

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**ISABELA IRIA RODRIGUES**

**EFEITO DA ORDEM DE PARTO DE VACAS NELORE EM PASTEJO:  
ESTRESSE NO PERIPARTO, METABOLISMO E PRODUÇÃO DE LEITE**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2024**

**ISABELA IRIA RODRIGUES**

**EFEITO DA ORDEM DE PARTO DE VACAS NELORE EM PASTEJO:  
ESTRESSE NO PERIPARTO, METABOLISMO E PRODUÇÃO DE LEITE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Luciana Navajas Rennó

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R696e  
2024

Rodrigues, Isabela Iria, 1992-  
Efeito da ordem de parto de vacas Nelore em pastejo:  
estresse no periparto, metabolismo e produção de leite / Isabela  
Iria Rodrigues. – Viçosa, MG, 2024.  
1 tese eletrônica (67 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Orientador: Luciana Navajas Rennó.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Zootecnia, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.319>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Nelore (Bovino) - Reprodução. 2. Hidrocortisona.  
3. Glicose. 4. Proteínas de ligação ao fator de crescimento  
semelhante à insulina. 5. Proteínas de fase aguda. I. Rennó,  
Luciana Navajas, 1973-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 636.2082


**Isabela Iria Rodrigues**

**EFEITO DA ORDEM DE PARTO DE VACAS NELORE EM PASTEJO:  
ESTRESSENO PERIPARTO, METABOLISMO E PRODUÇÃO DE LEITE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 29/02/2024

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 ISABELA IRIA RODRIGUES  
Data: 05/07/2024 16:43:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Isabela Iria Rodrigues  
Autora

Documento assinado digitalmente  
 LUCIANA NAVAJAS RENNO  
Data: 05/07/2024 17:58:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Luciana Navajas Rennó  
Orientadora

## AGRADECIMENTOS

Foi um longo caminho percorrido, com muito cansaço, dificuldades, momentos de total desespero, época de pandemia, porém muito gratificante e de puro aprendizado.

Quero agradecer a todos aqueles que sempre confiaram em mim.

Aos meus pais, Cássia e José Carlos por terem me dado educação e todo o apoio para que eu pudesse chegar até aqui e realizar mais uma conquista. Por toda a paciência, estímulo, força, orações e ajuda ao longo desses 4 anos de caminhada. Pela roupa lavada (por todo cuidado sabendo dos riscos que estávamos correndo), pela comida na mesa quando eu chegava exausta e com pressa, pelo carro emprestado, pela minha motinha, que sem ela tudo iria ser mais difícil. Agradeço eternamente todo esforço dedicado a mim. Tudo que faço hoje é por vocês e para vocês!

Aos meus adoráveis irmãos, Rafael e Lorena que me aguentaram ao longo de todos esses anos. Por toda ajuda e apoio que vocês me deram. Eu sei que vocês me amam e eu amo vocês!!!

À Professora Luciana Navajas Rennó, minha orientadora e exemplo de profissional. Por toda a confiança, ajuda, conhecimento, orientação que me deu ao longo da graduação, mestrado e o doutorado. Por estar sempre à disposição e sempre nos receberem sua sala de bom humor, apesar do “trem estar pegando fogo”. Obrigada por tudo!

A Banca de defesa, agradeço todas as sugestões, análises e críticas que irão ajudara enriquecer minha dissertação.

A minha querida companheira de campo e experimento Naiara, que duplamente fizemos. Enfrentamos uma pandemia, saímos de casa para fazer ciência, só nós duas, nossas vacas e bezerros, sabemos o quanto o medo era grande, mas conseguimos!!! Sem você tudo seria mais difícil!! Apesar das dificuldades, temos várias histórias para contar!

A todos os estagiários e bolsistas que saíram de casa para poder contribuir de alguma forma nesse experimento. Vocês são 10!!!!

Ao CNPq pela concessão da bolsa e verbas para que eu pudesse realizar esse estudo.

A CAPES, Fapemig e INCT-CA pelo financiamento de parte desta pesquisa, e ao Departamento de Zootecnia por todo o apoio.

Com vocês eu divido essa nova conquista !!!!

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>8</b>

### **ARTIGO 1: AVALIAÇÃO DO ESTRESSE NO PERIPARTO DE VACAS NELORE DE DIFERENTES ORDENS DE PARTO EM PASTEJO**

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 Projeto experimental, animais e manejo.....	16
2.2 Descrição das coletas e análises laboratoriais .....	16
2.3 Análise estatística .....	17
<b>3.RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4.DISSCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>5.CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>30</b>

### **ARTIGO 2: EFEITO DA ORDEM DE PARTO SOBRE A PRODUÇÃO DE LEITE E METABOLISMO DE VACAS NELORE EM PASTEJO**

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>2.MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
2.1 Caracterização da área, animais e manejo .....	39
2.2 Descrição das coletas .....	41
2.3 Análises laboratoriais .....	42
2.4 Amostragem de forragem.....	42
2.5 Análise Estatística .....	43
<b>3.RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>4.DISSCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>5.CONCLUSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>67</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Um dos períodos mais estressantes da vida, tanto da mãe quanto para o recém-nascido, é conhecido como período periparturiente, que engloba o final da gestação e parto (Mainau e Manteca, 2011; Nagel et al., 2019). Grandes desafios nos mecanismos internos do animal, com grandes alterações fisiológicas, são impostos nesse período, o que pode afetar a produtividade das vacas (Jacob et al., 2001; Lucy, 2019).

O último trimestre da gestação é conhecido pela alta demanda do feto por nutrientes, e segundo Bauman e Currie (1980), o bezerro ganha cerca de 75% do seu peso ao nascimento nessa fase final. Dessa forma, a restrição de nutrientes na fase gestacional pode impactar negativamente na produtividade da fêmea (Klein et al., 2021).

De acordo com Hobbs et al. (2017), a produtividade ao longo da vida da fêmea é influenciada desde a concepção e pode ser afetada negativamente por mudanças metabólicas. O estado nutricional das vacas pode ser influenciado pela condição corporal, estágio fisiológico, nível de produção de leite (Hayirli et al., 2002), pela ordem de parto (Ferreira et al., 2021), dentre outros fatores.

Fêmeas primíparas são mais predispostas a alterações metabólicas (Hobbs et al., 2017) devido às suas necessidades de nutrientes, com a manutenção e o crescimento sendo prioridades. Portanto, é mais provável que em vacas pluríparas os nutrientes estejam disponíveis para a síntese do leite e o início dos ciclos estrais, uma vez que elas não precisam direcionar os nutrientes para seu crescimento (Stevenson et al., 2003).

Os efeitos do estresse proveniente do período periparturiente, como, as ações de rejeição ao recém-nascido podem afetar o sucesso da maternidade, como a transferência de imunidade da mãe para o bezerro, pelo colostro (Paranhos da Costa et al., 2008; McGee e Earley, 2019; Nevard et al., 2022), impactando na produtividade, desempenho e na sobrevivência da prole. Estes fatores também cruciais para garantir uma boa eficiência reprodutiva e econômica das fêmeas (Paranhos da Costa et

al., 2008).

