30 dias antes da data prevista para o parto, as novilhas foram alojadas em piquetes maternidade formados por *Cynodon dactylon x nlemfuensis* que possuíam 12 cochos eletrônicos (AF-1000, Intergado® Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal (VW-1000, Intergado® Ltda.). Brincos eletrônicos de radiofrequência foram fixados na orelha dos animais, visando a identificação e consumo durante o acesso aos cochos de alimentação e aos bebedouros.

Os pesos vivos das novilhas dois dias antes e dois dias após o parto foram de $602,1 \pm 40,3$ kg e de $573,1 \pm 46,8$ kg, respectivamente. O parto das novilhas foi monitorado em tempo

integral e os bezerros foram imediatamente afastados das mães, pesados e manejados de acordo com o protocolo da fazenda experimental. Após o parto, as vacas foram transferidas para um galpão *free stall* dividido em cinco módulos com capacidade para 12 animais, com 12 cochos (AF-1000, Intergado® Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal (VW-1000, Intergado® Ltda.) em cada módulo, de tal forma que cada vaca tinha acesso à somente um cocho, enquanto os bebedouros ficavam acessíveis para todo o grupo de animais do respectivo módulo. Assim, os consumos individuais da dieta e o peso vivo foram registrados diariamente de forma automatizada. O peso vivo médio diário por animal foi considerado pelo cálculo médio de todas as pesagens realizadas no dia. O escore de condição corporal (Escala 1= muito magra, 5= muito gorda; Roche et al., 2009) foi acompanhado no pré (sete dias antes do parto) e no pós-parto (dias 7, 14 e 21), por meio da inspeção e palpação da garupa, íleos, ísquios e regiões lombar e costal (Carvalho, 2009). Os animais receberam dieta completa à vontade, duas vezes ao dia, formulada de acordo com NRC (2001), sendo a primeira fornecida às 07:00h e a segunda às 15:00h. A composição bromatológica da dieta foi alterada de acordo com o período pré-parto (Tabela 1) ou pós-parto.

Análises químicas dos alimentos

Após descongelamento natural, as amostras de alimentos foram pesadas, pré-secas em estufa com ventilação forçada (regulada a 55^o C, durante 72 horas) e processadas em moinho tipo Willey dotado de peneira com orifícios de 1 mm. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, Minas Gerais).

As análises químicas das amostras dos alimentos e das fezes foram realizadas seguindo os métodos da AOAC (1995), para matéria seca (método 967.03), cinzas (método 942) e extrato etéreo (método 920.39). As análises para quantificação dos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991), sendo adicionada alfa-amilase estável durante os processos de lavagem com os detergentes aniônico e catiônico, respectivamente, a fim de solubilizar toda a fração do amido presente na amostra, conforme sugerido nestas metodologias. Os valores de proteína bruta, foram calculados pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995). Os teores de carboidratos não fibrosos foram calculados usando a equação proposta por Hall et al. (1999): $CNF = 100 - (PB + FDN + EE + CZ)$. As concentrações de energia bruta dos alimentos, sobras, fezes e urina foram determinadas por combustão em calorímetro adiabático IKA (IKA® C-5000, Campinas, Brasil), modelo PARR

2081 (AOAC, 1995), e o teor de nitrogênio foi estabelecido seguindo o método de Kjeldahl (AOAC, 1995).

Tabela 1. Ingredientes e Composição química das dietas experimentais no período do pré-parto e pós-parto

	Pré-parto	Pós-parto
Ingredientes (g/kg de MS)		
Silagem de Milho		593,0
Silagem de <i>Cynodon</i>	834,6	-
Feno de <i>Tifton</i>		23,0
Farelo de Soja	89,8	198,8
Milho Moído	44,0	164,0
Mix Mineral Pré Parto ¹		-
Mix Mineral Lactação ²	21,8	18,0
Ureia		2,4
Fosfato Bicálcico	7,3	-
Óxido de Magnésio	1,0	-
Sal	1,0	-
Sulfato de amônio	0,7	-
Composição química (g/kg de MS)		
Matéria Seca	332,38	536,4
Matéria Orgânica	887,05	928,0
Proteína Bruta	110,23	169,7
Fibra em Detergente Neutro	663,76	323,7
Extrato Etéreo	21,78	33,5
Cinzas	112,97	71,9
Carboidratos Não Fibrosos	91,26	400,7
Energia Bruta (Mcal/MS)	4,6	4,4

¹ Mix mineral pré-parto: cálcio (136,9 g / kg), fósforo (20,8 g / kg), magnésio (43,4 g / kg), enxofre (53,2 g / kg), sódio (25 g / kg), ferro (500 mg / kg), cobre (500 mg / kg), zinco (2.000 mg / kg), manganês (1.333,40 mg / kg), iodo (50,6 mg / kg), cobalto (10 mg / kg), selênio (13,30 mg / kg), flúor máx (208 mg / kg), vitamina A (400.000 U.I. / kg), vitamina D3 (400.000 U.I. / kg), vitamina E (10.000 U.I / kg).

² Mix mineral: cálcio (150 g / kg), fósforo (60 g / kg), magnésio (15 g / kg), enxofre (17 g / kg), sódio (57 g / kg), ferro (1.500 mg / kg), cobre (1.300 mg / kg), zinco (3.000 mg / kg), manganês (1.300 mg / kg), iodo (100 mg / kg), cobalto (100 mg / kg), selênio (30 mg / kg), flúor (600 mg / kg), vitamina A (220.000 U.I. / kg), vitamina D3 (60.000 U.I. / kg), vitamina E (1.000 U.I / kg).

Manejo pós-parto

Após o parto, o animal foi colocado em brete de contenção para fornecimento de solução eletrolítica oral, por meio de sonda oro-esofágica. O *drench* foi composto por 160g de cloreto de sódio, 20g cloreto de potássio, 10g de cloreto de cálcio e 300mL de propilenoglicol, em 30 litros de água. Posteriormente, o animal foi conduzido ao galpão *free stall* e foi estabelecida a rotina de ordenha.

A produção diária de leite foi registrada utilizando-se medidores automáticos de leite, acoplados ao sistema de ordenha (DeLaval[®], HB30). Os animais foram ordenhados sem a presença dos bezerros e sem aplicação de ocitocina exógena, três vezes ao dia (7:30, 12:00 e 15:00 horas) nos primeiros 21 dias e, posteriormente, duas vezes ao dia (7:30 e 15:00 horas) até o encerramento da lactação. Semanalmente, por dois dias consecutivos, em duas ordenhas, foram obtidas amostras individuais de leite conservadas em frascos com capacidade de 50mL contendo conservante Bronopol[®], na concentração de 0,05g/100mL de leite (*International Dairy Federation*; IDF-FIL, 1995). As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análises de Leite da Embrapa Gado do Leite (Juiz de Fora, Minas Gerais) para determinação dos teores de gordura, proteína, lactose, uréia e contagem de células somáticas (CCS) durante a lactação, por meio da técnica de espectrometria de absorção infravermelha (Bentley 2000; Bentley Instruments Inc., Chasca, Minnessota, USA). As produções médias de leite total na lactação e diária das vacas primíparas F1 Holandês x Gir foram de $4.695,4 \pm 1,257,2$ kg e de $15,4 \pm 4,1$ kg, respectivamente.

Os animais foram submetidos a acompanhamento clínico diário após a primeira ordenha, até 21 dias pós-parto (dpp). O acompanhamento incluiu avaliações de temperatura retal, parâmetros clínicos como frequência cardíaca, frequência respiratória e escore de hidratação (via análise do tempo de perfusão, com pressão dos dedos sobre mucosa oral).

Dosagens de metabólitos no sangue

As coletas de sangue foram realizadas em tubos contendo EDTA, fluoreto (dosagem de glicose) e tubos sem anticoagulante. As coletas para dosagem de glicose e ureia no plasma foram realizadas semanalmente por punção endovenosa coccígea nos dias -21, -14 e -7 do pré-parto, no dia do parto (D0), e nos dias 7, 14 e 21 após o parto. Os ácidos graxos não esterificados e beta-hidroxibutirato séricos foram dosados em amostras coletadas nos dias -7 pré-parto, e 7, 14 e 21 dias pós-parto. Após as coletas, o sangue foi centrifugado a 300G por 15 minutos e o

plasma ou soro estocados a - 20°C até a análise. A glicose foi analisada pelo método enzimático de glicose oxidase (Vet Glicose Liquiform, Labtest[®], Brasil) e a ureia analisada pelo método enzimático por fotometria em ultravioleta usando cineética de dois pontos (Vet Ureia UV Liquiform, Labtest[®], Brasil), utilizando-se analisador bioquímico semiautomático TP Analyzer Plus (Thermo Plate[®]) do Laboratório de Reprodução Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Os ácidos graxos não esterificados e beta-hidroxibutirato foram dosados por meio de kit enzimático (Randox NEFA FA115 e Randox BHBA RB1007, Randox[®] Laboratories Limited, Antrim, Ulster, United Kingdom), usando analisador bioquímico automático Cobas Mira Plus (La Roche[®] Ltda, Basel, Suíça) no laboratório da Escola de Veterinária da UFMG, seguindo as recomendações do fabricante.

Análises estatísticas

Para testar as diferenças levando-se em consideração o tempo, foram ajustados modelos de equações de estimativas generalizadas para cada variável resposta. Estes modelos de regressão são adequados a dados com realização de medidas repetidas no mesmo indivíduo ao longo do tempo, sendo bastante flexíveis quanto à distribuição de probabilidade da variável resposta (Guimarães e Hirakata, 2012). Foi ajustado um modelo separado para cada variável resposta mensurada, sendo que o tempo foi utilizado como preditor (variável independente). O tempo foi tratado nesses ajustes como discreto e dessa forma, foram estimados uma média para cada tempo t para cada grupo i . Caso houvesse apenas um grupo, então foi estimada apenas uma média por tempo.

$$\mu_{tij} = \beta_{ti} \quad \text{Eq.1}$$

Dessa forma, ao invés de se ajustar uma curva suavizada aos dados temporais, avaliaram-se as diferenças par-a-par entre cada dupla de dias, similar a um teste ANOVA.

Para todas as variáveis foi utilizada uma estrutura de autocorrelação temporal de simetria composta ($cor(\varepsilon_{tij}, \varepsilon_{t'ij}) = \rho$ para $t \neq t'$). Após o ajuste do modelo, testou-se o efeito do tempo de forma global (*overall*) e calcularam-se os valores médios e seus respectivos intervalos de 95% de confiança. Para verificar a significância da diferença entre cada tempo, foi necessária a aplicação testes de comparações múltiplas (*pairwise*). Para estes testes aplicou-se a correção de Tukey. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do *software* R versão 3.6.1 (R Core Team, 2019).

Resultados e Discussão

O consumo médio de matéria seca no período do pré-parto foi de $8,5 \pm 0,9$ kg/dia, com ganho de peso médio diário de $0,3 \pm 0,5$ kg. Os consumos médios diários de matéria seca foram de $7,85 \pm 1,75$; $8,58 \pm 2,23$; $9,76 \pm 1,47$ e $8,88 \pm 1,73$ kg/dia nos dias -21, -14, -7 e parto, respectivamente, não sendo observada diferença ($P > 0,05$) entre os dias antes do parto, porém houve aumento de $1,03 \pm 0,2$ kg de matéria seca entre o dia 21 antes do parto e o dia do parto. Verificou-se diferença ($P < 0,05$) entre o consumo de matéria seca (kg/dia) entre o período pré e pós-parto, sendo maior após o parto. O consumo médio de matéria seca na semana que precedeu ao parto foi de 1,6% do peso vivo, reduzindo para 1,49% no dia do parto e, posteriormente, o consumo se elevou para 2,61% do peso vivo aos sete dias pós-parto, com estabilização nos dias subsequentes.

O consumo médio de matéria seca, escore de condição corporal, peso vivo e produção de leite durante o período de transição de vacas primíparas F1 Holandês x Gir está na figura 1.

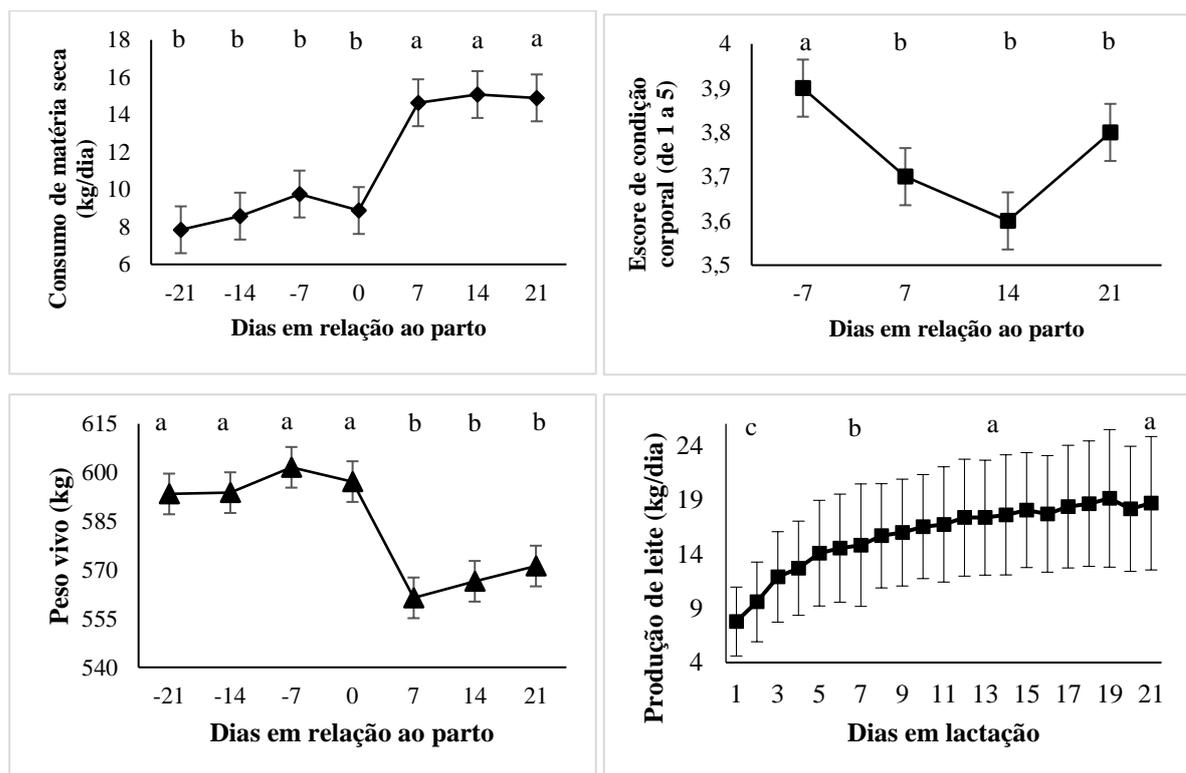


Figura 1. Consumo médio de matéria seca, escore de condição corporal e peso vivo durante o período de transição em vacas primíparas F1 Holandês x Gir. Letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O comportamento do consumo de matéria seca das vacas primíparas F1 Holandês x Gir do presente estudo difere do padrão relatado para vacas leiteiras da raça Holandês que apresentam redução no consumo de alimento no pré-parto (Friggens, 2003), em decorrência de

fatores como estresse, redução na concentração de progesterona e aumento estrógeno no final da gestação assim como as dramáticas mudanças fisiológicas associadas ao período de transição o que pode contribuir com a grande variação na ingesta de alimento (Grummer, 1993; Grummer, 1995; Drackley 1999). Em vacas leiteiras multíparas da raça Holandês foi evidenciado redução de consumo nos dias que antecedem ao parto sendo, em média, de 13,8 kg/dia aos 21 dias antes do parto e 7,6 kg no dia do parto e, posteriormente, aumenta lentamente nas semanas após o parto (Doepel et al., 2002; Bruckmaier e Gross, 2017). Já está estabelecido que ocorre redução no consumo de matéria seca à medida que o parto se aproxima. O CMS reduz aproximadamente de 2% do peso vivo no início do período seco para 1,4% do peso vivo nos dias 7 a 10 pré-parto. Essa redução de 30% no CMS acontece rapidamente no período de transição (Bertics et al., 1992; Hayirli et al., 1998; Robinson e Garrett, 1999). Durante as três primeiras semanas pós-parto o CMS aumenta a taxa de 1,5 a 2,5 kg/semana (Grant e Albright, 1995), com esse aumento sendo mais rápido em vacas multíparas que nas primíparas (Kertz et al., 1991; Robinson e Garrett, 1999). Entretanto, a variação individual na redução de consumo no pré-parto e o aumento no consumo pós-parto é considerada significativa (VandeHaar e Donkin, 1999). Para vacas F1 Holandês x Gir no final da gestação, o consumo médio de matéria seca foi de 8,8 kg/dia (Lage, 2015), semelhante ao verificado no presente estudo.

Após o parto foi evidenciado aumento no consumo de matéria seca em relação ao pré-parto e foi, em média, de $14,89 \pm 2,21$ kg, sem diferença nas três primeiras semanas de lactação ($P > 0,05$). O consumo de matéria seca no período pós-parto é inferior ao encontrado em vacas primíparas da raça Holandês que foi, em média, de $19,4 \pm 0,2$ kg/dia (Carvalho et al., 2014). Para as vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir do presente experimento, o padrão de consumo de alimentos pós-parto foi semelhante ao das vacas mestiças multíparas F1 Holandês x zebu (Carvalho, 2009), porém, diferentes do encontrado em vacas primíparas da raça Holandês que é caracterizado por aumento lento no consumo de matéria seca logo após o parto (Huzzey et al., 2005; Carvalho et al., 2014). No presente estudo a diferença média no consumo diário de matéria seca entre o dia 21 antes do parto e o dia 21 depois do parto foi de $7,14 \pm 0,55$ kg, diferindo ($P < 0,05$) em 52,6% entre os dois períodos.

A diminuição da ingestão de matéria seca no período do pré-parto pode ser atribuída à diminuição do volume ruminal, devido ao espaço ocupado pelo feto no final da gestação, assim como a fatores hormonais, fisiológicos e imunológicos relacionados a esse período (Wankhade et al., 2017).

Uma das estratégias para controlar o consumo excessivo de energia no período do pré-parto, que é prejudicial para a saúde e para a função hepática da vaca no pós-parto, é usar alimentação com dietas à base de fibras contendo mais de 400g/kg de FDN durante o período antes do parto. Uma das maneiras para esse manejo é a adição de forragem de baixa qualidade, como palha de trigo picada ou feno de aveia, o que aumentara o teor de fibra na dieta, limitando o consumo de matéria seca voluntário (NRC, 2001).

A seleção genética de animais com maior potencial para produção de leite está correlacionada com as maiores concentrações circulantes de hormônio de crescimento, hormônio catabólico, e menores concentrações de insulina, com função anabólica (Bonczek et al., 1988). Estudos tem encontrado diferentes concentrações circulantes de insulina entre vacas Holandês e mestiças F1 Holandês x Gir. Para exemplificar, Lucy (2008) encontrou valores médios de insulina de $3,1 \pm 0,1 \mu\text{U/mL}$ para vacas de raça Holandês com alto mérito genético para produção leiteira, enquanto Carvalho (2009) e Peixoto (2011) verificaram concentrações de insulina de 6,41 a 7,71 $\mu\text{U/mL}$ e entre 8,1 e 9,2 $\mu\text{U/mL}$, respectivamente. Uma vez que maiores consumos de matéria seca estão relacionados com maiores concentrações de glicose e, por consequência, maior resposta de secreção de insulina, provavelmente a não limitação de consumo de vacas mestiças F1 Holandês x Gir poderiam levar a maior taxa de ganho de peso e deposição de reservas corporais de gordura, devido aos efeitos anabólicos desse hormônio. Logo, a limitação do consumo de energia na dieta pode ser uma forma de se evitar que os animais venham aumentar o escore de condição corporal ao parto, acima do recomendado para vacas leiteiras (Lago et al., 2001).

Fêmeas primíparas devem ser bem alimentadas durante a lactação uma vez que possuem maior exigência nutricional para atender às demandas de manutenção, crescimento e produção de leite. Em fêmeas da raça Holandês, após o parto, a demanda nutricional não é atendida pela ingestão do alimento, uma vez que a ingestão de matéria seca é menor que o necessário para atender as exigências para produção de leite (Drackley, 2004). Ao contrário do verificado em vacas da raça Holandês lactantes, fêmeas primíparas F1 Holandês x Gir do presente experimento apresentaram curva de consumo de matéria seca crescente nos primeiros sete dias de lactação. A mudança na dieta pós-parto, aumentando a proporção de concentrado e de carboidratos não estruturais, visando sustentar o aumento na produção de leite pode estar relacionada com a rápida inflexão na curva de consumo de matéria seca. O aumento no consumo de matéria seca no início da lactação é responsável pela manutenção de níveis glicêmicos mais estáveis na circulação sanguínea, visando fornecer glicose para a síntese de lactose pela

glândula mamária. Ao atender a demanda de produção de leite por meio da dieta pós-parto, verifica-se menor taxa de mobilização de tecido adiposo nas duas semanas iniciais da lactação, referendado pela redução na concentração circulante de ácidos graxos livres (Figura 2).