De forma geral, hormônios e metabólitos, como glicose, ácidos graxos não esterificados, proteínas totais, albumina, triglicerídeos, progesterona, cortisol e as proteínas de fase aguda, haptoglobina e ceruloplasmina, podem ser alterados a fim de manter os mecanismos internos do animal em equilíbrio (Bertoni et al., 2008; Jonsson et al., 2013; Bridges 2014; Uetake et al., 2014; Arfuso et al., 2023).

Dados que correlacionam biomarcadores de estresse com a ordem de parto no periparto são escassos, sendo estudos neste sentido desenvolvidos principalmente durante o período do desmame (Ungerfeld et al., 2011; de Paula et al., 2023) ou com vacas leiteiras, sem avaliação do efeito de ordem de parto (Bertoni et al., 2008; Uetake et al., 2014; Arfuso et al., 2023). Em relação ao metabolismo, há pouca informação disponível para vacas de corte (Nasem 2016; Ferreira et al., 2021; Valadares Filho et al., 2023), principalmente em sistemas a pasto e em condições tropicais.

Portanto, as hipóteses do estudo foram de que fêmeas com ordem de parto inferior experimentam alterações fisiológicas negativas mais intensas durante o período periparturiente, e que a ordem de parto influencia na produção de leite e no metabolismo de vacas Nelore em pastejo. Dessa forma, espera-se que as primíparas apresentem maior estresse durante o período periparturiente e características metabólicas mais instáveis e produção de leite inferior às pluríparas.

O objetivo foi avaliar o estresse no periparto, a produção de leite e o perfil metabólico de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo.

## REFERÊNCIAS

Arfuso, F., Minuti, A., Liotta, L., Giannetto, C., Trevisi, E., Piccione, G., Lopreiato, V. (2023). Stress and inflammatory response of cows and their calves during peripartum and early neonatal period. *Theriogenology*, 196, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.11.019>.

Bauman, D. E., & W. B. Currie. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*. 63:1514.

Bertoni, G., Trevisi, E., Han, X., Bionaz, M. (2008). Effects of inflammatory conditions on liver activity in puerperium period and consequences for performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3300–3310. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-0995>.

Bridges G. A. (2013). Replacement female strategies. In: *Proceedings of the Driftless region beef conference*, 19–26.

de Paula, C.; Rennó, L.N.; Ferreira, M.F.d.L.; Moreira, S.S.; Martins, H.C.; Rodrigues, I.I.; Detmann, E.; Valadares Filho, S.d.C.; Paulino, M.F. (2023). Does Parity Influence the Magnitude of the Stress Response of Nelore Cows at Weaning? *Animals*, 13, 1321. <https://doi.org/10.3390/ani13081321>.

Ferreira, M. F. de L., Rennó, L. N., Rodrigues, I. I., Detmann, E., Paulino, M. F., de Campos Valadares Filho, S., Martins, H. C., Moreira, S. S., & de Lana, D. S. (2021). Effects of parity order on performance, metabolic, and hormonal parameters of grazing beef cows during pre-calving and lactation periods. *BMC Veterinary Research*, 17(311), 13–15. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03019-0>.

Hobbs, J. D., Edwards, S. R., Cope, E. R., McFarlane, Z. D., Pohler, K. G., Mulliniks, J. T. (2017). Circulating beta-hydroxybutyrate concentration may be a predictive measurement for young cows that have a greater probability to conceive at a fixed-time artificial insemination. *Journal of Animal Science*, 95(4), 1545–1552.

<https://doi.org/10.2527/jas2016.1247>

Jacob, S.K., Ramnath, V., Philomina, P. T., Raghunandhanan, K. V., Kannan, A. (2001). Assessment of Physiological stress in periparturient cows and neonatal calves. *Indian Journal Physiology Pharmacology*, 45, 233-238.

Kaufmann, T. B., Drillich, M., Tenhagen, B. A., Heuwieser, W. (2010). Correlations between periparturient serum concentrations of non-esterified fatty acids, beta-hydroxybutyric acid, bilirubin, and urea and the occurrence of clinical and subclinical postpartum bovine endometritis. *BMC Veterinary Research*, 6(47), 2-6. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-6-47>.

Klein, J. L., Adams, S. M., de Moura, A. F., Alves Filho, D. C., Maidana, F. M., Brondani, I. L., Cocco, J. M., Rodrigues, L. D. S., Pizzuti, L. A. D., da Silva, M. B. (2021). Productive performance of beef cows subjected to different nutritional level in the third trimester of gestation. *Animal*, 15, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>.

Mainau, E., Manteca, X. (2011). Pain and discomfort caused by parturition in cows and sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 135, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.020>.

McGee, M., Earley, B. (2019). Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal*, 13, 810–825. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003026>.

Nagel, C., Aurich, C., Aurich, J. (2019). Stress effects on the regulation of parturition in different domestic animal species. *Animal Reproduction Science*, 207, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.04.011>.

Nevard, R.P.; Pant, S.D.; Broster, J.C.; Norman, S.T.; Stephen, C.P. (2023). Maternal Behavior in Beef Cattle: The Physiology, Assessment and Future Directions—A Review. *Veterinary Sciences*, 10, 1-25. <https://doi.org/10.3390/vetsci10010010>.

Paranhos da Costa, M. J. R., Schmidek, A., Toledo, L. M. (2008). Mother- Offspring Interactions in Zebu Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 213–216. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01164.x>.

Uetake, K., Akiyama, K., & Tanaka, T. (2014). Relationship between stress level of the antepartum cow and her newborn calf. *Animal Science Journal*, 85, 81–84. <https://doi.org/10.1111/asj.12078>

Ungerfeld, R., Hötzel, M. J., Scarsi, A., Quintans, G. (2011). Behavioral and physiological changes in early-weaned multiparous and primiparous beef cows. *Animal*, 5(8), 1270–1275. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000334>.

von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2007). Maternal behavior in cattle. *Hormones and Behavior*, 52, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.015>.

## RESUMO

Rodrigues, Isabela Iria, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. Avaliação do estresse no periparto de vacas nelore de diferentes ordens de parto em pastejo. Orientadora: Luciana Navajas Rennó.