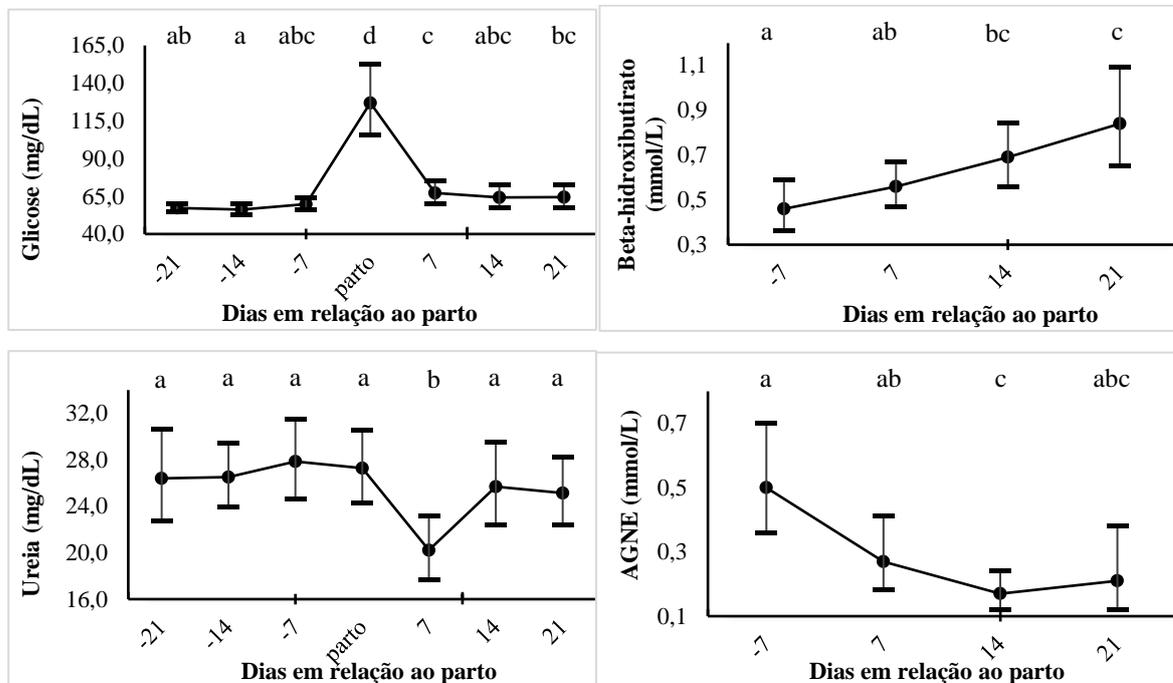


Figura 2. Concentrações plasmáticas e séricas de glicose, ureia, beta-hidroxibutirato e ácidos graxos não esferificados (AGNE) durante o período de transição de vacas primíparas F1 Holandês x Gir. Letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O peso vivo médio no pré-parto não diferiu ($P > 0,05$) entre os dias -21, -14, -7 e no dia do parto, sendo, em média, de $596,26 \pm 32,62$ Kg. O peso vivo médio após o parto, nos dias 7, 14 e 21, foram em média de $566,36 \pm 47,27$ kg, não diferindo ($P > 0,05$) entre os dias pós-parto. Já, quando se compara a média do peso vivo entre o período pré e pós-parto foi verificada diferença ($P < 0,05$) entre os dois períodos, sendo que logo após o parto os animais apresentaram menor peso vivo médio. A diferença média entre o peso vivo no dia do parto e após o parto foi de $35,86 \pm 8,28$ kg. Após o parto é esperado que ocorra redução no peso vivo devido à expulsão do feto, involução uterina, expulsão de placenta e fluidos placentários. Estudo com vacas múltiplas F1 Holandês x Gir verificou que aos 270 dias de gestação, 1,8% do peso vivo vazio correspondia ao peso do útero, 0,7% ao peso da placenta, 0,92% de fluidos placentários, e 6,5% ao peso da cria (Sguizzato et al., 2020). No presente experimento foi evidenciado que o peso médio dos bezerros correspondeu a 6,5% do peso no final da gestação, tal como relatado por esse autor.

Ruas e colaboradores (2013) estudaram vacas lactantes F1 Holandês x Zebu mantidas em pastagens e compararam a variação de peso vivo entre diferentes ordens de parto. Foi evidenciado que fêmeas primíparas Holandês x Gir perderam peso no início da lactação, diferentemente do comportamento das vacas primíparas das bases genéticas Holandês x Guzerá, Holandês x Nelore e Holandês x Azebuado, cujo peso vivo apresentou comportamento crescente logo após o parto. Para o presente estudo, apesar das vacas estarem em sistema de confinamento total e alimentação *ad libitum*, o comportamento do peso vivo para as primeiras três semanas de lactação foi semelhante aos encontrados por Ruas et al. (2013).

Da mesma forma que para o peso vivo, houve perda ($P < 0,05$) de escore de condição corporal quando comparado aos dados da última semana pré-parto, em relação aos primeiros 21 dias após o parto. O escore de condição corporal foi maior na última semana antes do parto ($3,9 \pm 0,19$) e diferiu ($P < 0,05$) para os dias 7, 14 e 21 após o parto, que foram de $3,70 \pm 0,20$; $3,67 \pm 0,27$ e $3,8 \pm 0,22$ respectivamente. Todavia, o escore de condição corporal não diferiu entre os dias pós-parto, nos primeiros 21 dias de lactação. Assim como observado em raças especializadas para produção de leite da raça Holandês, nas vacas mestiças F1 Holandês x Gir houve perda na condição corporal dos animais no início da lactação, em comparação com os dias pré-parto (Carvalho et al., 2014; Barletta et al., 2017; Moreira et al., 2018).

Moreira et al. (2018) observaram que, durante o verão, vacas múltíparas F1 Holandês x Gir com produção média de $21,8 \pm 4,3$ Kg/dia, mantidas em sistema de semiconfinamento, não apresentaram diferenças no escore de condição corporal entre as três semanas pré-parto, ao parto e até os 30 dias de lactação. Ao contrário, no inverno, foi observada diferença na condição corporal três semanas antes do parto e o período pós-parto. Durante o inverno o escore de condição corporal no pré-parto foi maior ($4,2 \pm 1,1$) quando comparado com o verão ($3,6 \pm 0,3$), possivelmente devido ao consumo de alimentos de melhor qualidade durante o período de suplementação, em relação à época das chuvas em que os animais são mantidos em regime de pastejo. O escore de condição corporal no pré-parto é influenciado pelo consumo de alimento nesse mesmo período (Roche et al., 2009). Animais mestiços Holandês x Zebu suplementados apresentam maior escore de condição corporal quando comparados com animais que não foram suplementados (Carvalho et al., 2009). No presente experimento as fêmeas foram suplementadas desde os 30 dias da data prevista para o parto.

A avaliação do escore corporal tem sido amplamente usada na prática para monitorar o grau dos estoques de gordura corporal e das perdas durante os diferentes estádios da lactação (Roche et al., 2009). Apesar de sua razoável acurácia para avaliação dos estoques subcutâneos

de tecido adiposo, a avaliação do ECC pode ser menos efetiva como preditor dos estoques de gordura interna ou intramuscular (Wright e Russell, 1984).

Em comparação com a recomendação de escore de condição corporal ao parto entre 3,0 e 3,50 (escala de 1 a 5) para vacas leiteiras de alta produção (Chagas et al., 2007; Roche et al., 2009), as vacas do presente estudo poderiam ser consideradas com escore acima do recomendado. Contudo, deve-se levar em consideração possíveis diferenças relacionadas com a forma de deposição das reservas de tecido adiposo, subcutânea ou visceral, entre diferentes bases genéticas das vacas leiteiras puras ou mestiças Holandês x Zebu (Carvalho et al., 2018; Lage, 2015). O tecido adiposo de diferentes sítios do organismo apresenta diferentes atividades metabólicas, tais como sua sensibilidade aos estímulos lipolíticos (Giorgino et al., 2005), bem como com suas características secretórias (Hamdy et al., 2006; Fontana et al., 2007), e tem sido verificado que o tecido adiposo visceral tem alta atividade lipolítica durante o início da lactação (Reynolds et al., 2003). Esses dados podem indicar que mais estudos são necessários para recomendar os escores de condição corporal ideais nas diferentes fases da vida produtiva da vaca leiteira.

A produção de leite nos primeiros 21 dias de lactação apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os dias dois, sete e quatorze de lactação com valores de $9,5 \pm 3,67$ kg, $14,8 \pm 5,6$ kg e $17,61 \pm 5,53$ kg de leite respectivamente, porém não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os dias 14 e 21 de lactação com valores de $17,61 \pm 5,53$ kg e $18,68 \pm 6,14$ kg respectivamente. Para as variáveis de qualidade do leite não foram observadas diferenças entre o percentual de gordura, proteína, e lactose que apresentaram média de $4,22 \pm 0,49\%$, $3,31 \pm 0,24\%$ e $4,67 \pm 0,28\%$ nos primeiros 21 dias de lactação. Para a contagem de células somáticas ($\times 1000$) e nitrogênio ureico no leite também não foram observadas diferenças entre os valores nos primeiros 21 dias de lactação, os quais apresentaram valores médios de $131,78 \pm 181,97$ e $18,48 \pm 2,4$ mg/dL respectivamente.

As concentrações plasmáticas de glicose não diferiram ($P > 0,05$) entre os dias de coleta pré-parto, sendo de $57,3 \pm 1,02$ mg/dL, $56,2 \pm 1,37$ mg/dL e $59,7 \pm 1,41$ mg/dL nos dias -21, -14, e -7, respectivamente. No dia do parto (0) houve pico de glicose ($127,0 \pm 8,19$ mg/dL) que diferiu ($P < 0,05$) das concentrações do pré-parto e do pós-parto. Nos dias 7, 14 e 21 pós-parto, os valores glicêmicos reduziram para $67,1 \pm 2,71$, $64,2 \pm 2,68$ e $64,4 \pm 2,66$ mg/dL, respectivamente. Os valores encontrados para as concentrações de glicose plasmáticas no presente estudo são semelhantes aos encontrados por Peixoto (2011) com vacas múltiparas F1 Holandês x Zebu no período do pré-parto ($58,3$ mg/dL). Contudo, foram superiores aos

encontrados por Moreira et al. (2018) em vacas multíparas F1 Holandês x Gir que, em média, verificaram 49,3 mg/dL; 48,4mg/dL e 47,6mg/dL nos dias 21, 14 e 7 antes do parto, respectivamente. No dia do parto o aumento na concentração circulante de glicose decorre do aumento das concentrações de glucagon e glicocorticoides que promovem a depleção dos estoques de glicogênio hepático (Grummer, 1995), bem como de cortisol devido ao estresse do parto, capaz de estimular a gliconeogênese (Bauman e Curie, 1980).

Deve-se levar em consideração que, após o parto, as novilhas foram submetidas a mudanças na dieta e manejo, começando rotina de três ordenhas diárias, além das mudanças no ambiente de criação e na nutrição do período pré-parto (piquete) para o pós-parto (*free stall*). As concentrações mais baixas de glicose na semana antes do parto também podem ser atribuídas à dieta que era baseada em silagem de capim estrela (*Cynodon nlemfuensis*) e, no pós-parto, mudou para silagem de milho que aumenta a produção de propionato ruminal e, conseqüentemente, da produção de glicose (Moreira et al., 2018). Após o dia 7, as concentrações de glicose foram semelhantes (65,7 e 66,1mg/dL) às encontradas em vacas mestiças F1 Holandês x zebu criadas em sistemas de pastejo com suplementação total (Carvalho, 2009; Peixoto, 2011).

Ao comparar as concentrações sanguíneas de glicose das vacas primíparas do presente estudo, com o encontrado em vacas leiteiras da raça Holandês com produção média de $24,43 \pm 7,90$ Kg/leite/dia (Lago et al., 2004), os valores foram superiores, sendo de 52,85 mg/dL, 45,11 mg/dL e 43,13 mg/dL na primeira, segunda e terceira semana pós-parto, respectivamente. Da mesma forma, Leroy et al. (2004) verificaram redução nas concentrações de glicose sanguínea em vacas da raça Holandês nos primeiros 21 dias após o parto, e o autor correlacionou a baixa glicemia com a menor fertilidade dos rebanhos leiteiros. Segundo Garverick et al. (2013), vacas que se tornaram gestantes à primeira inseminação foram as que apresentavam maior concentração de glicose nos dias 3, 7 e 21 após o parto.

As concentrações médias de ureia no plasma permaneceram estáveis no período de transição, exceto no dia 7 após o parto com menores valores (Figura 2). Foram encontrados os valores de $26,3 \pm 1,40$ mg/dL, $26,5 \pm 0,98$ mg/dL, $27,8 \pm 1,22$ mg/dL, $27,2 \pm 1,12$ mg/dL, $20,2 \pm 0,99$ mg/dL, $25,6 \pm 1,26$ mg/dL e $25,1 \pm 1,05$ mg/dL para os dias -21, -14, -7 pré-parto, dia do parto, e dias 7, 14 e 21 pós-parto, respectivamente. Os valores de referência de ureia sanguínea para vacas em lactação estão entre 15 mg/dL e 40 mg/dL (Patino, 2000). Concentrações sanguíneas de ureia inferiores às encontradas no presente estudo foram verificadas em vacas lactantes multíparas F1 Holandês x Gir durante a estação chuvosa, quando os animais eram

mantidos a pasto ($15,94 \pm 6,47$ mg/dL) e, durante a estação seca, período em que os animais eram suplementados no cocho com dieta à base de silagem de milho e concentrado, os valores foram de $18,78 \pm 5,81$ mg/dL (Carvalho, 2009). A maior concentração de ureia no plasma de vacas recebendo suplementação pode estar relacionada a *déficit* energético ruminal ou à maior ingestão de concentrado com maior teor de proteína (Carvalho 2009). Leroy et al. (2004) observaram que as concentrações de ureia aumentaram durante a primeira semana pós-parto e permaneceram altas nas semanas posteriores, em vacas multíparas da raça Holandês de alta produção.

As concentrações de beta-hidroxibutirato diferiram ($P < 0,05$) entre o dia 7 pré-parto ($0,46 \pm 0,04$ mmol/L) e os dias 14 e 21 pós-parto ($0,69 \pm 0,05$ mmol/L e $0,84 \pm 0,08$ mmol/L), respectivamente. As concentrações desse corpo cetônico encontra-se dentro da normalidade, tanto no pré ($< 0,5$ mmol/L) quanto no pós-parto (1,0 mmol/L) em vacas leiteiras saudáveis (Patino et al., 2000). Acima dos valores de referência os animais são predispostos à cetose, subclínica ou clínica de graus variáveis, que podem estar associadas à redução do apetite, perda excessiva de peso corporal, produção de leite reduzida, odor a cetona no hálito, fezes duras e secas e redução da atividade. A cetose é comum no início da lactação e está associada ao balanço energético negativo em vacas leiteiras (Chalmeh et al., 2015; Opsomer, 2015; Moreira et al., 2018). No presente estudo não foram evidenciadas doenças metabólicas nas vacas durante o período experimental possivelmente devido ao aumento paralelo do consumo de matéria seca e da produção de leite após o parto. Também, mesmo estando submetidas a regime de três ordenhas diárias nos primeiros 21 dias de lactação, foi evidenciada manutenção do peso vivo e do escore de condição corporal nos primeiros 21 dias após o parto. Moreira et al. (2018), em estudo com 120 vacas lactantes multíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de semiconfinamento, encontraram valores semelhantes em relação ao encontrado no presente estudo, para as concentrações de beta-hidroxibutirato no dia 7 antes do parto (0,41 mmol/L) e, para os dias 10, 15 e 21 após o parto, as concentrações foram de 0,72 mmol/L, 0,76 mmol/L e 0,75 mmol/L, respectivamente.

Em vacas multíparas leiteiras da raça Holandês (Wang et al., 2021) foram encontradas concentrações mais elevadas de beta-hidroxibutirato no pós-parto ($1,65 \pm 1,30$ mmol/L), em comparação com as vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir do presente estudo. Para vacas multíparas da raça Holandês com produção média de 23,6 Kg/leite/dia, as concentrações de beta-hidroxibutirato pré-parto estiveram dentro da normalidade ($0,43 \pm 0,14$ mmol/L), porém, aos 10 dias pós-parto as concentrações foram consideradas elevadas e fora da

normalidade ($1,65 \pm 1,30\text{mmol/L}$) (Opsomer, 2015; Wang et al., 2021). Leroy et al. (2004) encontraram valores superiores em vacas lactantes multíparas Holandesas com produção média de 9.200Kg/leite/dia , quando comparado com os valores considerados normais no pré-parto e no pós-parto. Esses autores verificaram que as concentrações séricas de beta-hidroxibutirato aumentam gradualmente após o parto até atingir o pico por volta do dia 33 ($1,62 \pm 0,34\text{mmol/L}$), indicando que as vacas apresentavam cetose subclínica do pré-parto até os 33 dias após o parto, retomando os valores considerados normais no dia 40 após o parto (Leroy 2006).

Foram verificadas diferenças ($P < 0,05$) para as concentrações séricas de ácidos graxos não esterificados entre o dia -7 pré-parto ($0,50 \pm 0,06\text{mmol/L}$) e o dia 14 do pós-parto ($0,17 \pm 0,02\text{mmol/L}$). A curva das concentrações de AGNE demonstra redução nos valores do pré-parto para os dias 7, 14 e 21 pós-parto, sendo de $0,27 \pm 0,04$, $0,17 \pm 0,02$ e $0,21 \pm 0,05\text{mmol/L}$, respectivamente. As concentrações circulantes dos AGNE indicam a intensidade de mobilização de tecido adiposo e, indiretamente, o consumo de matéria seca (Opsomer, 2015).

O perfil dos AGNE das vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir do presente estudo demonstra baixas concentrações circulantes, que pode estar relacionado com as curvas do peso vivo, escore de condição corporal e consumo de matéria seca. Nos animais do presente estudo, a perda de condição corporal na semana que antecedeu o parto esteve associada à maior concentração de AGNE verificada no dia 7 pré-parto. Peixoto (2011) e Moreira et al. (2018) observaram que vacas mestiças Holandês x Zebu de diferentes ordens de parto, criadas a pasto com suplementação no cocho, apresentaram comportamento semelhante ao observado em vacas da raça Holandês (Chalmeh et al., 2015; Barletta et al., 2017), em que foi verificado aumento nas concentrações de AGNE nos dias que precedem o parto até a primeira semana de lactação e, posteriormente, com redução até retornarem às concentrações normais no dia 35 de lactação.

Conclusões

Vacas primíparas Holandês x Gir bem alimentadas durante o período de transição apresentam perfil metabólico diferente de vacas especializadas na produção de leite. Vacas primíparas F1 Holandês x Gir conseguiram consumir o alimento necessário para atender às demandas de produção, sem apresentar redução de consumo de alimento, peso vivo e escore de condição corporal após o parto. A dieta utilizada no pré-parto foi eficiente em controlar o consumo de alimento e o ganho de peso no final da gestação, e os animais ajustaram rapidamente o metabolismo no pós-parto imediato para produção de leite, aumentando o consumo rapidamente e tendo animais saudáveis durante o período inicial da lactação,

possivelmente devido à ausência do balanço energético negativo. Os criadores de animais F1 Holandês x Gir devem adotar estratégias de manejo nutricional com objetivo de prevenir o excessivo ganho de peso antes o parto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, Brasil), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Minas Gerais, Brasil), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Minas Gerais, Brasil) e Embrapa Gado de Leite (Minas Gerais, Brasil), pela bolsa de estudos e suporte financeiro para essa pesquisa.

Referências Bibliográficas

- AOAC, 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. pp.1114, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1995.
- BAKSHI, M. P. S; WADHWA, M. e MAKKAR, H. P. S. Feeding of high-yielding bovines during transition phase. *CAB Rev.* v. 12, n. 006, 2017.
- BARLETTA, R. V.; MATURANA FILHO, M.; CARVALHO, P. D. et al. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentration, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology.* v. 104, p. 30-36, 2017.
- BAUMAN, D. E. e CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.*, n. 63, v. 9, p. 1514-1529, 1980.
- BERTICS, S. J. e GRUMMER, R. R. Effects of fat and methionine hydroxy analog on prevention or alleviation of fatty liver induced by feed restriction. *J. Dairy Sci.*, v. 82, p. 2731-2736, 1992.
- BICALHO, M. L. S.; MARQUES, E. C.; GILBERT, R. O. et al. The association of plasma glucose, BHBA, and NEFA with postpartum uterine diseases, fertility, and milk production of Holstein dairy cows. *Theriogenology.*, v. 88, p. 270-282, 2017.
- BONCZEK, R. R.; YOUNG, C. W.; WHEATON, J. E.; e MILLER, K. P. Responses of somatotropin, insulin, prolactin, and thyroxine to selection for milk yield in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, v. 71, p. 2470-2479, 1988.
- BRUCKMAIER, R. M.; e GROSS, J. J. Lactational challenges in transition dairy cows. *Anim. Prod. Sci.* v. 57, n. 7, p. 1471-1481, 2017.

CARVALHO, B. C. Parâmetros reprodutivos, metabolitos e produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu submetidas a dois manejos pré-parto. 2009. 193 f. Teses (Doutorado em Ciência Animal) Programa de Pós-graduação em ciência animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, B. C.; RUAS, J. R. M.; SILVA SILHO, J. M.; et al. Avaliação de diferentes manejos pré-parto sobre o peso e o escore da condição corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. *R. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 16, n. 2, p. 62-67, 2009.

CARVALHO, P. D.; SOUZA, A. H.; AMUNDSON, K. S. et al. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 97 p. 3666-3683, 2014.

CARVALHO, P. H. A.; BORGES, A. L. C.; SILVA, R. R. et al. Energy metabolism and partition of lactating zebu and crossbred zebu cows in different planes of nutrition. *Plos One*. v. 13, n. 8, p. 1-8, 2018.

CHAGAS, L. M.; BASS, J. J.; BLACHES, D. et al. Invited review: new perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 90, p. 4022-4032, 2007.

CHALMEH, A.; POURJAFAR, M.; NAZIFI, S. et al. Study on serum glucose, insulin, NEFA, BHBA and lipid profile in different productive status of high producing Holstein dairy cows. *Iran. J. Vet. Med.*, v. 9, n. 3, p. 171-178, 2015.

DOEPEL, L.; LAPIERRE, H.; KENNELLY, J. J. et al. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. *J. Dairy Sci.*, v. 85, n. 9, p. 2315-2334, 2002.

DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J. Dairy Sci.*, v. 82, n. 11, p. 2259-2273, 1999.

DRACKLEY, J. K. Physiological adaptation in transition dairy cows. *Minnesota Dairy Health Conference.*, p. 74-87, 2004.

FONTANA, L.; EAGON, J. C.; TRUJILLO, M. E. et al. Visceral fat adipokine secretion is associated with systemic inflammation in obese humans. *Diabetes*. v. 56, p. 1010-1013, 2007.