O período periparturiente é comumente conhecido por mudanças fisiológicas, que são desencadeadas pelo final da gestação e parto, dois eventos considerados estressores. Dados que correlacionam biomarcadores de estresse com a ordem de parto no periparto são escassos. É necessário desenvolver estudos que esclareçam o impacto do estresse do periparto em vacas de corte em pastejo e o efeito das diferentes ordens de parto na magnitude do estresse nesse período. Portanto, o objetivo é avaliar o estresse no periparto de fêmeas Nelore em pastejo de diferentes ordens de parto. Foram utilizadas 76 fêmeas Nelore gestantes, 38 primíparas e 38 pluríparas, oriundas de três estudos desenvolvidos em três anos. Considerando o dia 0 como dia do parto, amostras de sangue foram coletadas das vacas nos dias -7, 0, 7 e 14, para análise das concentrações de cortisol, glicose, ceruloplasmina, haptoglobina, ácidos graxos não esterificados (AGNE), proteínas totais e albumina. As globulinas foram calculadas pela diferença entre proteínas totais e albumina. A concentração sérica de cortisol diferiu entre as ordens de parto ( $P = 0,041$ ) e dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ), sendo superior para as primíparas em relação às pluríparas. Houve interação entre ordens de parto e os dias relativos ao parto para a glicose e ceruloplasmina sanguíneas ( $P=0,017$ ;  $P=0,005$ , respectivamente). Nos dias -7 e 0, os dois biomarcadores foram superiores em primíparas. A concentração de haptoglobina não apresentou efeito de ordem de parto, dias relativos ao parto ou interação ( $P \geq 0,176$ ). Houve interação ordem de parto e dias relativos ao parto para AGNE ( $P=0,022$ ), sendo que as concentrações no dia 7 foram superiores para as primíparas ( $P=0,001$ ). Para as proteínas totais e globulinas obtiveram interação significativa entre ordem de parto e dias relativos ao parto

( $P=0,014$ ;  $P=0,049$ , respectivamente). No dia 0 e no dia 7, as plúripas apresentaram concentrações mais elevadas ( $P = 0,004$ ) para proteínas totais e nos dias -7, dia 0 e no dia 7 ( $P \leq 0,049$ ) as plúripas foram superiores para em relação as globulinas. Houve interação significativa entre as ordens de parto e os dias relativos ao parto para albumina ( $P=0,028$ ), porém, o desmembramento da interação não revelou diferenças entre as ordens de parto ( $P \geq 0,114$ ). As primíparas apresentam maiores concentrações de cortisol, glicose, ceruloplasmina e ácidos graxos não esterificados, e as plúripas maiores concentrações de proteína total e globulinas. Embora as plúripas também experimentem alterações fisiológicas, primíparas manifestam em maior intensidade os efeitos negativos provocados pelo estresse no periparto.

Palavras Chaves: Cortisol; Parto; Plúripas; Primíparas; Proteínas de fase aguda

## ABSTRACT

Rodrigues, Isabela Iria, M.Sc., Federal University of Viçosa, February 2024. Evaluation of peripartum stress in Nelore cows of different parity orders under grazing conditions. Advisor: Luciana Navajas Rennó.

The periparturient period is commonly known for physiological changes triggered by the end of gestation and parturition, two events considered stressors. Data correlating stress biomarkers with parity order during the peripartum period are scarce. There is a need to develop studies that clarify the impact of peripartum stress in grazing beef cows and the effect of different parity orders on the magnitude of stress during this period. Therefore, the objective was to evaluate peripartum stress in Nelore females under grazing conditions of different parity orders. A total of 76 pregnant Nelore females, 38 primiparous and 38 multiparous, from three studies conducted over three years were used. Considering day 0 as the day of parturition, blood samples were collected from the cows on days -7, 0, 7, and 14 for analysis of cortisol, glucose, ceruloplasmin, haptoglobin, non-esterified fatty acids (NEFA), total proteins, and albumin concentrations. Globulins were calculated as the difference between total proteins and albumin. Serum cortisol concentration differed between parity orders ( $P = 0.041$ ) and relative days to parturition ( $P < 0.0001$ ), being higher in primiparous compared to multiparous cows. There was an interaction between parity orders and relative days to parturition for blood glucose and ceruloplasmin ( $P = 0.017$ ;  $P = 0.005$ , respectively). On days -7 and 0, both biomarkers were higher in primiparous cows. Haptoglobin concentration showed no effect of parity order, relative days to parturition, or interaction ( $P \geq 0.176$ ). There was an interaction between parity order and relative days to parturition for NEFA ( $P = 0.022$ ), with concentrations on day 7 being higher in primiparous

cows ( $P = 0.001$ ). Significant interaction between parity orders and relative days to parturition was found for total proteins and globulins ( $P = 0.014$ ;  $P = 0.049$ , respectively). On day 0 and day 7, multiparous cows had higher concentrations ( $P = 0.004$ ) for total proteins, and on days -7, 0, and 7 ( $P \leq 0.049$ ), multiparous cows had higher concentrations of globulins. There was a significant interaction between parity orders and relative days to parturition for albumin ( $P = 0.028$ ); however, the breakdown of the interaction revealed no differences between parity orders ( $P \geq 0.114$ ). Primiparous cows exhibited higher concentrations of cortisol, glucose, ceruloplasmin, and non-esterified fatty acids, while multiparous cows had higher concentrations of total protein and globulins. Although multiparous cows also experience physiological changes, primiparous cows show a greater intensity of negative effects caused by peripartum stress.

**Keywords:** Acute phase proteins; Cortisol; Parturition; Primiparous; Multiparous

## 1. INTRODUÇÃO

O período periparturiente é comumente conhecido por mudanças fisiológicas, que são desencadeadas pelo final da gestação e parto, dois eventos considerados estressores (Jacob et al., 2001). A principal via que coordena a resposta ao estresse é o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, no qual através da liberação de hormônios do estresse, como os glicocorticoides, age na regulação do sistema imunológico (Eskandari e Sternberg, 2002; Diez-Fraile et al., 2003) e somado a outros hormônios, também desempenham um papel crucial na regulação do comportamento materno (von Keyserlingk e Weary, 2007). Os efeitos do estresse proveniente do período periparturiente, como, as ações de rejeição ao recém-nascido podem afetar o sucesso da maternidade, como a transferência de imunidade da mãe para o bezerro, pelo colostro (Paranhos da Costa et al., 2008; McGee e Earley, 2019; Nevard et al., 2022), impactando na produtividade, desempenho e na sobrevivência da prole. Estes fatores também cruciais para garantir uma boa eficiência reprodutiva e econômica das fêmeas (Paranhos da Costa et al., 2008).

De forma geral, os hormônios e metabólitos que sofrem mudanças são, glicose, ácidos graxos não esterificados, albumina, progesterona, cortisol e as proteínas de fase aguda, haptoglobina e ceruloplasmina, que são alterados a fim de manter o os mecanismos internos do animal em equilíbrio (Bertoni et al., 2008; Jonsson et al., 2013; Bridges 2014; Uetake et al., 2014; Arfuso et al., 2023).

Dados que correlacionam biomarcadores de estresse com a ordem de parto no periparto são escassos (Jonsson et al. 2013), sendo estudos neste sentido desenvolvidos principalmente durante o período do desmame (Ungerfeld et al., 2011; Paula et al., 2023). Além disso, informações existentes foram desenvolvidas com vacas leiteiras, sem avaliação do efeito de ordem de parto (Bertoni et al., 2008; Uetake et al., 2014; Arfuso et al., 2023). Pouco se sabe sobre o estresse no periparto e as inter-relações entre os hormônios e metabólitos das vacas pluríparas em comparação com

as de menor ordem de parto, portanto, desenvolver estudos que esclareçam o impacto do estresse em vacas de corte em pastejo e o efeito das diferentes ordens de parto na magnitude do estresse nesse período é de extrema importância.