FRIGGENS, N. C. Body lipid reserves and the reproductive cycle: towards a better understanding. *Livest. Prod. Sci.*, v. 83, p. 219-236, 2003.

GARVERICK, H. A.; HARRIS, M. N.; VOGEL-BLUEL, R. et al. Concentrations of non-esterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *J. Dairy Sci.*, v. 96, n. 1, p. 181-188, 2013

GIORGINO, F; LAVIOLA, L.; e ERIKSSON, J. W. Regional differences of insulin action in adipose tissue: Insights from *in vivo* and *in vitro* studies. *Acta Physiol. Scand.*, v. 183, p. 13-30, 2005.

GRANT, R. J. e ALBRIHGT, J. L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 2791-2803, 1995.

GRUMMER, R. R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 12, p. 3882-3896, 1993.

GRUMMER, R. R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.*, v. 73, n. 9, p. 2820-2833, 1995.

GUIMARÃES, L. S. P. e HIRAKATA, V. N. 2012. Uso do Modelo de Equações de Estimativas Generalizadas na análise de dados longitudinais. *Rev. HCPA*. Porto Alegre. v. 32, n. 4, p. 503-511, 2012.

HALL, M. B.; HOOVER, W. H.; JENNINGS, J. P.; e WEBSTER, T. K. M. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.*, v. 79, p. 2079–2086, 1999.

HAMDY, O.; PORRAMATIKUL, S.; e AL-OZAIIRI, E. Metabolic obesity: The paradox between visceral and subcutaneous fat. *Curr. Diabetes Rev.*, v. 2, p. 367–373, 2006.

HAMMON, D. S.; EVJEN, I. M.; DHIMAN, T. R. et al. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v. 113 n.1-2, p. 21-29, 2006.

HAYIRLI, A.; GRUMMER, R. R; NORDHEIM, E. et al. A mathematical model for describing dry matter intake of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 81, p.296, 1998.

HUZZEY, J. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. WEARY, D. M. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.*, v. 88, n. 7, p. 2454-2461, 2005.

IDF/FIL (International Dairy Federation). Milk and milk products. Guidance sampling. FIL-IDF Standard 50P. IDF/FIL, Brussels, Belgium. 1995.

KERTZ, A. F.; REUTZEL, L. F. e THOMSON, G. M. Dry matter intake from parturition to mid lactation. *J. Dairy Sci.*, v. 74, p. 2290-2295, 1991.

LAGE, H. F. Partição da energia e exigências nutricionais no terço final da gestação e avaliação do perfil metabólico durante o período de transição em vacas Gir e F1 Holandês x Gir. 2015. 123 f. Tese (Doutorado Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LAGO, E. P.; COSTA, A. P. D.; PIRES, A.V. et al. Parâmetros metabólicos em vacas leiteiras durante o período de transição pós-parto. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 11, n. 1/2, p. 98-103, 2004.

LAGO, E. P.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. et al. Efeito da condição corporal ao parto sobre alguns parâmetros do metabolismo energético, produção de leite e incidência de doenças no pós-parto de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 5, p. 1544-1549, 2001.

- LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; DELANGHE, J. R. et al. Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high-yielding dairy cows early postpartum. *Theriogenology*, v. 62, n. 6, p. 1131-1143, 2004
- LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; MATEUSEN, B. et al. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. *Reproduction*, n. 130, v. 4, p. 485-495, 2005.
- LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; OPSOMER, G.; et al. The *In vitro* Development of Bovine Oocytes after Maturation in Glucose and β -Hydroxybutyrate Concentrations Associated with Negative Energy Balance in Dairy Cows. *Reprod. Domestic. Anim.*, v. 41, n. 2, p. 119-123, 2006.
- LUCY, M. C. Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factor axis in cattle and pigs: Implications for post-partum nutrition and reproduction. *Reprod. Dom. Anim.*, v. 43, p. 31-39, 2008.
- MOREIRA, T. F.; FACURY FILHO, E. J.; BELLI, A. L. S. A. C. B. et al., Metabolic status of crossbreed F1 Holstein x Gyr dairy cows during the transition period in two different seasons in Brazil. *Semina: Ciênc. Agrar.*, v. 39, n. 6, p. 2487-2500, 2018
- NRC, 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2001.
- OPSOMER, GEERT. Interaction between metabolic challenges and productivity in high yielding dairy cows. *Jap. J. Vet. Res.*, v. 63, n. 1, p. S1-S14, 2015.
- OSPINA, P. A.; NYDAM, D. V.; STOKOL, T.; OVERTON, T. R. Associations of elevated non esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.* v. 93, n. 4, p. 1596-1603, 2010.
- PATINO, H. O.; GONZÁLEZ, F. H. D; BARCELLOS, J. O; RIBEIRO, L. A. O. Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre. 2000. 106p.
- PEIXOTO, R. T. Perfil metabólico e hormonal de vacas F1 holandês-zebu durante o pré e pós-parto e sua relação com a reprodução. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.
- REYNOLDS, C. K.; AIKMAN, P. C.; LUPOLI, B. et al. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.*, v. 86, p. 1201–1217, 2003.

- RIBEIRO, L. S.; BRANDÃO, F. Z.; CARVALHEIRA, L. R. et al. Chromium supplementation improves glucose metabolism and vaginal temperature regulation in Girolando Cow under heats stress condition in a climatic chamber. *Trop. Anim. Health. Prod.*, v.52, p. 1661-1668, 2020.
- ROBINSON, P. H. e GARRETT, J. E. Effect of yeast culture (*saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cow to postpartum diets and on lactational performance. *J. Anim. Sci.*, v. 77, p. 988-999, 1999.
- ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, v. 92, n. 12, p. 5769-5801, 2009.
- RUAS, J. R. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Variação de peso no pós-parto de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes ordens de parto. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 20, n. 4, p. 227-233, 2013.
- SANTOS, G. B.; BRANDÃO, F. Z.; RIBEIRO, L. S. et al. Metabolic, follicular and embryo production responses of postpartum crossbred Holstein x Gir dairy cows fed diets with different energy levels. *Anim. Prod. Sci.*, v. 59, n. 8, p. 1446-1453, 2019.
- SGUIZZATO, A. L. L.; MARCONDES, M. L.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Body composition changes of crossbred Holstein x Gyr cows and conceptus during pregnancy. *J. Dairy. Sci.*, v. 103, n. 3, p. 2773-2783, 2020.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. e LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- VANDEHAAR, M. J. e DONKIN, S. S. Protein nutrition of dry cows. Tri-State dairy nutrition conference Fort Wayne. The Ohio State University. p. 112-131, 1999.
- WANG, D; TU, D. ZHAO, C. et al. Subclinical ketosis risk prediction in dairy based on prepartum metabolic indices. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 73, n. 1, p. 11-17, 2021.
- WANKHADE, P. R.; MANIMARAN, A.; KUMARESAN, A.; et al. Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review. *Vet. World.*, v.10, p. 1367-1377, 2017.
- WRIGHT, I. A. e RUSSELL, A. J. F. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. *Anim. Prod.*, v. 38, p. 23-32, 1984.

5. CAPÍTULO II

Perfil metabólico sanguíneo, no fluido folicular e qualidade de oócitos em vacas primíparas F1 Holandês x Gir em lactação

(Blood metabolic profile, follicular fluid and oocyte quality in primiparous F1 Holstein x Gyr cows in lactation)

Resumo: O objetivo do presente estudo foi descrever o perfil metabólico no sangue e no fluido folicular e a sua correlação com a qualidade dos oócitos aspirados, em diferentes períodos após o parto, de vacas lactantes primíparas F1 Holandês x Gir. Foram utilizadas 29 novilhas mestiças F1 Holandês x Gir que foram monitoradas semanalmente para involução e citologia uterinas após o parto. Aspirações foliculares guiadas por ultrassom, via transvaginal, para coleta de oócitos foram realizadas nos dias 30 ± 2 , 60 ± 2 e 100 ± 2 após o parto. Nos mesmos dias das coletas dos oócitos, sangue e fluido folicular do folículo dominante foram coletados para dosagens de glicose, ácidos graxos não esterificados (NEFA), beta-hidroxibutirato (BHBA) e ureia. No laboratório, foi verificada a taxa de recuperação de oócitos, maturação *in vitro* e apoptose por médio da técnica de TUNEL. A involução uterina ocorreu, em média, aos $27,0 \pm 2,7$ dias pós-parto, com diâmetros médios de cornos uterinos de $17,7 \pm 2,7$ mm para o corno direito e $17,9 \pm 2,8$ mm para o corno esquerdo. Os percentuais de neutrófilos endometriais nos dias 7, 14, 21, 28 e 35 foram de $4,4 \pm 2,0\%$, $35,4 \pm 5,0\%$, $20,3 \pm 5,0\%$, $5,1 \pm 1,0\%$, e $2,3 \pm 0,6\%$, respectivamente. Os pesos vivos das vacas aos 30, 60 e 100 dias após do parto foram de $577,89 \pm 52,14$, $596,83 \pm 53,09$ e $627,49 \pm 55,94$, respectivamente, sendo verificada diferença ($P < 0,05$) entre os dias 30 e 60, em relação ao dia 100 pós-parto. Também foram observadas diferenças na condição corporal, sendo maior para o dia 100 ($4,03 \pm 0,28$), em relação aos dias 30 ($3,80 \pm 0,22$) e 60 ($3,88 \pm 0,28$). A concentração média de glicose no dia 30 pós-parto foi superior no fluido folicular quando comparada com o plasma sanguíneo, porém, nos dias 60 e 100 após o parto não houve diferença entre as concentrações de glicose. As concentrações de ureia no plasma e no fluido folicular não diferiram entre os dias 30, 60 e 100, porém, foi verificado que as concentrações médias de ureia no fluido folicular foram significativamente inferiores às do plasma sanguíneo. Para beta-hidroxibutirato, não foi observada diferença entre as concentrações do fluido folicular e o soro sanguíneo entre os dias 30, 60 e 100 após o parto. As concentrações de ácidos graxos não esterificados não diferiram no soro sanguíneo e o fluido folicular nos dias 30, 60 e 100 pós-parto. Não houve diferença na taxa de recuperação de oócitos

entre os tempos de coleta, porém, foi observado que as coletas realizadas nos dias 30 e 60 apresentavam menor percentual de oócitos viáveis, quando comparado com as coletas do dia 100. Não foi observada diferença na negatividade do TUNEL entre os tempos analisados, porém, foi evidenciado que oócitos coletados no dia 30 pós-parto apresentaram maior percentual de maturação em relação aos coletados no dia 100 ($55,2 \pm 4,9$ vs $23,8 \pm 4,5$). Concluiu-se que vacas primíparas F1 Holandês x Gir, a partir dos 30 dias pós-parto, tem a capacidade de entrar em rotina reprodutiva, uma vez que apresentam oócitos de qualidade mesmo num período pós-parto mais precoce.

Palavras-chave: Fluido Folicular. Lactação. Perfil Metabólico. Qualidade Dos Oócitos. Vacas Mestiças.

Abstract: The objective of this study was to describe the blood metabolic profile, the follicular fluid and its correlation with the quantity of aspired oocytes in different periods after birth in primiparous F1 Holstein x Gyr cows in lactation. 29 hybrid F1 Holstein x Gir heifers were used and submitted to a weekly follow-up of the uterine involution and uterine cytology after birth. Also, oocyte collections were made using a technique of follicular aspiration guided by transvaginal ultrasound on the days 30 ± 2 , 60 ± 2 and 100 ± 2 after birth. On the same days of the oocyte collections, blood was also collected through coccygeal intravenous puncture and follicular fluid from the dominant follicle, which were used for glucose analysis, non-esterified fatty acids (NEFA), beta-hydroxybutyrate (BHBA), and urea. Recently after the recovery of the oocytes they were sent to the laboratory where the recovery rate, *in vitro* maturation and apoptosis through the TUNEL technique. The day of the uterine involution took place, on average, on the 27.0 ± 2.7 days after birth, with average uterine horn diameters of 17.7 ± 2.7 mm for the right horn and 17.9 ± 2.8 mm for the left one. The neutrophils percentiles on the 7th, 14th, 21st, 28th, 35th days were of $4.4 \pm 2.0\%$, $35.4 \pm 5.0\%$, $20.3 \pm 5.0\%$, $5.1 \pm 1.0\%$, and $2.3 \pm 0.6\%$, respectively. The live weight of the cows 30 days after birth was of 577.89 ± 52.14 , for 60 days 596.83 ± 53.09 and for 100 days 627.49 ± 55.94 , having observed a significant difference between both the 30th, 60th and 100 after birth. There was a significant difference also in the bodily condition, being higher on the 100th day (4.03 ± 0.28) than for the days 30 (3.80 ± 0.22) and 60 (3.88 ± 0.28). The average concentration of glucose on the 30th day was higher on the follicular fluid than in the plasma, however on the 60th and 100th day after birth there was no difference among the glucose concentrations. The urea concentrations on the 30th, 60th and 100th days did not display difference on the plasma as much as on the follicular fluid, nonetheless, it was observed that the average concentrations of urea on the follicular fluid were

significativamente inferior to the plasma. The beta-hydroxybutyrate did not disclose noticeable differences between the concentrations of the follicular fluid and the blood serum among the 30th, 60th and 100th days after birth. The concentrations of the non-esterified fatty acids did not evidence differences between the concentrations in the blood serum and the follicular fluid on the 30th, 60th and 100th days after birth. There was no difference in the total production of oocyte in-between the collection times, however it was observed that the collections done between the 30th and 60th days evidenced less viable oocyte percentiles than those collected on the 100th day. Difference in the negativity of the TUNEL was imperceptible between the analyzed times, nevertheless it was evidenced that the oocytes collected on the 10th day evidenced higher maturation percentile compared to those collected on the 100th day (55.2 ± 4.9 vs 23.8 ± 4.5). In conclusion, primiparous F1 Holstein x Gir cows, after the 30th day in lactation can be included in the reproductive routine, due to the presence of quality oocytes, even prematurely. A high bodily condition score in primiparous F1 Holstein x Gir cows, can compromise the quality and oocyte viability, which can lead to the decrease of the reproductive success in milk production systems.

Keywords: Crossbred Dairy Cows. Follicular Fluid. Lactation. Metabolic Profile. Oocyte Quality.

Introdução

A redução da fertilidade das vacas leiteiras de alta produção tem sido verificada nos últimos anos (Kim, 2014; Opsomer, 2015), e o aumento da produção de leite é considerado como um dos principais fatores ligados ao baixo desempenho reprodutivo das fêmeas (Butler, 2003). Pesquisadores e produtores têm visto relação negativa do aumento da produção de leite e a diminuição da fertilidade em vacas leiteiras (Singh et al., 2003; Bakshi et al., 2017). Porém, outros estudos têm demonstrado que não somente a produção de leite está relacionada a fertilidade, mas também outros fatores como nutrição, condição corporal e mudanças endócrinas e metabólica que afetam direta e indiretamente a saúde do animal e, consequentemente, o desempenho reprodutivo (Butler, 2000; Carvalho et al., 2014; Bakshi et al., 2017; Barletta et al., 2017).

As variações metabólicas da lactação impactam de forma negativa a fertilidade, em especial das vacas leiteiras de raças europeias de alto mérito genético para a produção de leite (Bakshi et al., 2017; Barletta et al., 2017). Estudo verificou que as mudanças no perfil

metabólico e hormonal de vacas Holandês de alta produção tem impacto na composição do fluido folicular, em especial de glicose, beta-hidroxibutirato e a ureia (Leroy et al., 2004). Também foi evidenciado que vacas multíparas da raça Holandês lactantes apresentam qualidade embrionária inferior, quando comparado com novilhas leiteiras não lactantes e vacas de corte (Leroy et al., 2004). Assim, parece que a subfertilidade de vacas leiteiras de alta produção está relacionada com a redução da qualidade embrionária após a inseminação artificial (Leroy et al., 2005). Estudo com vacas mestiças primíparas Holandês x Gir com maior porcentagem da composição genética Holandês (3/4 e 7/8 Holandês x Gir) verificou que essas fêmeas apresentam comprometimento na produção e qualidade de oócitos durante a lactação (Santos et al., 2019).

Estudo realizado com mestiças F1 Holandês x Zebu mostrou que vacas multíparas apresentaram menor taxa de ovulação aos 30, 60 e 90 dias de lactação, e foi evidenciado maior taxa de gestação aos 90 dias de lactação, quando comparado com os dias 30 e 60 (Carvalho, 2009). É amplamente citado na literatura a relação da condição corporal e peso vivo sobre a produção de leite e a reprodução (Stockdale, 2001; Roche et al., 2009; Carvalho et al., 2014; Barletta et al., 2017). A intensidade de perda de escore corporal após o parto está associada com a produção de leite, anestro pós-parto, fertilidade, dias em aberto, risco de infecções uterinas e distúrbios metabólicos que vão interferir na saúde reprodutiva do animal (Roche et al., 2009). Possivelmente, a redução na fertilidade de vacas de alta produção que perdem mais intensamente condição corporal após o parto se deve, principalmente, à má qualidade dos oócitos e, portanto, dos embriões (Leroy, 2005). Em vacas mestiças leiteiras foram verificadas diferenças no escore corporal ao final da gestação entre as bases genéticas Holandês x Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Zebu, sendo menor para vacas Holandês x Gir ($3,67 \pm 0,28$), quando comparado com Holandês x Guzerá ($3,89 \pm 0,37$) e Holandês x Zebu ($4,20 \pm 0,58$) (Carvalho et al., 2009).

Para vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir em lactação poucos são os estudos que caracterizam o perfil metabólico sanguíneo e no fluido folicular, assim como a qualidade dos oócitos em diferentes períodos após o parto (Santos et al., 2018; Ribeiro et al., 2020). O objetivo do presente estudo foi descrever o perfil metabólico no sangue e no fluido folicular e correlacioná-lo com a qualidade dos oócitos aspirados em diferentes períodos após o parto em vacas lactantes primíparas F1 Holandês x Gir.

Material e Métodos

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Leite, segundo o protocolo nº 9264220317/17. A experimentação ocorreu no período entre 30/03/2017 e 30/04/2018, na Fazenda Experimental José Henrique Bruschi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Gado de Leite), em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil (21°33'22"S, 43°06'15"W, altitude 484m).

Animais, instalações e dietas

Foram utilizadas 29 novilhas mestiças F1 Holandês x Gir (HG) gestantes, em média, aos $20,36 \pm 0,96$ meses de idade e com peso vivo médio de $505,5 \pm 37,5$ kg. Aos 30 dias antes da data prevista do parto, as novilhas foram alojadas em piquetes maternidade formados por *Cynodon dactylon x nlemfuensis* que possuíam 12 cochos eletrônicos (AF-1000, Intergado® Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal (VW-1000, Intergado® Ltda.). *Bottons* com *transponderes* eletrônicos (TAG) foram fixados nas orelhas dos animais, visando à identificação dos mesmos durante o acesso aos cochos de alimentação e aos bebedouros. A dieta foi oferecida a vontade duas vezes ao dia, durante todo o período experimental.

Os pesos vivos médios das novilhas, dois dias antes e dois dias após o parto, foram de $602,1 \pm 40,3$ Kg e de $573,1 \pm 46,8$ Kg, respectivamente. O parto das novilhas foi monitorado em tempo integral e os bezerros foram imediatamente afastados das mães, pesados e manejados de acordo com o protocolo da fazenda experimental.

Após o parto, as vacas foram transferidas para um galpão *free stall* dividido em cinco módulos com capacidade para 12 animais, com 12 cochos (AF-1000, Intergado® Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal (VW-1000, Intergado® Ltda.) em cada módulo, de tal forma que cada vaca tinha acesso a um cocho individual, enquanto os bebedouros ficavam acessíveis para todo o grupo de animais do respectivo módulo. Assim, os consumos individuais da dieta e o peso vivo foram registrados diariamente de forma automatizada. O peso vivo médio diário por animal foi considerado pelo cálculo médio de todas as pesagens realizadas no dia. O escore de condição corporal por meio da inspeção e palpação da garupa, íleos, ísquios e regiões lombar e costal (Escala 1= muito magra, 5= muito gorda; Roche et al., 2009) foi avaliado nos dias 30 60 e 100 do pós-parto. Os animais receberam dieta completa (tabela 1) à vontade, duas vezes ao dia,

formulada de acordo com NRC (2001), sendo a primeira fornecida às 07:00h e a segunda às 15:00h.

Após o parto, o animal foi colocado em brete de contenção para fornecimento de solução eletrolítica oral, por meio de sonda oro-esofágica. O *drench* foi composto por 160g de cloreto de sódio, 20g cloreto de potássio, 10g de cloreto de cálcio e 300mL de propilenoglicol, em 30 litros de água. Posteriormente, o animal foi conduzido ao galpão *free stall* e foi estabelecida a rotina de ordenha.

As produções médias de leite total na lactação (305 dias) e diária das vacas primíparas F1 Holandês x Gir foram de $4.695,4 \pm 1,257,2$ kg e de $15,4 \pm 4,1$ kg, respectivamente.