Assim, a hipótese do estudo foi de que fêmeas com ordem de parto inferior experimentam alterações fisiológicas negativas mais intensas, resultando em maior estresse durante o período periparturiente. Portanto, o objetivo foi avaliar durante três anos o estresse no periparto de fêmeas Nelore em pastejo de diferentes ordens de parto.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos em três anos na Unidade de Pesquisa, Ensino e Extensão em Gado de Corte (UEPE-GC), Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais – Brasil (20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W, 648,74 m), entre julho e setembro dos anos de 2018, 2020 e 2022. Todos os procedimentos receberam a aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), sob protocolo nº 120/2018, nº 42/2020, nº 8/2022.

Foram utilizadas 76 fêmeas Nelore gestantes, 38 primíparas (433 ± 49,65 kg; idade = 2 a 3 anos) e 38 pluríparas (547,36 ± 58,04 kg; idade = 4 a 6 anos), oriundas de três estudos. Sendo 24 utilizadas em 2018, 12 primíparas (442 ± 62 kg) e 12 pluríparas (505 ± 60 kg), 32 em 2020, 15 primíparas (407,27 ± 33,15 kg) e 17 pluríparas (597,76 ± 39,14 kg) e 20 em 2022, 10 primíparas (422 ± 34,0 kg) e 10 pluríparas (515 ± 43,0 kg). A nomenclatura atribuída a cada ordem de parto foi definida conforme a classificação pós-parto e assim, utilizada ao longo do artigo. Por exemplo, as primíparas antes do parto eram novilhas.

## 2.1. Projeto experimental, animais e manejo

Foram utilizadas 76 fêmeas Nelore gestantes, 38 primíparas ( $433 \pm 49,65$  kg; idade = 2 a 3 anos) e 38 pluríparas ( $547,36 \pm 58,04$  kg; idade = 4 a 6 anos), oriundas de três estudos. Sendo 24 utilizadas em 2018, 12 primíparas ( $442 \pm 62$  kg) e 12 pluríparas ( $505 \pm 60$  kg), 32 em 2020, 15 primíparas ( $407,27 \pm 33,15$  kg) e 17 pluríparas ( $597,76 \pm 39,14$  kg) e 20 em 2022, 10 primíparas ( $422 \pm 34,0$  kg) e 10 pluríparas ( $515 \pm 43,0$  kg). A nomenclatura atribuída a cada ordem de parto foi definida conforme a classificação pós-parto e assim, utilizada ao longo do artigo. Por exemplo, as primíparas antes do parto eram novilhas.

Os animais foram divididos aleatoriamente em piquetes de *Urochloa Decumbens* em taxa de lotação fixa, contendo de três a quatro fêmeas de cada ordem de parto, dependendo do ano do estudo. Os piquetes tinham uma média de 8.6 ha cada, com cochocoberto (0,7 m/animal) e bebedouros. Para que houvesse o estabelecimento da ordem de dominância, ajustamento às questões sociais e a exploração da área pelos animais em experimento, foi necessário um período de adaptação de 30 dias.

As fêmeas receberam um suplemento (Tabela 1) oferecido a partir de 60 dias antes da data prevista para o parto, às 12h, nas quantidades de 1 kg/animal/dia com 35% de proteína bruta como manejo nutricional padrão da UEPE-GC. O suplemento foi calculado para suprir aproximadamente 40% das exigências de proteína (Br Corte, 2023)

As fêmeas tiveram acesso ilimitado a água e mistura mineral (Tabela 2) oferecidas separadamente do suplemento e no pós-parto apenas a mistura mineral foi fornecida *ad libitum*. As vacas e bezerros permaneceram no mesmo piquete durante todo o experimento.

## 2.2. Descrição das coletas e análises laboratoriais

Considerando o dia 0 como dia do parto, amostras de sangue foram coletadas dos animais nos dias -7, 0, 7 e 14. No dia do parto, as amostras foram coletadas de forma padronizada entre 6 e 12 horas após o nascimento. Isso foi feito para não interferir no vínculo materno e devido ao manejo dos animais ser realizado a pasto. Para os animais que pariram à noite, as amostras foram coletadas pela manhã.

As amostras de sangue foram obtidas por punção venosa na jugular, utilizando tubos vacutainer que continham anticoagulante para análise de glicose (BD Vacutainer® Fluoretado/EDTA, São Paulo, Brasil), ceruloplasmina e haptoglobina (BD Vacutainer® Plus com Heparina, São Paulo, Brasil) ou gel separador de soro (BD Vacutainer® SST® II Advance®, São Paulo, Brasil) para análise de cortisol, albumina, proteínas totais e ácido graxo não esterificado (AGNE). Após as coletas, os tubos foram centrifugados a  $2200 \times g$  por 20 min, para a obtenção do plasma e soro, imediatamente transferidos para eppendorfs e armazenados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises.

As concentrações de glicose (K082), albumina (K031), proteínas totais (K031) foram determinadas utilizando kits Bioclin® (Belo Horizonte, Brasil) e AGNE (FA115), por kits da Randox® (Antrim, UK), todos realizados em analisador bioquímico automatizado Mindray, BS200E (Shenzhen, China). As globulinas foram calculadas pela diferença entre proteínas totais e albumina.

As concentrações séricas de cortisol foram detectadas pelo método quimioluminescente (Beckman Coulter®, 33600, Brea, CA, EUA) utilizando o sistema analisador Access® 2 (Beckman Coulter®, Brea, CA, EUA).

As análises de ceruloplasmina foram determinadas de acordo com os procedimentos colorimétricos descrito por Demetrius et al. (1974), expresso em mg/dL. As concentrações de haptoglobina foram determinadas medindo o complexo haptoglobina-hemoglobina estimando as diferenças na atividade da peroxidase (Makimura e Suzuki, 1982) e os resultados foram expressos em densidade óptica, resultante da leitura a 450 nm x 100 (Cooke e Arthington, 2013).

### 2.3. Análise Estatística

Os dados foram avaliados utilizando o procedimento mixed do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC; Versão 9.4) em delineamento em sub-bloco considerando vaca como a unidade experimental. Todas variáveis foram avaliadas como medias repetidas no tempo considerando piquete e ano (piquete) como efeitos aleatórios. A melhor estrutura de covariância foi escolhida baseada no menor valor do critério de Akaike com correção. Variáveis foram testadas para os efeitos fixos de ordem de parto, dias relativos ao parto e possível interação. Diferenças estatísticas foram estabelecidas quando  $P < 0,05$ .

## 3. RESULTADOS

A concentração sérica de cortisol (Figura 1) diferiu entre as ordens de parto ( $P = 0,041$ ) e dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ), sendo superior para as primíparas em relação as pluríparas (9,44 vs 7,53 ng/mL). Com relação ao dia (Tabela 1), em média, do -7 ao dia 0 ( $P < 0,0001$ ) a concentração de cortisol aumentou, do 0 ao 7 ( $P < 0,0001$ ) houve uma diminuição e do dia 7 ao dia 14 ( $P = 0,098$ ) manteve-se constante.

Houve interação entre as ordens de parto e os dias relativos ao parto para a glicosesanguínea ( $P = 0,017$ ; Figura 2). Nos dias -7 e 0, a glicose foi superior em primíparas ( $P \geq 0,006$ ). Em média, a glicose elevou-se do dia -7 ao dia 0 ( $P < 0,0001$ ), reduzindo-se no dia 7 ( $P < 0,0001$ ) e se mantendo estável até o dia 14 ( $P = 0,359$ ) (Tabela 1).

A ceruloplasmina apresentou interação entre as ordens de parto e os dias relativos ao parto ( $P = 0,005$ ; Figura 4a). As primíparas apresentaram concentrações superiores no dia -7 e no dia 0 ( $P \leq 0,009$ ). De forma geral, entre os dias -7 e 0 ( $P = 0,034$ ) ocorreu queda na concentração,

entre 0 e 7 ( $P < 0,0001$ ) aumentou os níveis e entre os dias 7 e 14 manteve-se estável ( $P = 0,204$ ) (Tabela 1).

A concentração de haptoglobina (Figura 4 b), não apresentou efeito de ordem de parto, dias relativos ao parto ou interação ( $P \geq 0,176$ ).

Houve interação ordens de parto e dias relativos ao parto para AGNE ( $P = 0,022$ ), sendo que as concentrações no dia 7 foram superiores para as primíparas ( $P = 0,001$ ; Figura 4). Os dias relativos ao parto também apresentou efeito ( $P < 0,0001$ ), em geral as concentrações de AGNE aumentaram do -7 ao dia 0 ( $P = 0,026$ ), diminuiu do 0 ao dia 7 ( $P = 0,014$ ) e continuou diminuindo do dia 7 ao 14 ( $P = 0,036$ ) (Tabela 1).

Para as proteínas totais, ocorreu interação significativa entre as ordens de parto e dias relativos ao parto ( $P = 0,014$ ). No dia 0 e no dia 7, as pluríparas apresentaram concentrações mais elevadas ( $P = 0,004$ ; Figura 3a).

Houve interação significativa entre as ordens de parto e os dias relativos ao parto para albumina ( $P = 0,028$ ). Porém, o desmembramento da interação não revelou diferenças entre as ordens de parto ( $P \geq 0,114$ ; Figura 3b). Com relação ao dia (Tabela 1), a concentração de albumina permaneceu estável do -7 ao dia 0 ( $P = 0,959$ ), diminuiu do 0 ao dia 7 ( $P = 0,001$ ) e continuou a diminuir do dia 7 ao 14 ( $P = 0,006$ ).

As globulinas também obtiveram interação as ordens de parto e dias relativos ao parto ( $P = 0,049$ ), sendo que as pluríparas foram superiores nos dias -7, dia 0 e no dia 7 ( $P \leq 0,049$ ; Figura 3c). Em média, a concentração de globulinas permaneceu estável entre os dias -7 e 0 ( $P = 0,692$ ), aumentou do 0 ao dia 7 ( $P = 0,008$ ) e permaneceu equilibrada do dia 7 ao 14 ( $P = 0,637$ ) (Tabela 1).

#### **4. DISCUSSÃO**

O período que engloba o parto compreende grandes alterações fisiológicas, que podem afetar a produtividade das vacas (Lucy, 2019), e

é dos eventos mais estressantes da vida, tanto para a mãe quanto para o recém-nascido (Mainau e Manteca, 2011; Nagel et al., 2019).

Uma das mais importantes respostas neuroendócrinas é a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, que ocorrem após uma condição de estresse, ajudando o organismo a restabelecer a homeostase, na qual envolve a produção de hormônios, como o cortisol (Arfuso et al., 2023), um glicocorticoide quantificado em níveis elevados durante o estresse (Karaer et al., 2023), sendo considerado um marcador importante em bovinos (Abeni et al., 2005).

No presente estudo, fêmeas primíparas apresentaram maiores concentrações de cortisol em comparação às fêmeas pluríparas. Isso pode ser atribuído a fatores como medo, maior estresse e comportamento mais reativo com o bezerro (Paranhos et al., 2007). Esses fatores provavelmente estão relacionados ao desconhecimento da prole para as fêmeas primíparas, o que não é o caso das pluríparas que já vivenciaram o parto anteriormente.

Vacas primíparas tendem a ser mais reativas do que pluríparas, ocasionando a uma maior frequência de recém-nascidos que não conseguem mamar nas primeiras três horas de vida (Schmidek et al., 2006). Tal comportamento reativo da mãe para com o filho pode acarretar em distúrbios imunológicos no recém-nascido. Isso acontece devido ao fornecimento inadequado de colostro, fundamental para a transferência de imunidade ao recém-nascido (Nevard et al., 2023).

O cortisol apresentou pico no parto, tanto para as primíparas como para as pluríparas. Nagel et al. (2019) relataram que a liberação de cortisol aumenta no parto e esse aumento transitório e pronunciado está relacionado ao estresse, como consequência da dor percebida pela parturiente. Corroborando com os dados desse estudo, Arfuso et al., (2023) avaliando a magnitude de estresse, a resposta inflamatória e sua relação em vacas Simental durante o parto, relataram valores superiores de cortisol no dia do parto e primeiro dia pós-parto, em relação aos dias -21, +7 e + 21.

Além do cortisol, a glicose apresentou níveis superiores para as primíparas no pré-parto e dia do parto, o que corrobora com o estudo de

Ferreira et al. (2021). Porém, no parto, tanto as primíparas quanto as pluríparas experimentaram um pico nos níveis de glicose, em maior extensão para primíparas, com níveis de 86,46 mg/dl comparado a 76,81 mg/dl para pluríparas. Isso sugere que a glicemia elevada é comum durante o parto (Garverick et al., 2013; Ferreira et al., 2020). De acordo com Vannucchi et al. (2015), a glicemia elevada pode ser um sinal de estresse durante o parto, pois decorre do aumentados níveis de cortisol.

Durante situações estressantes, a mobilização de energia é crucial para manter a homeostase, dessa forma a ação do cortisol e da adrenalina é para prevenir a hipoglicemia (Benfield et al., 2014), para não afetar negativamente as funções corporais vitais. Segundo Marik e Bellomo (2013), a hiperglicemia causada pelo estresse é induzida pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, citocinas pró-inflamatórias e o sistema simpatoadrenal queagem sinergicamente aumentando a produção hepática de glicose.