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais no período do pré-parto e pós-parto

	Pré-parto	Pós-parto
Ingredientes (g/kg de MS)		
Silagem de Milho		593,0
Silagem de <i>Cynodon</i>	834,6	-
Feno de <i>Tifton</i>		23,0
Farelo de Soja	89,8	198,8
Milho Moído	44,0	164,0
Mix Mineral Pré Parto ¹		-
Mix Mineral Lactação ²	21,8	18,0
Ureia		2,4
Fosfato Bicálcico	7,3	-
Óxido de Magnésio	1,0	-
Sal	1,0	-
Sulfato de amônio	0,7	-
Composição química (g/kg de MS)		
Matéria Seca	332,38	536,4
Matéria Orgânica	887,05	928,0
Proteína Bruta	110,23	169,7
Fibra em Detergente Neutro	663,76	323,7
Extrato Etéreo	21,78	33,5
Cinzas	112,97	71,9
Carboidratos Não Fibrosos	91,26	400,7
Energia Bruta (Mcal/MS)	4,6	4,4

¹ Mix mineral pré-parto: cálcio (136,9 g / kg), fósforo (20,8 g / kg), magnésio (43,4 g / kg), enxofre (53,2 g / kg), sódio (25 g / kg), ferro (500 mg / kg), cobre (500 mg / kg), zinco (2.000 mg / kg), manganês (1.333,40 mg / kg),

iodo (50,6 mg / kg), cobalto (10 mg / kg), selênio (13,30 mg / kg), flúor máx. (208 mg / kg), vitamina A (400.000 U.I. / kg), vitamina D3 (400.000 U.I. / kg), vitamina E (10.000 U.I / kg)

²Mix mineral: cálcio (150 g / kg), fósforo (60 g / kg), magnésio (15 g / kg), enxofre (17 g / kg), sódio (57 g / kg), ferro (1.500 mg / kg), cobre (1.300 mg / kg), zinco (3.000 mg / kg), manganês (1.300 mg / kg), iodo (100 mg / kg), cobalto (100 mg / kg), selênio (30 mg / kg), flúor (600 mg / kg), vitamina A (220.000 U.I. / kg), vitamina D3 (60.000 U.I. / kg), vitamina E (1.000 U.I / kg)

Sensor de monitoramento

Todos os animais no pré-parto receberam colares dotados com sensores para monitorar os parâmetros de ruminação (minutos/dia) e de atividade (LD, Allflex[®], Brasil). O sensor consistia em um colar de pescoço com uma etiqueta e um registrador de dados. Um contrapeso era fixado ventralmente a coleira para garantir que a etiqueta e o registrador ficassem posicionados no lado dorsal esquerdo do pescoço do animal. A etiqueta de ruminação incluía um microfone e um microprocessador. O microfone mediu os sons de ruminação e regurgitação e por meio disso o tempo de ruminação em minutos foi registrado (Kovács et al., 2017). Para a medição da atividade o sensor registrava continuamente a aceleração de cada vaca, e a partir de aí se calculava um índice geral de atividade medida em unidade de atividade. O sensor de atividade apenas coletou acelerações horizontais relacionadas aos movimentos ascendentes da cabeça e do pescoço da vaca durante a caminhada. Movimentos para baixo durante a alimentação não foram considerados pelo sistema. Os dados foram armazenados em intervalos de duas horas e eram lidos por uma antena, e automaticamente transferidos em tempo real para o *software* de gerenciamento da fazenda.

Acompanhamento da involução e citologia uterinas

A involução uterina foi avaliada por palpação e ultrassonografia transretal nos dias 7, 14, 21, 28, 35 e 42 pós-parto. Foi considerado involuído o útero na posição pélvica, com diâmetros dos cornos simétricos, sem conteúdo patológico ou anormal (característica ultrassonográfica hiperecótica ou com pontos hiperecóticos), sem secreções cérvico-vaginais anormais (sanguinolento, sanguíneo-purulento, purulento, mucopurulento ou estriações de pus).

Aos 7, 14, 21, 28 e 35 pós-parto foram realizadas citologias uterinas pelo método descrito por Kasimanickam et al. (2005). O procedimento foi realizado usando escova ginecológica humana adaptada a uma haste inoxidável protegida por bainha francesa de inseminação artificial e camisa sanitária, para evitar contaminação vaginal. As colheitas foram realizadas por citologia esfoliativa na região dos cornos uterinos. Imediatamente após a colheita, a escova ginecológica foi girada em lâmina de microscópio e, posteriormente, fixada com Panótico

Rápido (Laborclin[®], Pinhais, Paraná, Brasil). A porcentagem de neutrófilos na citologia esfoliativa foi calculada em função do número de células epiteliais, contando-se no mínimo de 100 células em microscopia ótica em aumento de 400X, indicando possível inflamação endometrial de acordo com Kasimanickam et al. (2004). As lâminas foram avaliadas em esquema triplo cego.

Coleta do oócitos e fluido folicular no pós-parto

As coletas de oócitos e de fluido folicular (FF) foram realizadas por aspiração folicular guiada por ultrassom (transdutor micro convexo de 7,5MHz; DP 2200 Vet[®], Mindray, Shenzhen, China), via transvaginal, nos dias 30 ± 2 , 60 ± 2 e 100 ± 2 após o parto. Utilizou-se agulha 20G (WTA[®], São Paulo, Brasil) conectada a sistema de aspiração WTA[®] composto por um circuito de teflon de 80cm de comprimento e 1,7mm de diâmetro. O circuito foi conectado a um sistema de vácuo ajustado para a pressão entre 50 e 70 mmHg, acoplado a um tubo tipo Falcon de 50 mL mantido com temperatura controlada a 37 °C, durante todo o procedimento de aspiração.

Para sincronizar a emergência da onda folicular, visando promover maior população folicular, três dias antes (dia 0) do dia da aspiração folicular programada para a coleta de oócitos e fluido folicular, os animais foram submetidos à aspiração dos folículos com diâmetros maiores que 7 mm, considerados dominantes. Para a aspiração folicular ovariana guiada por ultrassom, os animais receberam anestesia epidural sacrococcígea utilizando-se 5mL de lidocaína a 2% (Lidovet[®], Bravet, RJ, Brasil). Os oócitos recuperados da aspiração foram mantidos em tubo contendo 50 mL de tampão fosfato salino (PBS) e 1% de soro fetal bovino, combinado com 125 UI de heparina sódica/mL (Liquemine[®], Roche, São Paulo, SP, Brasil). Cinco dias após à aspiração folicular (dia 8) para coleta dos oócitos, as vacas tiveram nova aspiração folicular, para coleta de fluido folicular (FF) do folículo dominante (figura 1). O fluido folicular recuperado foi centrifugado a 800G por 10 minutos, e o sobrenadante obtido foi armazenado a -20 °C até a realização das análises de glicose, ácidos graxos não esterificados, ureia e beta-hidroxiabutirato.

Esquema das aspirações foliculares

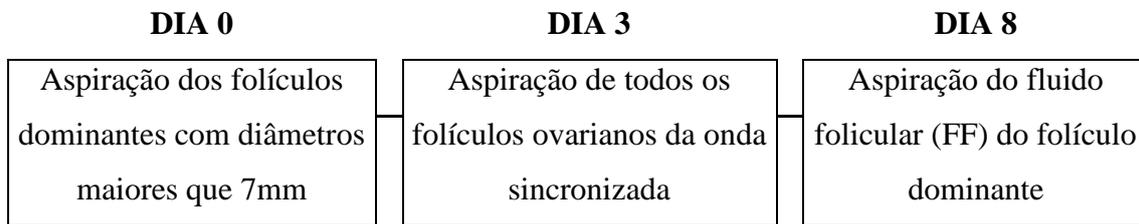


Figura 1: Esquema de sincronização da emergência da onda folicular para coleta do fluido folicular.

Recuperação, avaliação da maturação e apoptose dos oócitos

No laboratório, os complexos *cumulus*-oócitos (COC) foram classificados (Viana et al., 2004) de acordo com o aspecto citoplasmático e o número de camadas de células do *cumulus oophorus*, seguindo os critérios: grau 1 - COC compacto com mais de três camadas de células e oócito com citoplasma homogêneo; grau 2 - COC compacto com uma a três camadas de células e/ou oócito com citoplasma levemente heterogêneo; grau 3 - COC compacto com menos de três camadas de células e oócito com citoplasma levemente heterogêneo; desnudo - oócito que não apresentava nenhuma camada de células do *cumulus oophorus*; degenerado - oócito com muitos grânulos citoplasmáticos e de coloração mais clara; expandido - COC com células expandidas. Somente os oócitos classificados de grau 1 e 2 foram utilizados.

Os oócitos foram transportados em tubos de 1,5 mL contendo TCM199 com sais de Earle com 10% de soro fetal bovino, em transportadora de oócitos (WTA[®], São Paulo, Brasil) a 37°C. A maturação *in vitro* foi realizada durante 22-24 horas em incubadora (Thermo Scientific[®], USA) com atmosfera úmida de 5% de CO₂ e 95% de umidade e 38,8°C de temperatura. A maturação foi realizada em meio de maturação composto por TCM199, suplementado com 10% de SFB + 22µg/mL de piruvato de sódio + 5µg/mL LH + 1µg/mL FSH e 50µg/mL de amicacina. A maturação nuclear dos oócitos foi avaliada pelo estágio de progressão meiótica após a MIV. Para isso, foi utilizado o corante Hoechst (33342) adicionado simultaneamente durante a montagem das lâminas para a análise de apoptose pela técnica do TUNEL. Foram considerados maduros aqueles oócitos que se encontravam na metáfase II (MII), ou seja, aqueles que apresentavam o primeiro corpúsculo polar. Foram considerados não maturados aquelas estruturas que não progrediram nos estádios meióticos (metáfase, anáfase e telófase I), segundo Roth e Hansen (2005). As lâminas foram avaliadas em microscópio de fluorescência (Olympus

Provis[®], Tokio, Japão) no aumento 400X e utilizando-se filtro de cor azul (460nm), observando-se as células coradas pelo Hoechst.

Após a maturação *in vitro* (MIV), os oócitos foram fixados em solução de paraformaldeído a 4% durante 25 minutos e, posteriormente, armazenados na temperatura de geladeira, em tubo tipo *eppendorf* contendo PBS ou solução fisiológica NaCl 0,9%, até a realização das análises. A apoptose foi avaliada por meio da técnica do TUNEL (Terminal deoxynucleotidyl transferase-mediated Uracil Nick End Labeling). Os procedimentos foram baseados na metodologia descrita por Sollecito et al. (2019), utilizando-se kit comercial Dead End Fluorimetric TUNEL System (Promega[®], Madison, WI, EUA). Para a preparação das lâminas, os oócitos foram inicialmente permeabilizados por imersão em solução salina fosfato com 0,2% de TritonX-100 e incubado em tampão de equilíbrio (180µL) com mistura de nucleotídeos (20µL), enzima rTdT (4µL) e fluoresceína-12-dUTP responsável pela marcação do DNA fragmentado. Os oócitos permaneceram durante 60 minutos em câmara úmida à temperatura de 37°C. Os oócitos do controle negativo foram incubados em tampão de equilíbrio sem a enzima rTdT e, para o controle positivo, os oócitos foram incubados em tampão de equilíbrio contendo enzima fluoresceína-12-dUTP e 2,7U/µL de DNase para promover a degradação do DNA celular. Foram consideradas células TUNEL positivo, as células com DNA fragmentado (marcadas com cor verde), e TUNEL negativo as células sem fragmentação do DNA.

Dosagens de metabólitos no sangue e no fluido folicular

As coletas de sangue foram realizadas em tubos contendo EDTA, fluoreto (dosagem de glicose) e tubos sem anticoagulante. As coletas foram realizadas por punção endovenosa coccígea nos dias 30 ± 2 , 60 ± 2 e 100 ± 2 após o parto. Após as coletas, o sangue e o fluido folicular foram centrifugados a 300G por 15 minutos e o plasma, soro ou fluido folicular estocados a - 20°C até as análises. Foram realizadas dosagens de glicose, ureia, beta-hidroxitirato e ácidos graxos não esterificados no sangue e no fluido folicular. A glicose foi analisada pelo método enzimático de glicose oxidase (Vet Glicose Liquiform, Labtest[®], Brasil) e a ureia analisada pelo método enzimático por fotometria em ultravioleta usando cinética de dois pontos (Vet Ureia UV Liquiform, Labtest[®], Brasil), utilizando-se analisador bioquímico semiautomático TP Analyzer Plus (Thermo Plate[®]) do Laboratório de Reprodução Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Os ácidos graxos não esterificados e beta-hidroxitirato séricos foram dosados em amostras coletadas nos dias -7 pré-parto, e 7, 14, 21, 30, 60 e 100

dias pós-parto. No fluido folicular, AGNE, BHBA, ureia e glicose foram dosadas nos dias 30, 60 e 100 após o parto. Os ácidos graxos não esterificados e beta-hidroxibutirato foram dosados por meio de kit enzimático (Randox NEFA FA115 e Randox BHBA RB1007, Randox[®] Laboratories Limited, Antrim, Ulster, United Kingdom), usando analisador bioquímico automático Cobas Mira Plus (La Roche[®] Ltda, Basel, Suíça) no laboratório da Escola de Veterinária da UFMG, seguindo as recomendações dos fabricantes.

Análises estatísticas

Para testar as diferenças levando-se em consideração o tempo, foram ajustados modelos de equações de estimativas generalizadas para cada variável resposta. Estes modelos de regressão são adequados a dados com realização de medidas repetidas no mesmo indivíduo ao longo do tempo, sendo bastante flexíveis quanto à distribuição de probabilidade da variável resposta (Guimarães e Hirakata, 2012). O tempo foi tratado nesses ajustes como discreto e dessa forma, foram estimados uma média para cada tempo t para cada grupo i . Caso houvesse apenas um grupo, então foi estimada apenas uma média por tempo (Eq.1).

$$\mu_{tij} = \beta_{ti} \quad \text{Eq.1}$$

Dessa forma, ao invés de se ajustar uma curva suavizada aos dados temporais, avaliaram-se as diferenças par-a-par entre cada dupla de dias, similar a um teste ANOVA. Para as variáveis qualitativas dicotômicas, foi utilizada a distribuição binomial que é adequada para modelar dados de proporções.

$$\log\left(\frac{\mu_{tij}}{1 - \mu_{tij}}\right) = \beta_{ti} \quad \text{Eq.2}$$

Foi ajustado um modelo separado para cada variável resposta mensurada, sendo que o tempo foi utilizado como preditor (variável independente). Para todas as variáveis foi utilizada uma estrutura de autocorrelação temporal de simetria composta ($cor(\varepsilon_{tij}, \varepsilon_{t'ij}) = \rho$ para $t \neq t'$). Após o ajuste do modelo, testou-se o efeito do tempo de forma global (*overall*) e calcularam-se os valores médios e seus respectivos intervalos de 95% de confiança. Para verificar a significância da diferença entre cada tempo, foi necessária a aplicação testes de comparações múltiplas (*pairwise*). Para estes testes aplicou-se a correção de Tukey. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software R versão 3.6.1 (R Core Team, 2019).

Resultados e Discussão

Não foram observadas diferenças para produção de leite e consumo de matéria seca aos 30, 60 e 100 dias após o parto ($P>0,05$) (tabela 2). Sendo observado aumento do peso corporal e ECC ($P<0,05$) em função dos dias em lactação, sendo maiores aos 100 dias, quando comparado com os dias 30 e 60 após o parto. O aumento do peso pode ser explicado pela redução de aproximadamente 2 kg de leite entre 30, 60 e 100 dias da lactação com leve queda no consumo de alimentos, sendo possível direcionar a energia consumida para recomposição de reservas corporais.

Tabela 2. Média de peso vivo (kg), escore de condição corporal, consumo de matéria seca (kg), consumo de água (L/dia), ruminação (min./dia) e atividade diária em vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir aos 30, 60 e 100 dias pós-parto

Variável	Dias em lactação			Valor <i>p</i>
	30	60	100	
Peso vivo (Kg)	577,89 ± 52,14 a	596,83 ± 53,09 a	627,49 ± 55,94 b	0,004
ECC (1-5)	3,80 ± 0,22 a	3,88 ± 0,28 a	4,03 ± 0,28 b	0,005
CMS (kg/dia)	15,15 ± 2,67	16,19 ± 2,18	14,51 ± 2,78	0,057
Consumo de água (L/dia)	62,59 ± 16,97	61,58 ± 10,38	57,36 ± 12,09	0,322
Produção de leite (kg/dia)	18,81 ± 5,25	18,31 ± 5,30	16,34 ± 4,29	n.s.
Ruminação (minutos/dia)	484,00 ± 95,38	500,96 ± 77,53	511,55 ± 85,57	n.s.
Atividade diária	703,25 ± 150,17	621,74 ± 83,56	622,77 ± 179,08	0,062

^{a,b,c} Letras minúsculas distintas na linha diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.
ECC= Escore de condição corporal, CMS= Consumo de matéria seca

O consumo de água (L), a taxa de ruminação (minutos/dia) e atividade não foram diferentes ($P>0,05$) entre os dias 30, 60 e 100 após o parto. Dado e Allen (1994) relataram que as sessões de ruminação em vacas duram de 30 segundos até duas horas, com até 20 sessões de ruminação. O tempo de ruminação é de cerca de 10 a 12 h/dia e que pode variar em bovinos alimentados com dieta ricas em fibras, porém, a maioria das vacas leiteiras em lactação alimentadas com dietas mistas raramente rumiam por tanto tempo (Watt et al., 2015). A duração dos episódios de ruminação não é um bom indicador do tempo de ruminação porque muitas distrações podem fazer com que a ruminação cesse (Beauchemin, 2018). Por isso, o uso de novas tecnologias, tais como os colares de ruminação aprimoraria as informações sobre o tempo real de ruminação, por eliminar a coleta visual dos dados (Watt et al., 2015). Vacas leiteiras da

raça Holandês tiveram, em média, 436 min/dia de tempo ruminando, variando de 236 a 610 min/dia (White et al., 2017), valores semelhantes aos encontrados no presente experimento em vacas primíparas lactantes F1 Holandês x Gir.

Pouco são os estudos disponíveis na literatura mensurando a atividade de vacas, por meio de sistemas de aceleração fixados por coleira (Reith et al., 2014), uma vez que a maioria das pesquisas medem a atividade por meio de pedômetros (Brehme et al., 2006; Ranasinghe et al., 2010). Estudos mostram que a atividade em vacas é afetada diretamente pelo comportamento em torno do estro, onde há aumento de caminhadas, montas em outras vacas e casos de inquietação, chegando quadruplicar o número de atividades no dia do estro (López et al., 2004; Reith et al., 2014). Como mencionado anteriormente, no presente estudo não foram evidenciadas diferenças ($P>0,05$) na atividade nos dias 30, 60 e 100 após o parto. No presente estudo devido à metodologia e aos protocolos de aspiração folicular esses animais não apresentaram comportamento estral natural.

Involução uterina e incidência de neutrófilos endometriais no pós-parto de vacas primíparas F1 Holandês x Gir

Das 29 vacas do presente estudo, três apresentaram retenção de placenta por não expulsarem as membranas placentárias até 24 horas após o parto (LeBlanc, 2008; Sheldon et al., 2009; Martins et al., 2013). As três vacas tiveram retenção de placenta associada à distocia, parto gemelar ou abortamento. Distocia, parto gêmeares, maior ordem de parto, aborto e natimorto são considerados fatores de risco para a ocorrência de retenção de placenta e, conseqüentemente, infecções uterinas (Kasimanickam et al., 2004). Das três vacas com retenção de placenta uma apresentou metrite clínica e foi medicada conforme o protocolo da fazenda.

A involução uterina das vacas primíparas F1 Holandês x Gir do presente estudo ocorreu, em média, aos $27,0 \pm 2,7$ dias pós-parto, com diâmetros médios de cornos uterinos de $17,7 \pm 2,7$ mm para o corno direito e $17,9 \pm 2,8$ mm para o corno esquerdo. Dados semelhantes foram encontrados por Carvalho (2009) com vacas múltíparas Holandês x Zebu, em que a involução uterina macroscópica ocorreu aos 25,19 dias pós-parto, existindo diferenças entre as vacas das bases genéticas Gir (25,13 dias) e as de base Zebu (25,68 dias), com diâmetros de $15,6 \pm 2,9$ mm para vacas Holandês x Gir, $16,6 \pm 1,6$ mm Holandês x Guzará e $18,3 \pm 3,8$ mm para vacas Holandês x Zebu.

O tempo para a involução uterina depende de vários fatores e, dentre eles, o escore de condição corporal, raça do animal, ordem de parto, produção de leite e ocorrências de infecções uterinas (Marques Júnior et al., 2011). Estudo realizado com vacas lactantes da raça Holandês mostrou que animais com baixo escore corporal (<2,5) apresentavam período de involução uterina médio de 37 dias, porém, vacas que apresentavam melhor condição corporal (2,5-3,0) tiveram período de médio de 25 dias, e vacas com mais de 3,0 de condição corporal apresentavam período médio de involução uterina de 18 dias (Barbosa et al., 2019), valores inferiores aos encontrados no presente estudo com vacas primíparas F1 Holandês x Gir. Já em vacas da raça Gir, Martins et al. (2017) evidenciaram involução uterina completa aos $27,7 \pm 10,1$ dias e, em vacas F1 Holandês x Gir, de $25,1 \pm 4,7$ dias, cujos valores são semelhantes aos encontrado no presente estudo.

Na citologia endometrial esfoliativa foram verificadas diferenças ($P < 0,05$) nos percentuais de neutrófilos em função dos diferentes momentos de coleta (7, 14, 21, 28 e 35 dias pós-parto), cujos percentuais médios aumentaram até o máximo aos 14 dias pós-parto, reduzindo a partir desse momento até atingir os níveis basais. Os percentuais de neutrófilos nos dias 7, 14, 21, 28 e 35 foram de $4,4 \pm 2,0\%$, $35,4 \pm 5,0\%$, $20,3 \pm 5,0\%$, $5,1 \pm 1,0\%$, e $2,3 \pm 0,6\%$, respectivamente (Figura 2).

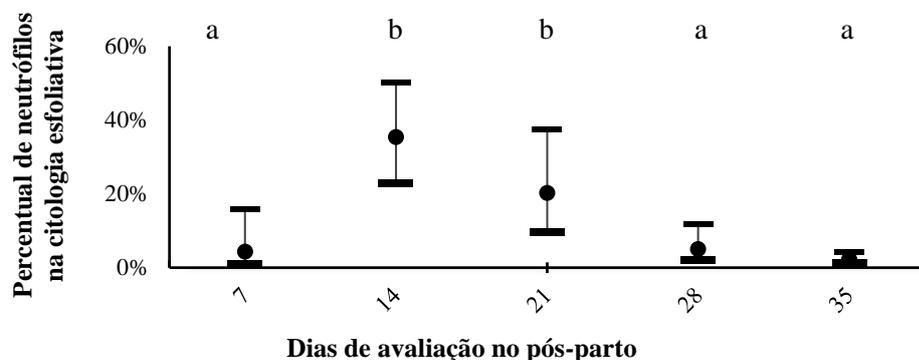


Figura 2. Percentuais de neutrófilos na citologia endometrial esfoliativa, nos dias 7, 14, 21, 28 e 35 após o parto de vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir.

No presente estudo, o percentual considerado como limite para o diagnóstico de animais com endometrite subclínica após o parto foi de 20% de neutrófilos (Kasimanickam et al., 2004). Estudos com vacas leiteiras em balanço energético negativo têm mostrado que a função neutrofílica está comprometida, predispondo as vacas à metrite puerperal e endometrite subclínica (Hammon et al., 2006).

Como verificado na figura 2, vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir do presente estudo, após a terceira semana de lactação, já apresentavam percentual de neutrófilos dentro dos limites considerados normais, definido como vacas com menos de 20% de neutrófilos após os 21 dias pós-parto. Gilbert et al. (1998) concluíram que a presença de neutrófilos no útero entre 40 e 60 dias após o parto está associada com endometrite subclínica. Raab (2004) analisou 306 vacas clinicamente saudáveis e identificaram que, entre os dias 21 a 27 e 35 a 41 pós-parto, 41,3% e 16,3% das vacas foram diagnosticadas com endometrite subclínica, respectivamente. Esses resultados são superiores aos encontrados no presente estudo com vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir. Também, no estudo de Raab (2004) foi verificado que o percentual de vacas gestantes aos 200 dias de lactação foi significativamente menor para o grupo de fêmeas que apresentaram endometrite subclínica, quando comparado com vacas sadias, e concluiu que as vacas com endometrite subclínica entre 21 e 27 dias após o parto apresentam desempenho reprodutivo comprometido. No presente estudo, os percentuais de vacas com neutrófilos superiores a 20% nos dias 7, 14, 21 e 28 foram de 3,8%, 68,0%, 28,0%, e 8,0%, respectivamente. Nenhum animal apresentou percentual de neutrófilos acima de 20% na citologia uterina do dia 35 pós-parto, o que indicou ausência de endometrite subclínica.

Concentrações de metabólitos sanguíneos e no fluido folicular

As concentrações plasmáticas da glicose nos dias 30, 60 e 100 após o parto não diferiram ($P > 0,05$). A comparação das concentrações de glicose no plasma sanguíneo e no fluido folicular diferiram ($P < 0,05$) aos 30 dias pós-parto. Para o fluido folicular, houve diferença ($P < 0,05$) nas concentrações entre os dias 30 e 60 pós-parto, com maiores concentrações para o dia 30 (Tabela 3).

Leroy et al. (2004) também verificaram maior concentração de glicose no fluido folicular de vacas leiteiras de alta produção, no dia 30 após o parto. No presente estudo, as concentrações de glicose no fluido folicular foram menores nos dias 60 e 100 após o parto, semelhantes às encontradas no plasma. Tanto as concentrações de glicose no plasma (Carvalho, 2009; Peixoto, 2011) quanto no fluido folicular estão dentro dos parâmetros relatados por autores em vacas mestiças F1 Holandês x Zebu (Santos et al., 2019). Vacas primíparas $\frac{3}{4}$ Holandês x Gir apresentaram maior concentrações de glicose no fluido folicular, quando comparado com vacas $\frac{7}{8}$ Holandês x Gir (Santos et al., 2019). As diferenças verificadas podem ser devido à produção de leite e composição genética dos animais (Santos et al., 2019).

Tabela 3. Concentrações médias de glicose (mg/dL), ureia (mg/dL), beta-hidroxibutirato (BHBA) e ácidos graxos não esterificados (AGNE) no sangue e no fluido folicular aos 30, 60 e 100 dias pós-parto de vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir

Metabólitos	Dias pós-parto		
	30	60	100
Glicose plasmática (mg/dL)	67,1 ± 1,78 Ba	70,6 ± 3,51 Aa	71,6 ± 2,04 Aa
Glicose no fluido folicular (mg/dL)	75,5 ± 1,95 Ab	69,2 ± 1,60 Aa	73,0 ± 2,18 Aab
Ureia plasmática (mg/dL)	28,7 ± 1,22 Ba	27,3 ± 1,44 Ba	29,1 ± 1,05 Ba
Ureia no fluido folicular (mg/dL)	19,8 ± 0,85 Aa	21,4 ± 1,29 Aa	20,5 ± 0,82 Aa
BHBA no soro (mmol/L)	0,66 ± 0,05 Aa	0,77 ± 0,09 Aa	0,66 ± 0,06 Aa
BHBA no fluido folicular (mmol/L)	0,64 ± 0,04 Aab	0,76 ± 0,07 Ab	0,61 ± 0,04 Aa
AGNE no soro (mmol/L)	0,21 ± 0,04 Aa	0,20 ± 0,03 Aa	0,15 ± 0,02 Aa
AGNE no fluido folicular (mmol/L)	0,16 ± 0,03 Aa	0,15 ± 0,02 Aa	0,12 ± 0,05 Aa

^{a,b,c} Letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

^{A, B} letras maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

As concentrações médias da ureia no fluido folicular foram significativamente menores ($P < 0,05$) do que no plasma, mas não foram verificadas variações entre os dias de coleta no pós-parto (Tabela 3). Valores superiores de ureia no plasma e no fluido folicular foram encontrados em vacas multíparas de alta produção da raça Holandês durante as primeiras semanas de lactação, o que poderia comprometer a qualidade dos oócitos e a saúde reprodutiva de vacas leiteiras (Leroy et al., 2004).

As vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir do presente estudo mantiveram concentrações de ureia significativamente ($P < 0,05$) menores no fluido folicular em comparação com o plasma sanguíneo aos 30, 60 e 100 dias após o parto. Dados de vacas primíparas 3/4 e 7/8 Holandês x Gir em lactação, mantidas em sistema de confinamento, apresentaram concentrações de ureia ligeiramente superiores no fluido folicular, de 26,49 mg/dL e 23,65 mg/dL respectivamente (Santos et al., 2019), quando comparado com os valores encontrados no presente estudo.

As concentrações de beta-hidroxibutirato no fluido folicular foram similares às concentrações séricas aos 30, 60 e 100 dias após o parto ($P > 0,05$). Porém, a maior concentração foi verificada aos 60 dias e, apesar de diferir ($P < 0,05$) do encontrado no dia 100 após o parto, os valores são considerados dentro da normalidade. De forma semelhante, Leroy et al. (2004) não encontraram diferenças nas concentrações de beta-hidroxibutirato entre o soro e o fluido folicular entre os dias pós-parto, porém, observaram que no fluido folicular, entre os dias 14 e 46 após o parto, as concentrações de beta-hidroxibutirato estiveram acima dos valores normais.

As concentrações médias do AGNE no fluido folicular e no soro sanguíneo são similares e não diferiram entre si ($P>0,05$) para os dias de coleta aos 30, 60 e 100 pós-parto (Tabela 3). Por ser ultrafiltrado sanguíneo (Butler, 2003), as concentrações de AGNE no fluido folicular se mantiveram sempre abaixo das concentrações verificadas no soro. Dados semelhantes foram encontrados por Leroy et al. (2004) em vacas lactantes multíparas de alta produção da raça Holandês, porém, as concentrações foram superiores aos encontrados no presente estudo. Santos et al. (2019) encontraram, em vacas primíparas 3/4 e 7/8 Holandês x Gir lactantes e mantidas confinadas, concentrações sanguíneas de AGNE inferiores aos encontrados no presente estudo, de 0,11mmol/L e 0,10mmol/L respectivamente, e valores de 0,04mmol/L no fluido folicular tanto para animais 3/4 quanto para 7/8 Holandês x Gir.

Número, viabilidade, taxa de maturação *in vitro* e apoptose de oócitos

No presente estudo não foram verificadas diferenças ($P>0,05$) na produção de oócitos entre os dias 30, 60 e 90 após o parto (Tabela 4). Santos et al. (2019), avaliando vacas primíparas 3/4 e 7/8 Holandês x Gir em lactação, encontraram diferenças significativas no número total de oócitos coletados entre os dois grupos genéticos, nos dias 14, 25, 42 e 56 após o parto, sendo maior para as fêmeas 3/4 ($8,54 \pm 1,24$) quando comparado com as 7/8 ($3,56 \pm 1,3$), e a média geral de oócitos recuperados nos dois grupos genéticos foi de $6,15 \pm 0,58$. Esses valores são inferiores aos encontrados no presente estudo com vacas primíparas F1 Holandês x Gir. Normalmente, o número total de oócitos aspirados por fêmea difere entre bases genéticas, sendo maior para as vacas zebuínas (Viana et al., 2004), quando comparado com vacas taurinas, o que poderia ser exemplificado pelas diferenças encontradas entre os grupos genéticos Holandês x Gir 1/2, 3/4 e 5/8 (Pontes et al., 2010).

Tabela 4. Produção, viabilidade, apoptose e maturação de oócitos coletados nos dias 30, 60 e 100 após o parto de vacas primíparas F1 Holandês x Gir.

	Dias pós-parto			Valor <i>p</i>
	30	60	100	
Número de oócitos coletados	14,3 ± 1,3	11,8 ± 1,1	12,0 ± 1,2	0,277
Viabilidade dos oócitos (%)	29,5 ± 1,8 a	37,3 ± 4,7 a	50,9 ± 2,8 b	0,001
Taxa de apoptose dos oócitos (%)	40,0 ± 9,4	63,5 ± 11,0	64,6 ± 7,6	0,085
Taxa de maturação dos oócitos (%)	55,2 ± 4,9 a	35,0 ± 7,2 ab	23,8 ± 4,5 b	0,001

^{abc} Letras distintas nas linhas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Foram verificadas diferenças significativas ($P < 0,05$) no percentual de oócitos viáveis dos dias 30 e 60 em relação aos 100 dias pós-parto, quando a média de oócitos viáveis aumentou 21% no dia 100, em relação ao dia 30 pós-parto. Os percentuais de oócitos viáveis aspirados nos dias 30, 60 e 100 pós-parto foram de $29,50 \pm 1,80$, $37,30 \pm 4,70$ e $50,90 \pm 2,80$, respectivamente.

Santos et al. (2019) não verificaram diferenças significativas na viabilidade dos oócitos em função dos dias de coleta, porém, a viabilidade dos oócitos variou em função do grau de sangue de vacas primíparas 3/4 e 7/8 Holandês x Gir, sendo a maior viabilidade encontrada para vacas 3/4 quando comparado com fêmeas 7/8 (76,87% vs 69,94%). Esses resultados são superiores aos encontrados no presente estudo com vacas primíparas F1 Holandês x Gir.

Vacas leiteiras da raça Holandês apresentam desempenho reprodutivo reduzido após o parto e, à medida que transcorrem os dias em lactação verifica-se melhoria nas taxas de fertilidade (Butler, 1998). Vacas mestiças Holandês x zebu apresentam maior taxa de gestação aos 90 dias pós-parto, quando comparado com os dias 60 e 30 dias, tanto na estação chuvosa quanto na seca. Foram encontrados valores de 42,9%, 25,0% e 3,6% de gestação na estação seca e de 65,0%, 39,0% e 0,0% de gestação na estação chuvosa, aos 90, 60 e 30 pós-parto respectivamente (Carvalho, 2009).

Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) no percentual de oócitos TUNEL negativo (viáveis) entre os diferentes dias de coleta, sendo de $40,0 \pm 9,40\%$, $63,50 \pm 11,00\%$ e $64,60 \pm 7,60\%$, respectivamente para os dias 30, 60 e 100 pós-parto. O percentual de oócitos TUNEL negativo apresentou o mesmo comportamento verificado para o percentual de oócitos viáveis classificados com base na morfologia, logo após a sua recuperação por aspiração folicular ao longo dos dias após o parto. Sales et al. (2015) não observaram diferenças significativas entre a qualidade dos oócitos e as taxas de apoptose em vacas múltíparas *Bos taurus e Bos indicus* em lactação. Porém, as vacas *Bos taurus indicus* produziram oócitos de melhor qualidade em relação às vacas *Bos taurus taurus*, que tiveram maior taxa de apoptose.

Os percentuais de oócitos maturados *in vitro*, após aspiração ovariana aos 30, 60 e 100 pós-parto, foram de $55,2 \pm 2,0$, $35,0 \pm 7,2$ e $23,8 \pm 4,5$, respectivamente. A taxa de maturação *in vitro* diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre oócitos coletados nos dias 30 e 100, com média 31% inferior aos 100 dias.

O escore de condição corporal da fêmea interfere na produção de oócitos. Adamiak et al. (2005) relataram em estudo realizado com novilhas leiteiras da raça Holandês, que animais de maior condição corporal (3,6 vs 4,1) apresentam maior concentrações de insulina (18,0 vs

48,3 μ UI/mL), quando comparado com o encontrado em novilhas de menor escore corporal, o que indica que novilhas gordas estão sobre efeito hiperinsulinêmico. Nesse mesmo estudo foi evidenciado que novilhas com maior concentração de insulina circulante, consideradas hiperinsulinêmicas (>37,20 μ UI/mL), tiveram menor número de oócitos maturados (4,90 \pm 0,50 vs 7,10 \pm 0,67), do que novilhas consideradas normo-insulínicas (<37,20 μ UI/mL).

Nas vacas primíparas do presente estudo verificou-se aumento no escore de condição corporal e no peso vivo após o parto, o que poderia explicar as diferenças entre o percentual de maturação em decorrer da lactação. Observa-se que vacas primíparas em lactação apresentavam, em média, escore corporal de 3,75 \pm 0,21, 3,88 \pm 0,28 e 4,03 \pm 0,28 aos 30, 60 e 100 dias pós-parto indicando que, provavelmente, à medida que o escore corporal aumentou ao longo das semanas de lactação, houve redução na taxa de maturação *in vitro* dos oócitos.

Um estudo realizado com vacas de diferentes raças demonstrou que dos 64.826 oócitos enviados ao laboratório, após serem selecionados segundo a estrutura morfológica (Viana et al., 2004), foram obtidos 16.924 embriões viáveis para transferência. Porém, a produção de embriões/número de oócitos aspirados foi de 18,8% para vacas mestiças F1 Holandês x Gir, ou seja, dos 7.035 oócitos viáveis aspirados, somente 1.033 evoluíram a embriões (Pontes et al., 2010). No presente estudo foi avaliado apenas a taxa de maturação *in vitro*, não sendo mensurada a taxa de clivagem e o percentual de embriões produzidos. Santos et al. (2014) verificaram que as taxas de clivagem e de blastocistos foram superiores para oócitos aspirados no dia 14 após o parto, quando comparado com aqueles obtidos nos dias 28, 42 e 56 de vacas primíparas 3/4 e 7/8 Holandês x Gir em lactação, criadas em sistema de confinamento.

Conclusões

Conclui-se que vacas primíparas F1 Holandês x Gir, a partir dos 30 dias pós-parto, tem a capacidade de entrar em rotina reprodutiva, uma vez que apresentam oócitos de qualidade mesmo no período pós-parto mais precoce. Possivelmente, o maior escore de condição corporal em vacas primíparas F1 Holandês x Gir pode comprometer a qualidade e viabilidade oocitária, o que levaria à diminuição do sucesso reprodutivo em sistemas de produção de leite. Vacas primíparas F1 Holandês x Gir, quando bem alimentadas, não apresentam perda de condição corporal e peso vivo nos primeiros 100 dias após o parto, porém, a dieta deve ser ajustada para evitar o excesso de condição corporal, o que poderia influenciar negativamente na reprodução. O regime de alimentação utilizado no presente estudo propiciou manutenção de escore corporal

e peso vivo que, possivelmente, justifica a função reprodutiva normal, não sendo observado balanço energético negativo no período do parto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, Brasil), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Minas Gerais, Brasil), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Minas Gerais, Brasil) e Embrapa Gado de Leite (Minas Gerais, Brasil), pela bolsa de estudos e pelo suporte financeiro para a pesquisa.

Referências Bibliográfica

- ADAMIAK, S. J.; MACKIE, K. WATT, R. G. et al. Impact of nutrition on oocyte quality: cumulative effects of body composition and diet leading to hyperinsulinemia in cattle. *Biol. Reprod.*, v. 73, p. 918-926, 2005.
- BAKSHI, M. P. S; WADHWA, M. e MAKKAR, H. P. S. Feeding of high-yielding bovines during transition phase. *CAB Rev.* v. 12, n. 006, 2017.
- BARBOSA, E. S.; QUIROZ, A. R. R.; BEZERRA, A. R. A. et al. Involução uterina em bovinos de leite da raça Holandesa em relação ao escore de condição corporal. *Braz. J. Develop.*, Curitiba, v 5, n. 11, p. 24766-24770, 2019.
- BARLETTA, R. V.; MATURANA FILHO, M.; CARVALHO, P. D. et al. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentration, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology.* v. 104, p. 30-36, 2017.
- BEAUCHEMIN, K. A. Invited review: Current perspective on eating and rumination activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 101, p. 4762-4784, 2018.
- BREHME, U.; STOLLBERG, U; HOLZ, R.; SCHLEUSENER, T. ALT podometer - a new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Res. Agric. Eng.*, v 52, p. 1-10, 2006.
- BUTLER, W. R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 9, p. 2533-2539, 1998.
- BUTLER, W. R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, v. 83, p. 211-218, 2003.
- BUTLER, W. R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 60, p. 449-457, 2000.

CARVALHO, B. C. Parâmetros reprodutivos, metabolitos e produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu submetidas a dois manejos pré-parto. 2009. 193 f. Teses (Doutorado em Ciência Animal) Programa de Pós-graduação em ciência animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, B. C.; RUAS, J. R. M.; SILVA SILHO, J. M.; et al. Avaliação de diferentes manejos pré-parto sobre o peso e o escore da condição corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. *R. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 16, n. 2, p. 62-67, 2009.

DADO, R. G. e ALLEN, M. S. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variable for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 77, p. 132-144, 1994.

DRACKLEY, J. K. Physiological adaptation in transition dairy cows. Minnesota Dairy Health Conference., p. 74–87, 2005.

GILBERT, R. O.; SHIN, S. T.; GUARD, C. L.; ERB, H. N. Incidence de endometritis and effects on reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*. v. 49, n. 1, p. 1-251, 1998.

GUIMARÃES, L. S. P., e HIRAKATA, V. N. 2012. Uso do Modelo de Equações de Estimativas Generalizadas na análise de dados longitudinais. *Revista HCPA*. Porto Alegre. v. 32, n. 4, p. 503-511, 2012.

HAMMON, D.; EVJEN, I. M.; DHIMAN, T. R. et al. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v. 113 n.1-2, p. 21-29, 2006.

JESUS, M. A.; RUAS, J. R. M.; DA SILVA, E. A. et al. Características produtivas e reprodutivas de vacas primíparas f1 holandês x zebu de diferentes bases maternas. *Braz. J. Develop.*, v. 6, n. 6, p. 37674-37686, 2020.

KASIMANICKAM, R; DUFFIELD, R.A.; FOSTER. R.A. et al. A comparison of the cytobrush and uterine lavage techniques to evaluate endometrial cytology in clinically normal postpartum dairy cows. *Can. Vet. J.*, v.46, p.255-259, 2005.

KASIMANICKAM, R; DUFFIELD, R.A.; FOSTER. R.A. et al. Endometrial Cytology and ultrasonography for the detection of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology.*, v. 62, p. 9-23, 2004.

KIM, J. W. Modulation of the somatotropic axis in periparturient dairy cows. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, v. 27, n. 1, p. 147, 2014.

KOVÁCS, L.; KÉZER, F. L.; RUFF, F.; SZENCI, O. Rumination time and reticuloruminal temperature as possible predictors of dystocia in dairy cows. *J. Dairy. Sci.* v. 100, n. 2, p. 1568-1579.

LEBLANC, S. J. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: a review. *Vet. J.*, v. 176, n. 1, p. 102-114, 2008.

- LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; DELANGHE, J. R. et al. Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high-yielding dairy cows early postpartum. *Theriogenology*, v. 62, n. 6, p. 1131-1143, 2004.
- LEROY, J. L. M. R.; VANHOLDER, T.; MATEUSEN, B. et al. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. *Reproduction*, n. 130, v. 4, p. 485-495, 2005.
- LÓPEZ, H.; SATTER, L. D.; WILTBANK, M. C. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 81, p. 209-223.
- MARQUES JÚNIOR, A. P.; MARTINS, T. M.; BORGES Á. M. Abordagem diagnóstica e de tratamento da infecção uterina em vacas. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, v. 35, n. 2, p. 293-298, 2011.
- MARTINS, T. M.; MUNIZ, C. S.; PAIXÃO, T. A. et al. Endometrial transcription of microbial molecular patterns receptors in Gyr and F1 Holstein x Gyr postpartum cows. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 69, n. 4, p.835-842, 2017.
- MARTINS, T. M.; SANTOS, R. L.; PAIXÃO, T. A. et al. Aspectos reprodutivos e produtivos de vacas da raça Holandêsa com puerpério normal ou patológico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 65, p. 1348-1356, 2013.
- NRC, 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Nat. Acad. Press, Washington, DC, 2001.
- PEIXOTO, R. T. Perfil metabólico e hormonal de vacas F1 holandês-zebu durante o pré e pós-parto e sua relação com a reprodução. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte
- PONTES, J. H. F.; SILVA, K. C. F.; BASSO, A. C. et al. Large-scale *in vitro* embryo production and pregnancy rates from *Bos taurus*, *Bos indicus* and *indicus-taurus* dairy cows using sex sperm. *Theriogenology*. v.74, p. 1349-1355, 2010.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.
- RAAB, D. Evaluierung der Cytobrush-Methode zur Diagnostik von subklinischen Endometritiden und Auswirkungen der Entzündung auf die folgende Fruchtbarkeitsleistung von Milchkühen. 2004. 153F. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Departamento de Medicina Veterinária, Universidade de Berlin, Berlin.
- RANASINGHE, R. M. S. B. K.; NAKAO, T.; YAMADA, K.; KOIKE, K. Silent ovulation, based on walking activity and milk progesterone concentration, in Holstein cows housed in a free-stall barn. *Theriogenology*. v. 73, p. 942-949, 2010.
- REITH, S.; BRANDT, H. HOY, S. Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livest. Prod. Sci.*, v. 170, p. 219-227, 2014.