A produção elevada de cortisol ativa o mecanismo pró-inflamatório e o aumento das citocinas, como fator de necrose tumoral e as interleucinas 1 e 6. Tal fato, estimula a produção de proteínas de fase aguda, que são sintetizadas pelos hepatócitos. Essa resposta é um reflexo de lesões teciduais decorrentes de estresse ou inflamação (Cray, 2012). As proteínas de fase aguda, incluem haptoglobina e ceruloplasmina, que são classificadas como proteínas de fase aguda positivas (Petersen et al., 2004; Carroll e Forsberg, 2007). Geralmente, a concentração de proteínas de fase aguda na corrente sanguínea é baixa, mas os seus níveis podem aumentar dramaticamente durante a inflamação sistêmica (Bradford et al., 2005).

Neste estudo, primíparas apresentam níveis elevados de ceruloplasmina, especificamente durante o pré-parto e o parto. Este aumento de ceruloplasmina é coerente com o aumento de cortisol e glicose, denotando que, além da magnitude do estresse em fêmeas de menor ordem de parto ser superior nesse período, a ação do glicocorticoide regula o sistema imune e a ação das citocinas pró-inflamatórias.

Este fato apoia os resultados de Vicentini et al. (2022), que constataram que nulíparas vivenciam comportamentos pré-parto e de parto mais intensos, indicativos de dor e desconforto, do que as pluríparas,

originando um processo de parto mais cansativo. O processo da dor é a raiz de estados afetivos negativos, que podem alterar o comportamento e afetar os sistemas autonômico e neuroendócrino (Steagall et al., 2021). Mainau et al., (2014) sugerem que a ativação da resposta de fase aguda pode ser utilizada para estudar a ativação inflamatória e imunológica proporcionada pela maior resposta inflamatória durante o parto, indicando condições associadas à dor.

A haptoglobina de maneira oposta a ceruloplasmina não apresentou qualquer efeito de ordem de parto ou dia. Estudos não encontraram diferenças nas concentrações de haptoglobina durante o período entre o parto e pós-parto (Yehia et al., 2020). De acordo com Humblet et al. (2006), nem todas as vacas vão apresentar qualquer aumento na concentração de haptoglobina durante o parto, o que pode ser explicado, possivelmente, por uma variabilidade interindividual importante na resposta de fase aguda.

No presente estudo, há diminuição das concentrações de albumina após o parto, comprovando que no estado inflamatório a albumina atua como uma proteína de fase aguda negativa, apesar disso, a albumina neste estudo não foi sensível para diferenciar o nível de estresse entre as ordens de parto. A albumina é uma proteína considerada uma das mais abundantes no plasma sanguíneo (Smuts et al., 2019), é habitualmente secretada pelo fígado. Durante a resposta de fase aguda, há uma regulação positiva do mRNA hepático das proteínas de fase aguda, sendo associado a uma diminuição na síntese de proteínas do sangue, como a albumina (Gruys et al., 2005).

As globulinas apresentaram níveis mais elevados para as pluríparas durante quase todo o período do periparto, o que indica uma maior resposta do seu sistema imunológico. As concentrações séricas de globulinas são bons indicadores de resposta imune humoral (Chorfi et al., 2004) e há uma presunção de que o sistema imune das vacas possui memória imunológica. Ou seja, vacas mais velhas e de maior ordem de parto, dispõem de maior experiência do seu sistema imunológico, com isso, mais elevada será o título de anticorpos em relação a uma ampla gama de antígenos (Costa et al., 2021; Ferreira et al., 2021).

As diferenças encontradas para globulinas impactaram as concentrações das proteínas totais, uma vez que é a soma da albumina e globulinas. As menores concentrações para primíparas dessas variáveis neste estudo, possivelmente não estão relacionadas com o estresse no parto. Proteínas totais e globulinas são naturalmente maiores para pluríparas do que primíparas por estarem em diferentes estados metabólicos e imunológicos (Brscic, et al., 2015; Cavestany et al. 2005; Ferreira et al., 2021).

Os valores de AGNE foram superiores para as primíparas no dia 7 após o parto em relação às pluríparas. Assim como acontece com a glicose e o cortisol, os maiores níveis de AGNE no periparto podem ser atribuídos à sinergia entre os hormônios envolvidos na mobilização de energia durante o período de estresse.

Em síntese, o estresse no periparto desencadeia uma série de mudanças bem coordenadas no sistema fisiológico. Nessa situação, o cortisol desempenha papel essencial na manutenção da homeostase, aumentando os níveis de glicose e AGNE a fim de disponibilizar mais energia, principalmente em primíparas. A ceruloplasmina, juntamente com o cortisol, glicose e ácidos graxos não esterificados, apresentaram níveis mais elevados para as primíparas, evidenciando maior nível de estresse neste período para esta ordem de parto.

## **5. CONCLUSÕES**

As primíparas apresentam maiores concentrações de cortisol, glicose, ceruloplasmina e ácidos graxos não esterificados, e as pluríparas maiores concentrações de proteína total e globulinas. Embora as pluríparas também experimentem alterações fisiológicas, primíparas manifestam em maior intensidade os efeitos negativos provocados pelo estresse no periparto.

## REFERÊNCIAS

Arfuso, F., Minuti, A., Liotta, L., Giannetto, C., Trevisi, E., Piccione, G., Lopreiato, V. (2023). Stress and inflammatory response of cows and their calves during peripartum and early neonatal period. *Theriogenology*, 196, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.11.019>.

Benfield, R. D., Newton, E. R., Tanner, C. J., Heitkemper, M. M. (2014). Cortisol as a Biomarker of Stress in Term Human Labor: Physiological and Methodological. *Biological Research for Nursing*, 16(1), 64–71. <https://doi.org/10.1177/1099800412471580>.

Bertoni, G., Trevisi, E., Han, X., Bionaz, M. (2008). Effects of inflammatory conditions on liver activity in puerperium period and consequences for performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3300–3310. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-0995>.

Bradford, B. J., Yuan, K., Farney, J. K., Mamedova, L. K., Carpenter, A. J. (2015). Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 6631–6650. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9683>.

Brockman, R. P., Laarveld, B. (1986). Hormonal regulation of metabolism in ruminants; a review. *Livestock Production Science*, 14, 313-334. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(86\)90012-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90012-6).

Brcsic, M., Cozzi, G., Lora, I., Stefani, A. L., Contiero, B., Ravarotto, L., Gottardo, F. (2015). Short communication: Reference limits for blood analytes in Holstein late-pregnant heifers and dry cows: Effects of parity, days relative to calving, and season. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7886–7892. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9345>.

Cavestany, D., Blanc, J.E., Kulcsar, M., Uriarte, G., Chilibroste, P., Meikle, A., Febel, H., Ferraris, A., Krall, E. (2005). Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 52, 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00679.x>.

Carroll, J. A., Forsberg, N. E. (2007). Influence of Stress and Nutrition

on Cattle Immunity. *Veterinary Clinical Food Animal*, 23, 105–149. [https://doi: 10.1016/j.cvfa.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.01.003).