RIBEIRO, L. S.; BRANDÃO, F. Z.; CAVALHEIRA, L. R. et al. Chromium supplementation improves glucose metabolism and vaginal temperature regulation in Girolando cows under heat stress condition in a climatic chamber. *Trop. Anim. Health. Prod.*, v.52, p. 1661-1668, 2020.

ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, v. 92, n. 12, p. 5769-5801, 2009.

ROCHE, J. R.; LEE, J. M.; MACDONALD, K. A. e BERRY, D. P. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pastures-based dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 90, p. 3802-3815, 2007.

ROTH, Z.; HANSEN, P. J. Disruption of nuclear maturation and rearrangement of cytoskeletal elements in bovine oocytes exposed to heat shock during maturation. *Reproduction.*, v.129, p.235-244, 2005.

SALES, J. N. S.; IGUMA, L. T.; BATISTA; R. I. T. P. et al. Effects of a high-energy diet on oocyte quality and *in vitro* embryo production in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. *J. Dairy Sci.*, v. 98, p. 3086-3099, 2015.

SANTOS, G. B.; BRANDÃO, F. Z.; RIBEIRO, L. S. et al. Metabolic, follicular and embryo production responses of postpartum crossbred Holstein x Gir dairy cows fed diets with different energy levels. *Anim. Prod. Sci.* v. 59, n. 8, p. 1446-1453, 2019.

SGUIZZATO, A. L. L.; MARCONDES, M. L.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Body composition changes of crossbred Holstein x Gyr cows and conceptus during pregnancy. *J. Dairy. Sci.*, v. 103, n. 3, p. 2773-2783, 2020.

SHELDON, I.M.; CRONIN, J.; GOETZE, L. et al. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. *Biol. Reprod.*, v. 81, n. 6, p. 1025–1032, 2009.

SINGH, J.; SINGH, M.; WADHWA, M. e BAKSHI, M. P. S. Effect of level of feeding on the performance of crossbred cow during pre-and pos-partum periods. *J. Anim. Sci.*, v. 16, n. 12, p. 1749-1754, 2003.

SOLLECITO, N. V; PEREIRA, E. C. M.; GRAZIA, J. G. V. et al. Antioxidant activity of oily extract obtained from *Lippia origanoides* improves the quality of bovine embryos produced *in vitro*. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.71, n.3, p.723-731, 2019.

STOCKDALE, C. R. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: a review. *Aust. J. Exp. Agric.*, v. 41, n. 6, p. 823-839, 2001.

VIANA, J. H. M.; CAMARGO, L. S. de A.; FERREIRA, A. de M. et al. Short intervals between ultrasonographically guided follicle aspiration improve oocyte quality but do not prevent establishment of dominant follicles in the Gir breed (*Bos indicus*) of cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 84, v.1-2, p. 1-12, 2004.

WATT, L. J.; CLARK, C. E. F. KREBS, G. L. et al. Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, v. 98, p. 7248-7263, 2015.

WHITE, R. R.; HALL, M. B.; FIRKINS, J. L.; KONONOFF, P. J. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *J. Dairy Sci.*, v. 100, p. 9551-9568, 2017.

6. CAPÍTULO III

Eficiência produtiva, consumo de alimento e características ponderais de vacas primíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de confinamento

(Productive efficiency, feed intake and weight characteristics of F1 Holstein x Gyr primiparous cows raised in free stall barn)

Resumo: O estudo foi realizado com objetivo de avaliar as diferenças na produção e composição do leite, e nas medidas ponderais de vacas leiteiras primíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de confinamento total, pertencentes a três grupos de eficiência produtiva. Para obter grupos experimentais, utilizou-se o cálculo da relação da produção média diária de leite (kg/dia) e o peso vivo médio (kg) dos animais entre o 15º e 30º dia pós-parto, que forneceu o percentual de produção de leite em função de seu peso vivo. Posteriormente, buscou-se calcular a média e desvio-padrão geral desses percentuais de todos os animais e, então, três grupos foram formados. O grupo de baixa eficiência corresponde a vacas com meio desvio-padrão abaixo da média, o grupo de eficiência intermediária corresponde às vacas com relação produção de leite: peso vivo na média e o grupo de alta eficiência corresponde a vacas com meio desvio padrão acima da média. Variáveis analisadas após o parto como o consumo de matéria seca, produção de leite total, produção de leite corrigida para gordura a 3,5%, produção de leite corrigida para 305 dias, produção de leite diária, foram maiores para as vacas de alta eficiência. Vacas pertencentes ao grupo de baixa eficiência após o parto tiveram maior ganho de peso e consequentemente maior escore de condição corporal quando comparada com as vacas de eficiência intermediária e alta eficiência. Percentual de gordura no leite foi maior para vacas com baixa eficiência do que para vacas com eficiência intermediária e alta eficiência. Proteína do leite foi igual para vacas com baixa eficiência e vacas com alta eficiência, porém foi diferente para vacas com eficiência intermediária. Lactose e nitrogênio ureico no leite foram menores para vacas com baixa eficiência do que para vacas com alta eficiência. A contagem de células somáticas durante a lactação foi igual para vacas de alta eficiência e vacas de baixa eficiência, porém as vacas com eficiência intermediária tiveram menor contagem de células somáticas. Este estudo concluiu que vacas primíparas F1 Holandês x Gir criadas em sistema de confinamento consideradas eficiente na produção de leite apresentam menor peso à puberdade, maior consumo de matéria seca, menor ganho de peso diário, menor escore de condição corporal e consequentemente maior produção de leite do que vacas que foram consideradas

menos eficientes. Sólidos do leite, contagem de célula somática e nitrogênio ureico no leite foram influenciados pelo potencial produtivo das vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir.

Palavras-chave: Características Ponderais. Eficiência Produtiva. Qualidade Do Leite. Vacas Leiteiras Mestiças.

Abstract: The main objective of this study is to assess the differences in milk production and composition and weight measures of F1 Holstein x Gyr primiparous cows raised in free stall barn corresponding to three groups of productive efficiency. In order to obtain experimental groups, a calculation of the ratio between the average daily milk production (kg/day) and the average live weight of the animals between the 15th and 30th day post birth was used, such calculation provided the milk production percentile in function of their live weight. Afterwards the average and the general standard deviation of these percentiles were calculated in all the animals, then, three groups were formed. The group of low efficiency corresponds to cows with half standard deviation below average, the group of the intermediate efficiency corresponds to cows with milk production ratio: average live weight, and the group of high efficiency corresponds to cows with standard deviation above average. The variables analyzed after birth such as the intake of dry feed, total milk production corrected to fat at 3,5%, milk production corrected to 305 days, daily milk production, were greater for the high efficiency cows. Cows belonging to the low efficiency group after birth showed higher weight gain and consequently higher bodily condition score when compared with cows of intermediate and high efficiency. The percentile of fat in the milk was greater for cows with low efficiency than for those of intermediate and high efficiency. The protein was equal for both high and low efficiency groups, however it was different for cows with intermediate efficiency. Lactose and ureic nitrogen in the milk were lower for cows of the low efficiency group than for those of the high efficiency group. The somatic cell count during lactation was equal for low and high efficiency cows, yet cows with intermediate efficiency showed lower count. This study concluded that F1 Holstein x Gyr primiparous cows raised in free stall barn considered efficient in milk production displayed lower weight during puberty, higher intake of dry foods, lower daily weight gain, lower bodily condition score and consequently greater production of milk than those cows deemed less efficient. Solid dairy products, somatic cell count and ureic nitrogen in the milk were influenced by the productive potential of the hybrid F1 Holstein x Gir cows.

Keywords: Crossbred Dairy Cows. Milk Quality. Ponderal Characteristics. Productive Efficiency.

Introdução

A produção média de leite durante a lactação de vacas criadas em condições brasileiras é baixa e, em 2019, foi estimada em aproximadamente 2.141kg/vaca/ano (IBGE, 2020), o que levou à produção total 35,1 bilhões de litros anuais (FAO, 2020). Em relação à produção média nacional, o Estado de Minas Gerais possui o maior rebanho leiteiro do país, com 3,1 milhões de cabeças produzindo 9,4 bilhões de litros de leite, a partir da produtividade média de 3.011 litros de leite/vaca/ano (IBGE, 2020).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite (USDA, 2018), a partir de sistemas de produção caracterizados por 80% das propriedades que exploram vacas mestiças taurinas x zebuínas (Silva et al., 2015) e, diante da importância desses cruzamentos para a pecuária nacional, a utilização de fêmeas leiteiras F1 Holandês x Gir é vista como uma das estratégias para aumentar a produção de leite (Ruas *et al.*, 2014). Estudos demonstram que quando há oferecimento de condições adequadas de nutrição, saúde, manejo e conforto, ocorre expressão máxima da heterose nas vacas mestiças F1 Holandês x Gir, possibilitando desempenho produtivo semelhante ao observado em vacas com maior composição genética Holandês (Facó et al., 2002; Costa et al., 2021). Na produção de fêmeas mestiças F1 Holandês x Gir de elevado mérito genético para produção de leite, deve-se selecionar matrizes da raça Gir geneticamente superiores e, também, a utilização de sêmen de touros Holandês provados, permitindo a obtenção de animais com capacidade de produção de leite superior à média nacional brasileira (Junqueira e Zoccal, 2008) e semelhante à produção de animais especializados (Costa et al., 2021). Diante disso, estudos indicam que vacas Holandês x Zebu de maior mérito genético possuem a capacidade de produzir alta quantidade de leite, mais que o dobro da média nacional brasileira, demonstrando potencial para aumentar a lucratividade dos sistemas de produção nacionais (Barbosa et al., 2008; Glória et al., 2010).

A indústria leiteira objetiva melhorar a rentabilidade, que pode ser buscada pela diminuição no custo de alimentação e aumento na produção de leite e, para isso, seria necessário selecionar fêmeas mais eficientes na utilização dos alimentos (Brown, 2005). Metodologias para avaliar a eficiência produtiva animal tem sido avaliada levando-se em consideração as diferenças nas produções e composições da carne ou do leite, em função das exigências nutricionais, do consumo de alimento, do ganho ou perda de reservas corporais (Arthur et al,

2001; Arthur e Herd, 2008; Connor et al., 2012), bem como de seus efeitos na saúde e fertilidade dos animais (Berry et al., 2007; Roche et al., 2007).

Para vacas leiteiras essa metodologia de avaliação não tem sido adotada e, atualmente, a medida mais conhecida e utilizada para mensurar a eficiência produtiva é a eficiência alimentar, que mede a quantidade de leite produzido, expressa em energia corrigida do leite, por unidade de ingestão de matéria seca ou eficiência de alimentação física (Roche et al., 2007; Berry, 2008). Contudo, essa forma de avaliação tem limitações pela dificuldade de avaliar a ingestão individual diária de matéria seca, de forma possibilitar a seleção de animais mais eficientes. Diante disso, necessita-se estudos que contemplem utilizar as relações do peso vivo, que é mais fácil de ser mensurado na rotina da propriedade, com a capacidade produtiva da vaca leiteira em determinados momentos fisiológicos, de modo fornecer resultados que permitam a seleção de indivíduos mais eficientes (Ribeiro et al., 2001).

O objetivo deste estudo foi avaliar as diferenças na produção e composição do leite e nas medidas ponderais de vacas leiteiras primíparas F1 Holandês x Gir mantidas em sistema de confinamento total, pertencentes a três grupos de eficiência produtiva.

Material e Métodos

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Leite, segundo o protocolo nº 9264220317/17. A experimentação ocorreu no período entre 30/03/2017 e 30/04/2018, na Fazenda Experimental José Henrique Bruschi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Gado de Leite), em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil (21°33'22"S, 43°06'15"W, altitude 484m).

Animais, instalações e dietas

Foram utilizadas 29 novilhas mestiças F1 Holandês x Gir (HG) gestantes. Aos 30 dias antes da data prevista do parto, as novilhas foram alojadas em piquetes maternidade formados por *Cynodon dactylon x nlemfuensis* que possuíam 12 cochos eletrônicos (AF-1000, Intergado® Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal (VW-1000, Intergado® Ltda.). *Bottons* com *transponderes* eletrônicos (TAG) foram fixados na orelha dos animais, visando à identificação dos mesmos durante o acesso aos cochos de alimentação e aos bebedouros. A dieta foi oferecida duas vezes ao dia de forma *ad libitum* durante todo o período experimental.

O parto das novilhas foi monitorado em tempo integral e os bezerros foram imediatamente afastados das mães, pesados e manejados de acordo com o protocolo da fazenda experimental. Após o parto, as vacas foram transferidas para um galpão *free stall* dividido em cinco módulos com capacidade para 12 animais, com 12 cochos (AF-1000, Intergado® Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) e dois bebedouros automáticos com plataforma de pesagem corporal (VW-1000, Intergado® Ltda.) em cada módulo, de tal forma que cada vaca tinha acesso à cocho individualizado, enquanto os bebedouros ficavam acessíveis para todo o grupo de animais do respectivo módulo. Assim, os consumos individuais da dieta e água e o peso vivo foram registrados diariamente de forma automatizada. O peso vivo médio diário por animal foi considerado pelo cálculo médio de todas as pesagens realizadas no dia. Assim, durante a lactação foram avaliadas as médias dos consumos diários de água e de matéria seca, peso vivo diário durante toda a lactação, ganho de peso vivo diário, produção diária e total de leite na lactação e produção total de leite corrigida para 305 dias. O escore de condição corporal (Escala 1= muito magra, 5= muito gorda; Roche et al., 2009) foi acompanhado semanalmente durante a lactação por meio da inspeção e palpação da garupa, íleos, ísquios e regiões lombar e costal (Carvalho, 2009).

Após o parto, o animal foi colocado em brete de contenção para fornecimento de solução eletrolítica oral, por meio de sonda oro-esofágica. A solução eletrolítica foi composta por 160g de cloreto de sódio, 20g cloreto de potássio, 10g de cloreto de cálcio e 300mL de propilenoglicol, em 30 litros de água. Posteriormente, o animal foi conduzido ao galpão *free stall* e foi estabelecida a rotina de ordenha.

Os animais receberam dieta completa à vontade, duas vezes ao dia, formulada de acordo com NRC (2001), sendo a primeira às 07:00h e a segunda às 15:00h. A composição bromatológica da dieta foi alterada de acordo com os dias em lactação, a cada 100 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais e proporção entre volumoso e concentrado, de acordo com os dias em lactação (DEL)

	Dias em lactação (DEL)		
	1 - 100	101 - 200	201 - 305
Proporção volumoso: concentrado	61,7:38,3	72,6:27,4	80,9:19,1
Ingredientes (g/Kg de MS)			
Silagem de milho	593,0	726,3	809,2
Farelo de soja	198,8	197,2	173,6
Milho moído	164,0	60,0	-
Mix mineral ¹	18,0	16,5	17,2
Ureia	2,4	-	
Composição química (g/Kg de MS)			
Matéria Seca	536,4	473,2	439,0
Matéria Orgânica	928,0	923,7	916,3
Proteína Bruta	169,7	162,5	147,3
Fibra em Detergente Neutro	323,7	334,2	351,7
Extrato Etéreo	33,5	33,0	31,3
Cinzas	71,9	76,3	80,0
Fibra em Detergente Neutro cp	300,3	313,5	331,6
Carboidratos Não Fibrosos	400,7	394,1	383,2
Energia Bruta (Mcal/MS)	4,4	4,4	4,4
Energia Digestível (Mcal/MS)	3,0	3,1	3,0
Energia Metabolizável (Mcal/MS)	2,6	2,7	2,6

¹Mix mineral: cálcio (150 g/Kg), fósforo (60 g/Kg), magnésio (15 g/Kg), enxofre (17 g/Kg), sódio (57 g/Kg), ferro (1.500 mg/Kg), cobre (1.300 mg/Kg), zinco (3.000 mg/Kg), manganês (1.300 mg/Kg), iodo (100 mg/Kg), cobalto (100 mg/Kg), selênio (30 mg/Kg), flúor (600 mg/Kg), vitamina A (220.000 U.I./Kg), vitamina D3 (60.000 U.I./Kg), vitamina E (1.000 U.I./Kg).

Produção de leite e formação dos grupos experimentais

A produção diária de leite foi registrada utilizando-se medidores automáticos de leite, acoplados ao sistema de ordenha (DeLaval[®], HB30). Os animais foram ordenhados sem a presença dos bezerros e sem aplicação de ocitocina exógena, três vezes ao dia (7:30, 12:00 e 15:00 horas) nos primeiros 21 dias e, posteriormente, duas vezes ao dia (7:30 e 15:00 horas) até o encerramento da lactação. Semanalmente, por dois dias consecutivos, em duas ordenhas, foram obtidas amostras individuais de leite conservadas em frascos com capacidade de 50mL contendo conservante Bronopol[®], na concentração de 0,05g/100mL de leite (*International Dairy Federation*; IDF-FIL, 1995). As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análises de Leite da Embrapa Gado do Leite (Juiz de Fora, Minas Gerais) para determinação dos teores de

gordura, proteína, lactose, ureia e contagem de células somáticas (CCS) durante a lactação, por meio da técnica de espectrometria de absorção infravermelha (Bentley 2000; Bentley Instruments Inc., Chasca, Minnessota, USA).

Foram analisados os seguintes parâmetros: a) produção de leite (produção de leite total, produção média diária de leite e contagem de células somáticas); b) produção de sólidos (percentuais de gordura, proteína e lactose) e teor ureico do leite (mg/dL); c) consumos de matéria seca (Kg/dia) e de água (L/dia); d) escore de condição corporal da primeira até a 27ª semana de lactação, ganho de peso vivo das vacas durante a lactação e peso vivo no dia da secagem (kg).

Para o cálculo das relações individuais da quantidade de leite produzido diariamente, em função dos quilogramas de peso vivo, foram selecionados os dados referentes ao período entre o 15º e 30º dia de lactação, de modo englobar o período em que acontece o platô na curva de produção de leite das vacas mestiças F1 Holandês x Gir (Glória et al., 2010). O cálculo das relações das produções médias diárias de leite (kg/dia) e dos pesos vivos médios (kg) de cada animal forneceu o percentual individual de produção de leite em função de seu peso vivo e, posteriormente, obteve-se o valor de $3,25 \pm 1,01$ como a média e o desvio-padrão dos percentuais e, então, três grupos de eficiência produtiva foram formados:

Vacas de baixa eficiência (abaixo de 2,75%): vacas primíparas F1 Holandês x Gir com meio desvio-padrão abaixo da média para a relação produção de leite: peso vivo (n=7);

Vacas com eficiência intermediária (de 2,76 até 3,74%): vacas primíparas F1 Holandês x Gir com relação produção de leite: peso vivo na média (n=11);

Vacas com alta eficiência (acima de 3,75%): vacas primíparas F1 Holandês x Gir com meio desvio-padrão acima da média para a relação produção de leite: peso vivo (n=11).

A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PLCG 3,5%) foi calculada segundo a equação descrita por Gravet (1989):

$$\text{PLCG } 3,5 = (0,35 \times \text{PL}) + (16,2 \times \text{PG})$$

PLCG 3,5 % = Produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (kg/dia)

PL = Produção de leite (kg/dia)

PG = Produção de gordura (kg/dia)

Análises estatísticas

Para testar as diferenças das variáveis paramétricas, em função dos grupos de produção de leite, foram ajustados modelos lineares generalizados para cada variável resposta, sendo que o grupo foi considerado como variável independente. Para cada variável, foi selecionada a distribuição de probabilidade com melhor adequação. Após o ajuste do modelo, calcularam-se os valores médios e seus respectivos intervalos de 95% de confiança. Para verificar a significância da diferença entre duplas, foi necessária a aplicação testes de comparações múltiplas (*pairwise*). Para estes testes aplicou-se a correção de Tukey. Estas análises foram realizadas através do software R versão 3.6.1 (R Core Team, 2019).

Para modelar a dinâmica temporal das variáveis para cada grupo, ajustaram-se modelos de regressão linear (Eq.1):

$$y_{ij} = \beta_{0_i} + \beta_{1_i}t \quad \text{Eq.1}$$

ou polinomial (Eq.2).

$$y_{ij} = \beta_{0_i} + \beta_{1_i}t + \beta_{2_i}t^2 + \dots + \beta_{2_i}t^n \quad \text{Eq.2}$$

A escolha entre os modelos se deu pelo princípio da parcimônia, selecionando o modelo mais simples, que tivesse o maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Para a produção de leite, onde foi observada uma mudança brusca na semana 3, foram ajustadas duas retas de regressão, uma para cada período (antes ou depois da semana 3). Este método é conhecido *piecewise regression*.

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \beta_{0_i} + \beta_{1_i}t & \text{para } t \leq \text{Ponto de quebra} \\ y_{ij} &= \beta_{3_i} + \beta_{4_i}t & \text{para } t > \text{Ponto de quebra} \end{aligned} \quad \text{Eq.3 e 4}$$

Resultados e Discussão

Consumo de matéria seca, consumo de água, produção de leite, peso vivo, escore de condição corporal, produção de sólidos, nitrogênio ureico e contagem de células somáticas no leite durante a lactação

O consumo de matéria seca diferiu ($P < 0,05$) entre os grupos experimentais, sendo superior para as vacas dos grupos alta eficiência e eficiência intermediária, quando comparado com as vacas do grupo de baixa eficiência (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de matéria seca e de água diária, produção de leite, peso vivo, ganho de peso vivo, escore de condição corporal durante a lactação, produção média de sólidos, nitrogênio ureico e contagem de células somáticas no leite de vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir pertencentes a três grupos de eficiência produtiva

Variável	Grupos de eficiência produtiva				Valor P
	Baixa eficiência	Eficiência intermediária	Alta eficiência	Média	
CMS (kg/dia)	12,91 ± 1,06 a	14,58 ± 1,35 ab	14,74 ± 0,79 b	14,48 ± 1,12	0,034
Consumo de água (L/dia)	48,02 ± 18,02	53,54 ± 8,88	48,00 ± 12,71	50,26 ± 12,50	0,43
PTL (kg)	3.083,9 ± 878,7 b	4.828,6 ± 941,3 a	5.563,4 ± 1.035,1 a	4686 ± 1347,8	0,006
PLC 305 dias (kg)	3.118,5 ± 882,5 b	4.923,3 ± 720,3 a	5.471,0 ± 989,8 a	4695,4 ± 1257,2	0,001
PDL (kg)	10,23 ± 2,88 b	16,14 ± 2,34 a	17,95 ± 3,23 a	15,47 ± 3,07	0,001
PLCG 3,5% (kg/dia)	12,88 ± 2,79 c	18,34 ± 3,86 b	19,64 ± 4,52 a	17,8 ± 4,72	0,001
PV ao parto (kg)	615,27 ± 16,88	599,16 ± 13,78	596,93 ± 19,24	602,1 ± 40,3	0,667
PV à secagem (kg)	760,41 ± 75,97	707,03 ± 82,42	690,94 ± 86,22	713,81 ± 84,11	0,225
GPVLACT (kg)	193,96 ± 23,03	159,80 ± 49,00	143,20 ± 52,90	160,63 ± 48,94	0,121
GPD (Kg/dia)	0,71 ± 0,37 a	0,43 ± 0,19 b	0,42 ± 0,17 b	0,5 ± 0,25	0,03
ECC semanal na lactação	4,10 ± 0,39 a	4,00 ± 0,29 b	3,90 ± 0,33 c	4,0 ± 0,34	0,001
Gordura (%)	4,8 ± 0,64 a	4,6 ± 0,68 b	4,5 ± 0,63 c	4,6 ± 0,66	0,001
Proteína (%)	3,5 ± 0,15 b	3,6 ± 0,27 a	3,5 ± 0,23 b	3,5 ± 0,23	0,001
Lactose (%)	4,4 ± 0,30 b	4,6 ± 0,21 a	4,6 ± 0,23 a	4,5 ± 0,24	0,001
CCS (x1000)	365,11 ± 721,4 a	194,22 ± 340,6 b	391,32 ± 852,06 a	314,0 ± 684,8	0,001
NUL (mg/dL)	15,36 ± 3,8 a	17,22 ± 3,37 b	17,09 ± 3,18 b	16,79 ± 3,46	0,001

CMS= Consumo de matéria seca, PLC 305 dias= Produção de leite corrigida para 305 dias, PLCG 3,5% = Leite corrigido para gordura 3,5%, PV = peso vivo, PDL= Produção média diária de leite, PTL= Produção total de leite, PV à secagem= Peso vivo no momento da secagem, GPVLACT= Ganho de peso vivo no período lactante, GPD= Ganho de peso diário, ECC= Escore de condição corporal, CCS= Contagem de células somáticas no leite, NUL= Nitrogênio ureico no leite. Letras minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para as vacas dos grupos de alta eficiência e eficiência intermediária, o consumo médio diário de matéria seca foi de 15 kg até a 12ª semana e, a partir daí, verifica-se redução de 200 gramas/semana. Já para o grupo de baixa eficiência, houve redução média diária de 120 gramas/semana, até o encerramento da lactação. Considerando o consumo de energia pelas vacas mais eficientes na produção de leite, pode-se evidenciar que as vacas dos grupos de alta eficiência e eficiência intermediária consomem maior quantidade de alimento, porém, apresentam menor taxa de ganho peso vivo durante a lactação, tal como verificado por Linn (2006).

O consumo médio diário de água, o peso vivo médio e peso vivo ao parto e na lactação foram, em média, de $50,26 \pm 12,50$ litros, $643,2 \pm 56,1$ kg e $602,1 \pm 40,3$ kg respectivamente, e não diferiram ($P > 0,05$) entre os grupos experimentais. O volume de água ingerido pelas vacas F1 Holandês x Gir deste experimento são semelhantes às reportados por Campos (2006) que relata que as vacas leiteiras ingerem de 50 a 60 litros de água diariamente. Em estudo com vacas mestiças F1 Holandês x Zebu lactantes verificou-se que os animais consomem maior volume de água na parte da manhã em relação ao período da tarde, com picos de consumo às 9:00 e às 15:00 horas, o que coincide com as horas posteriores à ordenha (Pereira, 2016), de modo atender às demandas de produção de leite, regulação da temperatura corporal, nutrição dos tecidos, e compensar perdas pelas fezes e urina, saliva (Campos, 2006).

As produções totais de leite, produção de leite corrigida para 305 dias, produção de leite corrigida para 3,5 % de gordura (LCG 3,5%) e a média diária de leite na lactação diferiram ($P < 0,05$) entre os grupos experimentais (Tabela 2). Vacas do grupo de baixa eficiência apresentaram menor ($P < 0,05$) produção total de leite e menor média diária, em relação às vacas dos grupos de eficiência intermediária e alta eficiência, que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Para as vacas do grupo de baixa eficiência, a produção média de leite na primeira semana foi de $6,82 \pm 0,59$ kg, com crescimento médio de 0,29kg/semana até a 12^a semana, quando alcançou a produção média de $12 \pm 0,82$ kg e, a partir desse ponto, a produção de leite decresceu à taxa média de 0,11kg por semana. Para o grupo de eficiência intermediária, a produção média inicial foi de $13,05 \pm 3,69$ kg na primeira semana, com taxa de crescimento médio de 5,3kg/semana até a terceira semana, quando atingiu o pico de lactação com produção média de $20,01 \pm 0,74$ kg. A partir da terceira semana, a produção de leite reduziu a taxa média de 0,18kg/semana. Para as vacas do grupo de alta eficiência, a produção média diária de leite iniciou com $14,77 \pm 3,2$ kg/dia na primeira semana e, posteriormente, a taxa de aumento de produção ocorreu com média de 5,2kg/semana até a terceira semana de lactação, quando atingiu produção média de $22 \pm 0,63$ kg. A partir desse ponto de máximo, a produção de leite decresceu em média 0,2kg/semana (Figura 1).

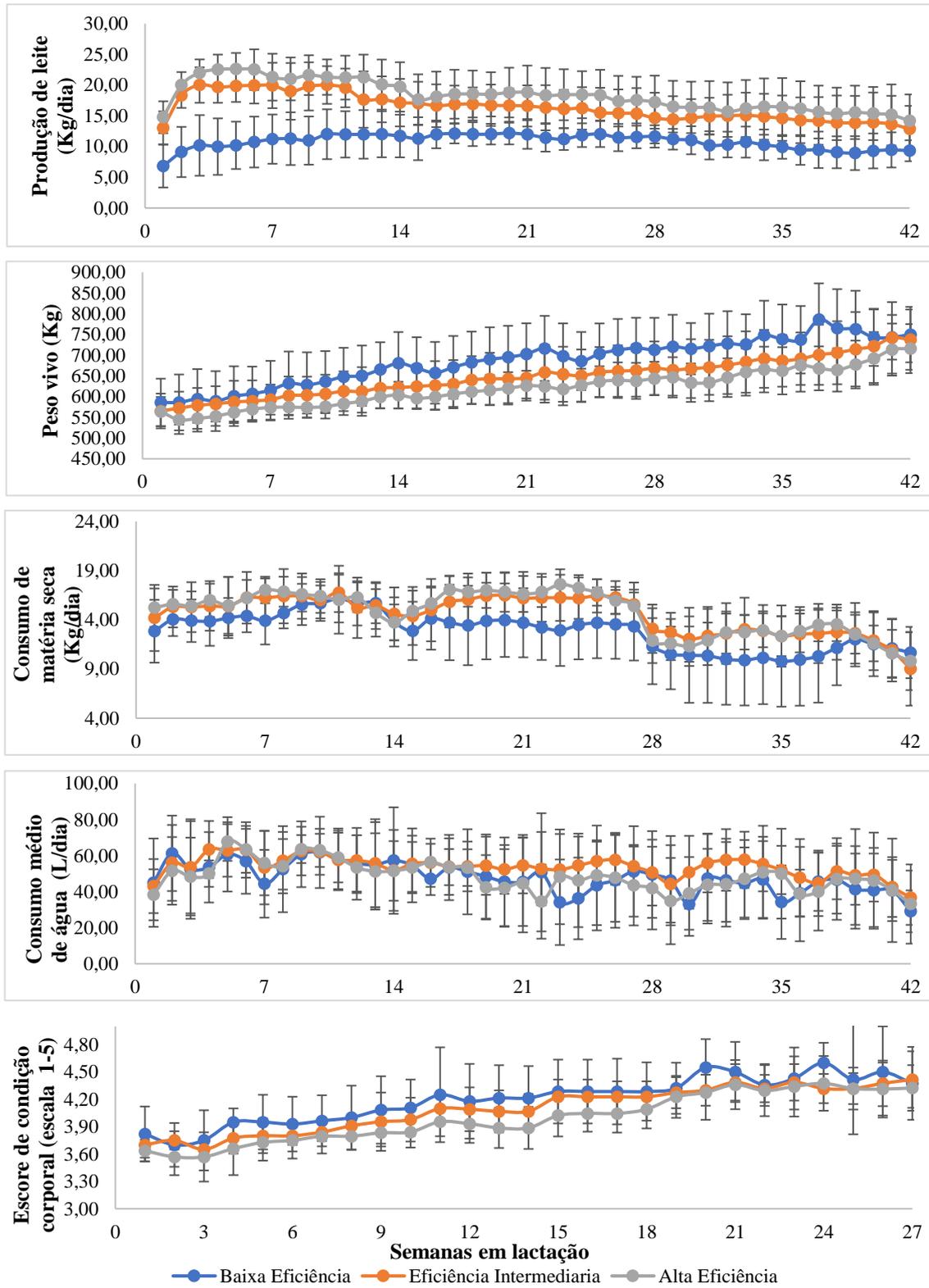


Figura 1. Produção semanal média de leite (L), peso vivo médio (Kg), consumo médio de matéria seca (Kg/dia) e consumo médio diário de água(L/dia), escore de condição corporal semanal durante a lactação de vacas mestiças primíparas F1 Holandês x Gir, pertencentes a três grupos de eficiência produtiva.

Vacas mais eficientes produzem mais leite diariamente e na lactação total, quando comparado com vacas menos eficientes. Normalmente, a manutenção da produção de leite é acompanhada pela menor taxa de ganho de peso vivo durante a lactação, visando assegurar a maior capacidade genética para a produção de leite (Linn, 2006; Coelho et al., 2009). Quando se compara dois animais de mesma produção de leite, a vaca com menor peso vivo terá maior eficiência biológica do que a vaca com maior peso vivo, uma vez que tem a capacidade de produzir maior volume de leite em relação à unidade de peso vivo (Holmes et al., 1981; Veerkamp 1998). Esses estudos corroboram o que foi verificado no presente estudo, em que dois grupos de vacas com produções médias diárias de leite semelhantes, porém, com maior peso vivo na lactação e maior taxa de ganho de peso vivo diário. As diferenças encontradas entre os grupos podem ser atribuídas a fatores genéticos das vacas e à capacidade genética de transmissão de produção de leite por parte dos touros pais das novilhas do experimento (Ribeiro et al., 2017; Costa et al., 2021).

O ganho de peso vivo médio geral foi de 3,75 kg/semana, sendo que as vacas dos grupos de baixa, intermediária e alta eficiência ganharam em média, 4,0 kg, 3,7 kg e 3,5 kg por semana respectivamente. Pode-se verificar que as vacas do grupo de maior produção de leite (alta eficiência) apresentaram menor ($P < 0,05$) taxa de ganho de peso vivo diário quando comparado com as fêmeas do grupo de baixa eficiência, que tiveram maior taxa de ganho de peso vivo, porém, foi o grupo de menor produção de leite. A variação do peso vivo durante a lactação de vacas leiteiras é influenciada pela raça, genética, estágio fisiológico, escore de condição corporal e parâmetros de mobilização de gordura (Roche et al., 2007; Carvalho et al., 2009; Ruas et al., 2013; Jesus et al., 2020; Sguizzato et al., 2020). Estudo feito com vacas mestiças F1 Holandês x Zebu, nas diversas ordens do parto e grupos genéticos, não apresentaram padrão na variação do peso nas primeiras semanas de lactação, como comumente verificado em vacas especializadas na produção de leite (Ruas et al., 2013).

Vacas primíparas F1 Holandês x Gir, criadas em sistema de pastagens tropicais, apresentam comportamento quadrático para as mudanças de peso vivo, verificando-se redução de peso na fase inicial e ganho do peso vivo do meio para o final da lactação (Ruas et al., 2013), diferente do verificado nos três grupos do presente estudo, onde os animais tiveram comportamento crescente do peso vivo ao longo da lactação. A diferença do ganho de peso vivo diário e o comportamento de crescimento encontrados no presente estudo diferem dos outros ensaios com fêmeas leiteiras mestiças F1 Holandês x Zebu, possivelmente pelo sistema de nutrição *ad libitum* em que as vacas foram mantidas durante todo o período experimental. Os

dados parecem indicar que vacas com maior produção de leite são mais eficientes energeticamente, uma vez que a maior parte da energia consumida foi destinada para atender às demandas da produção de leite, em detrimento do armazenamento de reservas corporais (Linn, 2006).

O escore de condição corporal diferiu ($P < 0,05$) entre os três grupos de produção de leite. As vacas do grupo de baixa eficiência tiveram maior escore corporal ($P < 0,05$) durante toda a lactação, seguido pelas fêmeas dos grupos de eficiência intermediária e alta eficiência e, paralelamente, consumiram menor quantidade de matéria seca, ganharam mais peso vivo e escore corporal, e produziram menos leite. Provavelmente, esse perfil fisiológico indica que a energia consumida não foi utilizada para produção de leite, e sim para manutenção e reservas corporais (Holmes et al., 1981; Veerkamp 1998; Mattos, 2004). Ao contrário, os animais do grupo de alta eficiência, durante todo o período experimental, possuíam os menores escores de condição corporal, ganharam menos peso vivo e consumiram maior quantidade de matéria seca na lactação, mostrando maior capacidade de transformação de alimento e energia em produção de leite (Holmes et al., 1981; Veerkamp 1998; Mattos, 2004), quando comparado com as vacas do grupo de baixa eficiência. Roche et al. (2007) verificaram, em vacas leiteiras das raças Holandês e Jersey, que a condição corporal ao parto não esteve associada com o comportamento da curva de lactação, porém, evidenciaram que novilhas excessivamente gordas tiveram menor produção de leite. Esses dados corroboram com os achados de Macdonald et al. (2005) que encontraram efeito negativo do aumento da condição corporal na produção de leite, indicando que novilhas que experimentaram período de crescimento mais acelerado antes da puberdade, tiveram redução do desenvolvimento do parênquima mamário e, subsequentemente, menor produção de leite. Os resultados obtidos no presente estudo reafirmam os encontrados na literatura científica, que afirmam que há, provavelmente, diferença entre as vacas em como elas dividem ou realocam sua energia (Veerkamp 1998; Jorritsma et al., 2003). Uma explicação para isso é que existem diferenças genéticas entre as vacas na partição de energia entre as funções corporais (Jorritsma et al., 2003). Este processo de realocação, que também se dá em outras espécies, implica que há variação na partição de energia entre as vacas, existindo vacas com a mesma produção de leite e a mesma quantidade de energia disponível e que se comportam diferentemente no nível de mobilização de reservas corporais, pois usam menos ou mais energia para processos como manutenção, fertilidade ou imunidade (Jorritsma et al., 2003).

O percentual médio de gordura no leite diferiu ($P < 0,05$) entre os grupos, sendo maior para vacas do grupo de baixa eficiência, seguido para as vacas do grupo de eficiência intermediária

e menor percentual para as vacas do grupo de alta eficiência. Vacas de menor produção tiveram maior percentual de gordura no leite o que, provavelmente, ocorre em função do volume de leite produzido, ou seja, quanto maior o volume de leite produzido, menor é o percentual de gordura no leite, uma vez que este componente é diluído no volume total de leite produzido (Peixoto, 2011). Carvalho (2009) observou que vacas multíparas F1 Holandês x Zebu, criadas em sistema de pastagem com suplementação, apresentaram, em média, $4,04 \pm 0,41\%$ e $3,92 \pm 0,52\%$ de gordura nas estações da seca e chuvosa, respectivamente, que são inferiores aos valores encontrados no presente estudo com vacas primíparas F1 Holandês x Gir. Possivelmente essas diferenças sejam devido às diferenças no manejo nutricional entre os dois estudos, uma vez que o percentual de gordura no leite é altamente influenciado pela nutrição (Agenas et al., 2003; Santos et al., 2011; Santos et al., 2012).

O percentual de gordura no leite de vacas Holandês x Zebu de diferentes bases maternas, criadas em sistema de pastejo com suplementação de concentrado com 22% de proteína bruta, não diferiu entre bases genéticas e dias de lactação, sendo verificados valores de 3,67%, 3,48% e 3,38% para vacas Holandês x Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Nelore (Santos et al., 2012) respectivamente, valores inferiores aos encontrados no presente estudo. Ao contrário, em outro estudo com vacas mestiças F1 Holandês x Gir, criadas em sistema de confinamento com diferentes dietas durante a lactação, foram encontrados valores de gordura no leite semelhantes aos do presente estudo, sendo de 4,14%, 4,09%, 4,27% e 4,11% para vacas alimentadas com silagem de cana-de-açúcar, silagem de sorgo, silagem de milho e cana-de-açúcar recém cortada, não diferindo entre os tratamentos (Santos et al., 2011).

O percentual de proteína no leite diferiu ($P < 0,05$) entre os grupos, sendo menor para as vacas dos grupos de baixa e alta eficiência (Tabela 2). Verifica-se que as vacas dos grupos classificados como alta eficiência ou baixa eficiência produtiva não apresentaram diferença ($P > 0,05$), o que pode indicar que o percentual de proteína no leite não seja influenciado pelo volume de leite produzido. A produção de proteína no leite pode ser influenciada pela genética do animal e, também, pela nutrição (Agenas et al., 2003). No manejo nutricional de vacas leiteiras, uma das estratégias adotadas para estimular o aumento da produção de leite no início da lactação é o incremento do percentual de proteína bruta na dieta (Sinclair et al., 2000; Khorasani e Kennelly 2001). Estudo realizado com vacas F1 Holandês x Zebu demonstrou que a produção diária de proteína no leite pode diferir em função da fonte de nitrogênio utilizado na dieta. Animais com dieta à base de farelo de soja e farelo de girassol tiveram maior produção diária de proteína (650,96 e 593,33g/dia) quando comparados com animais alimentados com

dieta à base de ureia e farelo de mamona detoxificado (504,54 e 510,41g/dia), respectivamente (Aguiar, 2014).

Santos et al. (2012) encontraram valores inferiores de proteína no leite de vacas Holandês x Zebu de diferentes bases genéticas, sendo respectivamente de 3,1%, 3,2% e 3,3% para vacas Holandês x Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Nelore criadas em sistemas de pastejo com suplementação de concentrado proteico.

Vacas mestiças F1 Holandês x Zebu, mantidas em sistema de pastejo e suplementadas, produziram leite com $3,22 \pm 0,14\%$ e $3,28 \pm 0,19\%$ de proteína nas épocas da seca e chuvas, respectivamente, porém, foi verificada diferença no teor de proteína do leite em função da base genética materna, sendo maiores para vacas Holandês x Guzerá do que para vacas Holandês x Gir nas estações chuvosa ($3,41 \pm 0,18\%$ vs $3,22 \pm 0,15\%$) e seca ($3,41 \pm 0,16\%$ vs $3,18 \pm 0,11\%$) respectivamente, evidenciando influência genética na produção de proteína do leite (Carvalho, 2009).

Peixoto (2011), estudando o percentual médio semanal de proteína do leite nas primeiras nove semanas de lactação de vacas multíparas F1 Holandês x Zebu criadas em sistema de pastejo, verificou valores de proteína entre 3,0 e 3,6%, semelhantes aos encontrados no presente estudo. O autor encontrou maior concentração de proteína no leite no início da lactação, com redução nas semanas seguintes, e esse comportamento foi atribuído à boa qualidade de carboidratos não fibrosos que os animais consumiam no começo da lactação. Todavia, esse padrão não foi observado nas vacas do presente estudo, onde os grupos de eficiência alta e intermediária apresentaram valores crescentes para o teor de proteína do leite ao longo da lactação, possivelmente devido à diminuição do volume em decorrer dos dias de lactação.

Lima et al. (2011) compararam a produção de proteína no leite de vacas multíparas F1 Holandês x Zebu criadas em sistema de pastejo e submetidas a diferentes manejos de ordenha. As vacas que eram ordenhadas duas ou quatro vezes ao dia, com presença do bezerro na sala de ordenha, apresentaram teores de proteína do leite de 3,25 e 3,26% respectivamente, não apresentando diferença na proteína do leite com relação ao número de ordenhas ou presença ou ausência do bezerro.

O percentual de lactose no leite diferiu ($P < 0,05$) entre vacas dos grupos experimentais, sendo maior para grupos de eficiência intermediária e alta, em relação ao grupo de baixa eficiência. A lactose é o constituinte osmótico mais importante do leite, por estar associada à secreção de água e ao volume de leite produzido e, também, por ser dependente de glicose para sua síntese (Eifert et al., 2006). A glicose pode ser originada do propionato do rúmen, do amido

absorvido no intestino, ou da formação de glicose a partir da gliconeogênese (Drackley, 2005). Possivelmente, o menor conteúdo de lactose em alguns momentos da lactação pode ser devido à menor disponibilidade de precursores de glicose, confirmando a tendência à menor produção de leite em relação aos demais dias (Eifert et al., 2006).

Um estudo demonstrou que o teor de lactose no leite de vacas multíparas da raça Holandês não diferiu entre as dietas contendo níveis diferentes de ureia (0,0%, 0,75% e 1,5%), o que indica que a lactose é o componente do leite que menos sofre alteração em decorrência da dieta, tendo em vista seu importante papel osmótico no leite (Aquino et al., 2007). Os teores de lactose das vacas primíparas do presente experimento são semelhantes aos encontrados em outras raças especializadas na produção de leite, tanto taurinas quanto zebuínas e seus cruzamentos, de diferentes ordens de lactação (Eifert et al., 2006; Aquino et al., 2007; Ribeiro et al., 2009; Peixoto, 2011; Santos et al., 2011).