Chorfi, Y., Lanevski-Pietersma, A., Girard, V., Tremblay, A. (2004). Evaluation of variation in serum globulin concentrations in dairy cattle. *Veterinary Clinical Pathology*, 33, 122-127. [https://doi: 10.1111/j.1939-165X.2004.tb00360.x](https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2004.tb00360.x)

Chrousos, G. P. (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature Reviews Endocrinology*, 5, 374–381. [https://doi:10.1038/nrendo.2009.106](https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106).

Cooke, R.F., Arthington, J.D. (2013). Concentrations of Haptoglobin in Bovine Plasma Determined by ELISA or a Colorimetric Method Based on Peroxidase Activity: Methods to Determine Haptoglobin in Bovine Plasma. *Journal of Animal Physiology Animal Nutrition*, 97, 531–536. [https://doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01298.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01298.x)

Costa, A., Goi, A., Penasa, M., Nardino, G., Posenato, L., de Marchi, M. (2021). Variation of immunoglobulins G, A, and M and bovine serum albumin concentration in Holstein cow colostrum. *Animal*, 15, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100299>.

Cray, C., (2012). Acute phase proteins in animals. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 105, 113–150. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394596-9.00005-6>

Demetriou, J.A., Drewes, P.A., Gin, J.B. (1974). Ceruloplasmin. In *Clinical Chemistry*; Cannon, D.C., Winkelmann, J.W., Eds.; Harper and Row: Hagerstown, MD, USA. 857–864.

de Paula, C.; Rennó, L.N.; Ferreira, M.F.d.L.; Moreira, S.S.; Martins, H.C.; Rodrigues, I.I.; Detmann, E.; Valadares Filho, S.d.C.; Paulino, M.F. (2023). Does Parity Influence the Magnitude of the Stress Response of Nelore Cows at Weaning? *Animals*, 13, 1321. [https://doi.org/ 10.3390/ani13081321](https://doi.org/10.3390/ani13081321).

Edwards, S. A., Broom, D. M. (1982). Behavioural interactions of dairy cows with their newborn calves and the effects of parity. *Animal Behaviour*, 30, 525-535. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(82\)80065-1](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(82)80065-1).

Ferreira, M. F. de L., Rennó, L. N., Rodrigues, I. I., Detmann, E., Paulino, M. F., de Campos Valadares Filho, S., Martins, H. C., Moreira, S. S., &

de Lana, D. S. (2021). Effects of parity order on performance, metabolic, and hormonal parameters of grazing beef cows during pre-calving and lactation periods. *BMC Veterinary Research*, 17(311), 13-15. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03019-0>.

Garverick, H. A., Harris, M. N., Vogel-Bluel, R., Sampson, J. D., Bader, J., Lamberson, W. R., Spain, J. N., Lucy, M. C., Youngquist, R. S. (2013). Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science*, 96, 181–188. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5619>.

Grandinson, K. (2005). Genetic background of maternal behaviour and its relation to offspring survival. *Livestock Production Science*, 93, 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.005>.

Gruys, E., Toussaint, M. J. M., Niewold, T. A., Koopmans, S. J. (2005). Acute phase reaction and acute phase proteins. *Journal of Zhejiang University Science*, 6, 1045–1056. <https://doi.org/10.1631/jzus.2005.B1045>.

Humblet, M.-F., Guyot, H., Boudry, B., Mbayahi, F., Hanzen, C., Dé, F., Rollin, R., & Godeau, J.-M. (2006). Relationship between haptoglobin, serum amyloid A, and clinical status in a survey of dairy herds during a 6-month period. *Veterinary Clinical Pathology*, 35, 188-193. <https://doi:10.1111/j.1939-165x.2006.tb00112.x>.

Jacob, S.K., Ramnath, V., Philomina, P. T., Raghunandhanan, K. V., Kannan, A.(2001). Assessment of Physiological stress in periparturient cows and neonatal calves. *Indian Journal Physiology Pharmacology*, 45, 233-238.

Karaer, M. C., Čebulj-Kadunc, N., Snoj, T. (2023). Stress in wildlife: comparison of the stress response among domestic, captive, and free-ranging animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1167016>.

Kyrou, I., Tsigos, C. (2009). Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. *Current Opinion in Pharmacology*, 9, 787–793. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2009.08.007>.

le Neindre, P. (1989). Influence of Cattle Rearing Conditions and Breed on Social Relationships of Mother and Young. *Applied Animal Behaviour Science*, 23, 129–140.

Lucy, M. C. (2019). Stress, strain, and pregnancy outcome in

postpartum cows. *Animal Reproduction*, 16, 455–464. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0063>.

Mainau, E., Cuevas, A., Ruiz-de-la-Torre, J. L., Abbeloos, E., Manteca, X. (2014). Effect of meloxicam administration after calving on milk production, acute phase proteins, and behavior in dairy cows. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 9, 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.07.007>.

Mainau, E., Manteca, X. (2011). Pain and discomfort caused by parturition in cows and sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 135, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.020>.

Makimura, S.; Suzuki, N. (1982). Quantitative Determination of Bovine Serum Haptoglobin and Its Elevation in Some Inflammatory Disease. *Japanese Journal Veterinary Science*, 44, 15–21.

McGee, M., Earley, B. (2019). Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal*, 13, 810–825. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003026>.

Nagel, C., Aurich, C., Aurich, J. (2019). Stress effects on the regulation of parturition in different domestic animal species. *Animal Reproduction Science*, 207, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.04.011>.

Nevard, R.P.; Pant, S.D.; Broster, J.C.; Norman, S.T.; Stephen, C.P. (2023). Maternal Behavior in Beef Cattle: The Physiology, Assessment and Future Directions— A Review. *Veterinary Sciences*, 10, 1-25. <https://doi.org/10.3390/vetsci10010010>.

Paranhos da Costa, M. J. R., Schmidek, A., Toledo, L. M. (2008). Mother- Offspring Interactions in Zebu Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 213–216. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01164.x>.

Petersen, H. H., Nielsen, J. P., Heegaard, P. M. H. (2004). Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry. *Veterinary Research*, 35, 163–18. <https://doi.org/10.1051/vetres:2004002>.

Proudfoot, K. L., Huzzey, J. M. (2022). A first time for everything: The influence of parity on the behavior of transition dairy cows. *JDS Communications*, 3, 467–471. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0290>.

Sauerwein, H., Bles, T., Zamarian, V., Catozzi, C., Müller, U., Sadri, H., Dänicke, S., Frahm, J., Ceciliani, F. (2020). Acute phase proteins and markers of oxidative status in water buffalos during the transition from late pregnancy to early lactation. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 228, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2020.110113>.

Schmidek, A., Paranhos da Costa, M.J.R., Mercadante, M.E.Z., Toledo, L.M., (2006). The effect of newborn calves vigour in their mortality probability. In: *Proceedings of the 40th International Congress of the International Society of Applied Ethology*, Bristol. 221.

Smuts, M. P., de Bruyn, S., Thompson, P. N., Holm, D. E. (2019). Serum albumin concentration of donor cows as an indicator of developmental competence of oocytes. *Theriogenology*, 125, 84–192. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.002>.