Valores médios de nitrogênio ureico no leite foram maiores para os grupos de eficiência intermediária e alta, diferindo ($P < 0,05$) do grupo de baixa eficiência que apresentou valores inferiores (Tabela 2). Os níveis considerados normais de nitrogênio ureico no leite em vacas leiteiras estão entre 12 e 18mg/dL, o que indica que as vacas em lactação do presente estudo encontravam-se dentre os valores considerados normais (Aguiar, 2014). As maiores concentrações de nitrogênio ureico no leite das vacas dos grupos de eficiência alta e intermediária possivelmente se deve ao maior consumo de matéria seca no decorrer da lactação, uma vez que suas concentrações representam maiores teores de proteína degradável no rúmen (Doska et al., 2012).

Nos primeiros 100 dias de lactação das vacas do presente estudo, as fêmeas receberam dieta com adição de ureia e maior proporção de concentrado, quando comparados com os intervalos de 90-120 e 180-210 dias de lactação, que foram períodos em que houve a transição de dietas. Após o dia 200 de lactação, os animais tiveram nova mudança na composição química da dieta, com maior relação volumoso: concentrado (80,9:19,1%), o que explicaria a queda nas concentrações de NUL nos três grupos experimentais.

Estudo comparando três bases genéticas de vacas mestiças Holandês x Zebu, criadas em sistema de pastejo, observou valores de nitrogênio ureico no leite inferiores aos encontrados no presente experimento. Os autores verificaram consumos de matéria seca de 12,53kg, 12,23kg, 12,00kg e concentrações de nitrogênio ureico no leite de 12,35mg/dL, 11,70mg/dL e 12,92mg/dL para vacas Holandês x Gir, Holandês x Guzará e para Holandês x Nelore, respectivamente (Santos et al., 2012).

Pode-se verificar que o consumo de matéria seca pode influenciar a produção de nitrogênio ureico do leite, uma vez que vacas dos grupos de eficiências intermediária e alta consumiram maior quantidade de matéria seca ($14,51 \pm 0,45\text{kg/dia}$ e $14,74 \pm 0,48\text{kg/dia}$) e tiveram maior concentração de nitrogênio ureico no leite ($17,22 \pm 3,37\text{mg/dL}$ e $17,09 \pm 3,18\text{mg/dL}$) respectivamente, valores superiores ($P < 0,05$) aos encontrados para as vacas do grupo de baixa eficiência que consumiram, em média, $12,91 \pm 0,60\text{kg}$ de matéria seca e tiveram concentração de $15,36 \pm 3,8\text{mg/dL}$ de nitrogênio ureico no leite.

A média da contagem de células somáticas ao longo da lactação foi maior para as vacas dos grupos de baixa e alta eficiência, diferindo ($P < 0,05$) significativamente dos animais do grupo de eficiência intermediária. Carvalho (2009) não verificou efeito da base materna de vacas mestiças Holandês x Gir, Guzerá ou Zebu sobre a contagem de células somáticas nos primeiros 100 dias de lactação. Porém, a variação na contagem de células somáticas foi elevada entre os indivíduos, mesmo em um rebanho com baixa contagem média de células somáticas, tal como verificado no presente estudo.

As células somáticas presentes no leite são células como leucócitos ou neutrófilos que migram do sangue para o interior da glândula mamária com o intuito de combater agentes agressores (Silva, 2007; Vargas et al., 2014). A contagem de células somáticas é um indicador de mastite clínica ou subclínica em vacas em lactação e, quando há maior presença de células somáticas no leite, maior é o risco de ocorrência de mastite no rebanho. Em vacas da raça Holandês, a contagem de células somáticas maior que 200.000 células/mL é um fator de risco para a incidência de mastite clínica (Suriyasathaporn et al., 2000). O aumento da contagem de células somáticas também ocorre em função do estágio de lactação, estação do ano, idade da vaca, tamanho do rebanho, nível de produção de leite e presença de outras doenças (Silva, 2007). No presente estudo apenas um animal, dentre as 29 novilhas, apresentou mastite clínica durante a lactação e se caracterizou pela presença de leite anormal e por sinais de inflamação em um dos quartos da glândula mamaria (Santos et al., 2004).

Coldebella et al. (2004) verificaram que a diminuição na produção de leite, devido ao aumento de contagem de células somáticas, é absoluta e independe do nível de produção dos animais. Além disso, foi observado que a redução na produção de leite começa ocorrer a partir de contagem de células somáticas de 17.000 células/mL, diferindo entre vacas primíparas e múltíparas da raça Holandês. Em vacas múltíparas F1 Holandês x Zebu, em sistema de pastejo com suplementação no cocho, não foi verificada diferença significativa na contagem de células

somáticas ao longo das semanas de lactação, e variou entre 186.700 e 676.7000 (Peixoto, 2010), valores semelhantes aos encontrados no presente estudo.

De maneira geral, os sólidos do leite (gordura, proteína e lactose) apresentaram concentrações semelhantes às encontradas em vacas mestiças Holandês x Zebu, porém, suas concentrações diferiram em função dos grupos de eficiência produtiva, concentrações de células somáticas no leite mostrou o comportamento esperado de crescimento em quanto avançavam as semanas de lactação e concentrações médias de nitrogênio ureico no leite variou pelo grupo de produção, evidenciando maior concentrações de NUL nos animais com maior consumo de matéria seca e, conseqüentemente, maior produção de leite.

Relação entre o consumo de água e de matéria seca e desempenho produtivo

A relação entre o consumo de matéria seca e o ganho de peso vivo diário (GPVD) durante a lactação apresentou diferença ($P < 0,05$) entre o grupo de baixa eficiência e o grupo de alta eficiência, em que animais pertence ao grupo de alta eficiência precisavam de consumir mais matéria seca para o ganho de um quilograma de peso vivo, diferente aos animais pertence ao grupo de baixa eficiência em que as vacas consumiam menos matéria seca para ganhar um quilograma de peso vivo. De igual forma foi evidenciada diferença significativa ($P < 0,05$) entre a relação do consumo de matéria seca e a produção de leite, em que animais com baixa eficiência produtiva apresentavam maior consumo de matéria seca em relação à produção de quilogramas de leite, quando comparado com animais com eficiências intermediárias ou alta (Tabela 3).

Tabela 3. Relação do consumo de água, matéria seca, produção diária de leite e ganho de peso vivo diário de vacas primíparas F1 Holandês x Gir, pertencentes a três grupos de eficiência produtiva

Variável	Grupos de eficiência produtiva			Valor <i>p</i>
	Baixa eficiência	Eficiência intermediária	Alta eficiência	
CMS (kg)/Leite (kg)	1,13 ± 0,51a	0,97 ± 0,26b	0,92 ± 0,34c	0,004
CMS (kg)/GPVD (kg)	22,22 ± 3,76b	31,46 ± 8,9ab	38,25 ± 14,65 ^a	0,029
Água (L)/Leite (Kg)	4,41 ± 2,24a	3,33 ± 1,25b	2,71 ± 1,13c	0,002
Água (L)/CMS (Kg)	3,40 ± 1,83a	3,47 ± 1,15a	3,13 ± 1,36b	0,001

^{a,b} Letras minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de SNK ($P < 0,05$). CMS= Consumo de matéria seca, GPVD= Ganho de peso vivo diário.

Neste estudo pode-se evidenciar que animais considerados de baixa eficiência produtiva apresentam partição de nutrientes diferente dos animais com alta eficiência produtiva. Nesses

resultados pode-se observar que as vacas pertencentes ao grupo de alta eficiência destinam a energia consumida a atender as demandas de produção de leite, e não ao acúmulo em massa corporal que é refletido em peso vivo, visando assegurar a maior capacidade genética para a produção de leite. Vacas perdendo peso vivo para suportar a maior produção de leite, normalmente apresentam maior eficiência produtiva em relação às fêmeas ganhando peso (Linn, 2006). Essa diferença observada entre os grupos de eficiência produtiva provavelmente se deva à diferença entre como as vacas realizam a partição de energia. Essa diferença de partição de nutrientes em vacas leiteiras, bem como o direcionamento com que a energia vai ser utilizada para as diferentes funções corporais se deve, possivelmente, as diferenças genéticas entre indivíduos, que resulta em partições de energias distintas (Veerkamp 1998; Jorritsma et al., 2003).

Por outro lado, observa-se diferença ($P < 0,05$) na relação entre o consumo de água e a produção de leite, onde animais com baixa eficiência precisavam consumir mais água para produzir um quilograma de leite, quando comparado com os animais de alta eficiência que apresentavam consumo de água menor para produzir a mesma quantidade de leite. A relação dos consumos de água e de matéria seca diária foi maior para vacas dos grupos de baixa e intermediária eficiências, que precisavam de maior consumo de água/kg de matéria seca, quando comparado com o grupo de animais com alta eficiência, que tinham menor consumo de água em relação ao consumo de matéria seca. Segundo Pires et al. (2010) o consumo de água, em vacas de leite, depende do nível de produção, do tamanho corporal, estágio fisiológico, temperatura ambiente, ingestão de sal mineral, proteína na dieta e disponibilidade de bebedouros. Os dados obtidos no presente estudo em que vacas com alta eficiência produtiva apresentavam menor consumo de água/kg de leite produzido são contraditórios aos achados por outros autores que verificaram que vacas com baixa ingestão de água produziram menor quantidade de leite (NRC, 2001; Campos, 2006; Pires et al., 2010). Pouca informação científica se tem na atualidade sobre a relação do consumo de água sobre a produção de leite em vacas primíparas lactantes F1 Holandês x Gir, assim como a relação de consumo de matéria seca e a produção de leite, e a relação que tem o consumo de água e a matéria seca (Huzzey et al., 2005; Pires et al., 2010).

Conclusões

Existem diferenças na produção de leite, consumo de matéria seca, condição corporal e qualidade do leite entre os animais considerados de baixa eficiência e animais de alta eficiência.

Classificar animais para eficiência produtiva utilizando a relação entre a produção de leite e o peso vivo nos primeiros 30 dias de lactação permite selecionar animais mais eficiente na conversão de alimento em produção de leite, fazendo esta classificação aplicável em fazendas leiteiras. A metodologia utilizada foi eficiente para medir a sensibilidade de grupos de animais com menos eficiência produtiva, que é traduzida em animais mais pesados e com menor produção de leite. Os resultados de este estudo deixam clara evidência de que existem animais com maior eficiência produtiva e estes são caracterizados por apresentar maior consumo de alimento, maior produção de leite e menor peso vivo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, Brasil), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Minas Gerais, Brasil), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Minas Gerais, Brasil) e Embrapa Gado de Leite (Minas Gerais, Brasil), pela bolsa de estudos e pelo suporte financeiro para a pesquisa.

Referências Bibliográficas

AGENAS, S.; DAHLBORN, K. e HOLTENIUS, K. Changes in metabolism and milk production during and after feed deprivation in primiparous cows selected for different milk fat content. *Livest. Prod. Sci.*, v. 83, p. 153-164, 2003.

AGUIAR, A. C. R. Composição e processamento do leite de vacas F1 (Holandês/Zebu) alimentadas com diferentes fontes de compostos nitrogenados. 2014. 129 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba.

AQUINO, A. A.; BORATO, B. G.; IKEDA, F. S. et al. Efeito de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas em lactação sobre a produção e a composição físico-química do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 36, n. 4, p. 881-887, 2007.

ARTHUR, J. P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. *Rev. Bras. Zootec.* v., 3, p. 269-279, 2008.

ARTHUR, P. F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D. J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other post weaning traits in Angus cattle. *J. animal Sci.* v. 79, n.11, p. 2805-2811, 2001.

BARBOSA, S. B.; RAMALHO, R. P.; MONARDES, H. G. et al. Milk and fat production of crossbred Holstein-Gir cows (*Bos taurus taurus*-*Bos taurus indicus*) in the Agreste region of the Brazilian state of Pernambuco. *Genet. Mol. Biol.*, v. 31, n. 2, p. 468-474, 2008.

BERRY, D. P. Improving feed efficiency in cattle with residual feed intake. *Rec. Adv. An. Nutr.*, p. 67-99, 2008.

BERRY, D. P.; LEE, J. M.; MACDONALD, K. A.; e ROCHE, J. R. Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on post calving performance. *J. Dairy Sci.* v.90, n.9, p. 4201-4211, 2007.

BROWN, E. G. Sources of biological variation in residual feed intake in growing and finishing steers. 2005. 131p. Tese (Doctor of Philosophy). Texas A&M University, Texas.

CAMPOS, A. T. Importância da água para bovinos de leite. Embrapa Gado de Leite. v. 31, n. 2. 2006.

CARVALHO, B. C. Parâmetros reprodutivos, metabolitos e produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu submetidas a dois manejos pré-parto. 2009. 193 f. Teses (Doutorado em Ciência Animal) Programa de Pós-graduação em ciência animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, B. C.; RUAS, J. R. M.; SILVA FILHO, J. M. et al., Avaliação de diferentes manejos pré-parto sobre o peso e escore de condição corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 16, n. 2, p. 62-67, 2009.

COELHO, J. G.; BARBOSA, P. F. TONHATI, H. et al. Análise das relações de curva de crescimento e eficiência produtiva de vacas da raça Holandesa. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 38, n. 12, p. 2346-2353, 2009.

COLDEBELLA, A.; MACHADO, P. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. et al. Contagem de células somáticas e produção de leite em vacas Holandesas confinadas. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 3, p. 623-634, 2004.

CONNOR, E. E.; HUTCHISON, J. L.; OLSON, K. M.; et al. Triennial lactation symposium: Opportunities for improving milk production efficiency in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 90, n. 5, p. 1687-1694, 2012.

COSTA, M. D.; REIS, A. F.; RUAS, J. R. M. et al. Productive and reproductive performance of females F1 Holstein x Gir daughters of proven bull. *Trop. Anim. Health. Prod.*, v. 53, n.10, p. 2-6, 2021.

DOSKA, M. C.; SILVA, D. F. F.; HORST, J. A. et al. Source of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 41, n. 3, p. 692-697, 2012.

DRACKLEY, J. K. Physiological adaptation in transition dairy cows. Minnesota Dairy Health Conference., p. 74-87, 2005.

EIFERT, E. C.; LANA, R. P.; LANA, D. P. D. et al. Consumo, produção e composição do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e diferentes fontes de carboidratos na dieta. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 1, p. 211-218, 2006.

FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 5, p. 1944-1952, 2002.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. Dairy Market Review, March 2020. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 23 de fevereiro 2021.

GLORIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; QUIRINO, C. R. Q. et al. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 39, n. 10, p. 2160-2165, 2010.

GRAVET, H. O. Breeding of dairy cattle. In: Dairy Cattle Production, Elsevier Science, New York, Gravet, p. 35-76, 1987.

GUIMARÃES, L. S. P., e HIRAKATA, V. N. 2012. Uso do Modelo de Equações de Estimativas Generalizadas na análise de dados longitudinais. *Revista HCPA*. Porto Alegre. v. 32, n. 4, p. 503-511, 2012.

HOLMES, C. W; DAVEY, A. W. F. e GRAINGER, C. The efficiency with which feed is utilized by the dairy cow. *Proc. N.Z Soc. Anim. Prod.*, v. 41, p. 16-27, 1981.

HUZZEY, J. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. WEARY, D. M. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.*, v. 88, n. 7, p. 2454-2461, 2005.

IBGE- Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Produção de pecuária municipal. Rio de Janeiro, v. 47, p. 1-8, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v47_br_informativo.pdf. Acesso em: 23 de fevereiro 2021.

JESUS, M. A.; RUAS, J. R. M.; DA SILVA, E. A. et al. Características produtivas e reprodutivas de vacas primíparas F1 holandês x zebu de diferentes bases maternas. *Braz. J. of Develop.*, v. 6, n. 6, p. 37674-37686, 2020.

JORRITSMA, R.; WENSING, T.; KRUIP, T. A. M. et al. Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. *Vet. Res.*, v. 34, p. 11-26, 2003.

KHORASANI, G. R. e KENNELLY, J. J. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in late-lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v. 84, n.7, p. 1707-1716, 2001.

LIMA, J. A. M.; COELHO, S. G.; RUAS, J. R. M. et al. Efeito do aumento da frequência de ordenhas no início de lactação sobre produção, composição do leite e características reprodutivas de vacas mestiças Holandês-Zebu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 63, n. 5, p. 1160-1166, 2011.

LINN, J. Feed Efficiency: Its economic impact in lactating dairy cows. *WCDS. Adv. Dairy Technol.*, v. 18, p. 19-28, 2006.

MACDONALD, K. A.; PENNO, J. W.; BRYANT, A. M. e Roche, J. R. Effect of feeding level pre-and pos-puberty and body weight at first calving on growth, mil production, and fertility in grazing dairy cows. *J. Dairy. Sci.*, v. 88, p. 3363-3375.

MATTOS, W. R. S. Limites de eficiência alimentar em bovinos leiteiros. 41^a Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande, MS, 2004.

MULLINIKS, J. T.; BEARD, J. e KING, T. M. Invited review: Effects of selection for milk production on cow-calf productivity and profitability in beef production systems. *Appl. Anim. Sci.*, v. 31, n. 1, p. 70-77, 2020.

NRC, 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2001.

PEIXOTO, R. T. Perfil metabólico e hormonal de vacas F1 holandês-zebu durante o pré e pós-parto e sua relação com a reprodução. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PEREIRA, K. C. B. Etiologia de vacas F1 holandês x zebu em lactação durante o verão. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) -Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba.

PIRES, M. F. A; CASTRO, C. R. T.; OLIVEIRA, V. M. e PACIULLO, D. S. C. Conforto e bem-estar para os bovinos leiteiros. 2010. Manual de bovinocultura de leite. 2 ed. Brasília/Belo Horizonte: LK editora/SENAR-AR/MG, vol. 1, p. 395-426.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

RIBEIRO, A. B.; TINOCO, A. F. F.; LIMA, G. F. C. et al. Produção e composição de leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. *Rev. Caatinga.*, v. 22, n. 3, p. 46-51, 2009.

RIBEIRO, E. L. A.; RESTLE, J.; ROCHA, A. M. et al. Eficiência produtiva em vacas primíparas das raças Aberdeen Angus e Charolês. *Rev. Bras. Zootec.*, v 30, n. 1, p. 125-132, 2001.

RIBEIRO, L. S.; GOES, T. J. F.; TORRES FILHO, R. A. et al. Desempenhos produtivos e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 69, n.6, p. 1624-1634, 2017.

ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, v. 92, n. 12, p. 5769-5801, 2009.

ROCHE, J. R.; LEE, J. M.; MACDONALD, K. A. e BERRY, D. P. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pastures-based dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 90, p. 3802-3815, 2007.

ROCHE, J. R.; MACDONALD, K. A.; BURKE, C. R. et al. Associations among body condition score, body weight and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. *J. Dairy Sci.* v. 90 p. 376–391, 2007.

RUAS, J. R. M.; SILVA E. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Vacas F1 Holandês x Zebu: uma opção para sistemas de produção de leite em condições tropicais. *Informe Agropecuário*. v. 35, p. 113-120, 2014.

RUAS, J. R. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Variação de peso no pós-parto de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes ordens de parto. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, v. 20, n. 4, p. 227-233, 2013.

SANTOS, A. S.; CALADARES FILHO, S. C.; DETMANN E. et al. Different forage source for F1 Holstein x Gir dairy cows. *Livestock Sci.*, v. 142, p. 48-58, 2011.

SANTOS, J.E.P.; CERRI, R. L. A.; BALLOU, M. A. et al. Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 80, p. 31-45, 2004.

SANTOS, S, A.; FILHO, S. C. V.; DETMANN, E. et al. Intake, digestibility and nitrogen use efficiency in crossbred F1 Holstein x Zebu grazing cows. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 41, n. 4, p. 1025-1034, 2012.

SGUIZZATO, A. L. L.; MARCONDES, M. L.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Body composition changes of crossbred Holstein x Gyr cows and conceptus during pregnancy. *J. Dairy. Sci.*, v. 103, n. 3, p. 2773-2783, 2020.

SILVA, M.V.G.B.; MARTINS, M.F.; PAIVA. et al. Programa de melhoramento genético da raça Girolando-Sumario de Toros-Resultados do teste de progênie-3ª prova de pré-seleção de touros, julho/2015. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite,2015.73p.

SILVA, T. F. Correlação entre o crescimento bacteriano em placa com a contagem de células somáticas (CCS) e as contagem bacterianas total (CBT) de leite proveniente de vacas com mastites subclínica do norte e noroeste fluminense. 2007. 83f. Dissertação (Mestre em Produção animal). Programa de Ciência e Tecnologias Agropecuárias. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos Dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

SINCLAIR, K. D.; SINCLAIR, L. A.; ROBINSON, J. J. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: I. Adaptive changes in intake and metabolism to diets differing in their rate of energy and nitrogen release in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v. 78, n. 10, p. 2659-2669, 2000.

SURIYASATHAPORN, W.; SCHUKKEN, Y. H.; NIELEN, M.; BRAND, A. Low somatic cell count: a risk factor for subsequent clinical mastitis in a dairy herd. *J. Dairy. Sci.*, v. 83, n. 6, p. 1248-1255, 2000.

United States Department of Agriculture (USDA). Dairy and products annual. Annual Dairy Report. Brazil, 10 Sep. 2018. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br>. Acesso em: 24 de fevereiro 2021.

VARGAS, D. P.; NORNBORG, J. L.; MELLO, R. O. et al. Correlações entre contagem de células somáticas e parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade do leite. *Ciênc. Anim. Bras. Goiânia.*, v. 15, n. 4, p.473-483, 2014.

VEERKAMP, R. F. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy. Sci.*, v. 81, p. 1109-1119.

ZOCCAL, R.; JUNQUEIRA, R.V. B. A importância da pecuária leiteira para o setor de insumos agropecuários no Brasil. In: MINAS LEITE. SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE LEITE NA AGRICULTURA FAMILIAR. 10. 2008, Anais. Juiz de Fora. Embrapa Gado de Leite, 2008. 1p. 1 CD.