Steagall, P. V., Bustamante, H., Johnson, C. B., Turner, P. V. (2021). Pain management in farm animals: Focus on cattle, sheep and pigs. *Animals*, 11, 1-17. <https://doi.org/10.3390/ani11061483>.

Tsigos, C., Kyrou, I., Kassi, E., Chrousos, G. P., Feingold, K. R., Anawalt, B., Blackman, M. R., Boyce, A., Chrousos, J., Corpas, E., et al., (2020). *Stress: Endocrine Physiology and Pathophysiology*. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.

Uetake, K., Akiyama, K., & Tanaka, T. (2014). Relationship between stress level of the antepartum cow and her newborn calf. *Animal Science Journal*, 85, 81–84. <https://doi.org/10.1111/asj.12078>.

Ungerfeld, R., Hötzel, M. J., Scarsi, A., Quintans, G. (2011). Behavioral and physiological changes in early-weaned multiparous and primiparous beef cows. *Animal*, 5(8), 1270–1275. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000334>.

Valadares Filho, S.C., Saraiva, D.T., Benedeti, P.D.B., Silva, F.A.S., Chizzotti, M.L. (2023). *BR-CORTE 4.0: Nutrient requirements of zebu and crossbred cattle*. Ed. Suprema.

Vandenheede, M., Nicks, B., de Âsiron, A., Canart, B. (2001). Mother-young relationships in Belgian Blue cattle after a Caesarean section: characterisation and effectsof parity. *Applied Animal Behaviour Science*, 72, 281-292. [https://doi: 10.1016/S0168-1591\(01\)00118-6](https://doi: 10.1016/S0168-1591(01)00118-6).

Vannucchi, C. I., Rodrigues, J. A., Silva, L. C. G., Lúcio, C. F., Veiga, G. A. L., Furtado, P. v., Oliveira, C. A., & Nichi, M. (2015). Association between birth conditionsand glucose and cortisol profiles of periparturient dairy cows and neonatal calves. *Veterinary Record*, 176, 358. <https://doi.org/10.1136/vr.102862>.

Vicentini, R. R., el Faro, L., Ujita, A., Lima, M. L. P., Oliveira, A. P., Sant'Anna, A. C. (2022). Is maternal defensiveness of Gyr cows (*Bos taurus indicus*) related to parity and cows' behaviors during the peripartum period? *PLoS ONE*, 17, 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274392>.

von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. (2007). Maternal behavior in cattle. *Hormones and Behavior*, 52, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.015>.

Yehia, S. G., Ramadan, E. S., Megahed, E. A., Salem, N.Y. (2020) Effect of parity on metabolic and oxidative stress profiles in Holstein dairy cows. *Veterinary World*, 13, 2780-2786. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2780-2786>.

## ANEXO

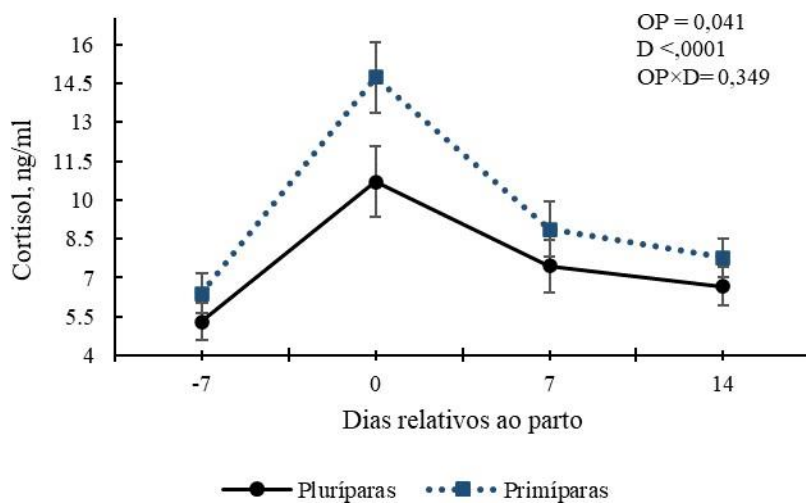


Figura 1. Concentração sérica de cortisol de fêmeas Nelore de diferentes ordens de parto (OP) em pastejo de acordo com os dias relativos ao parto (D). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P < 0,05$ ).

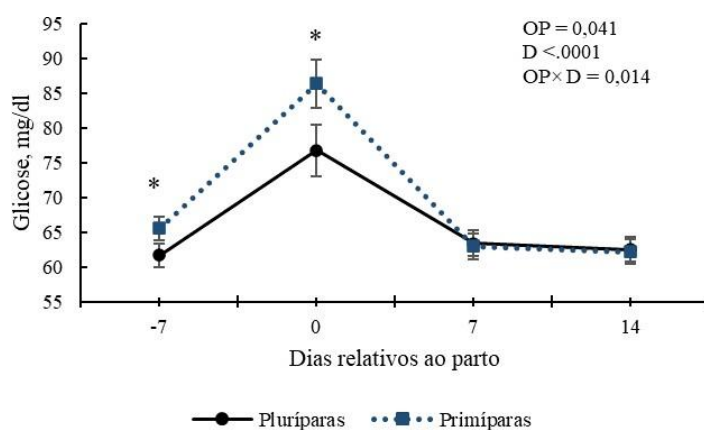


Figura 2. Concentração plasmática de glicose de fêmeas Nelore de diferentes ordens de parto (OP) em pastejo de acordo com os dias relativos ao parto (D). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P < 0,05$ ).

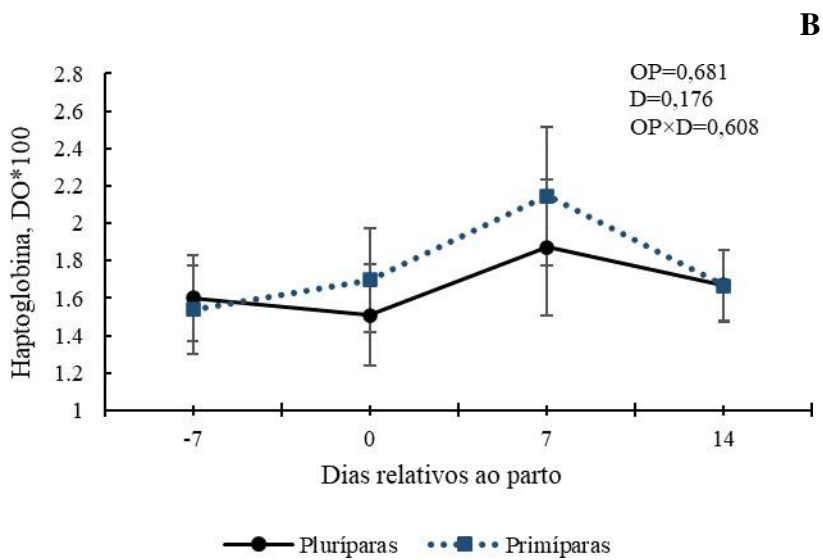
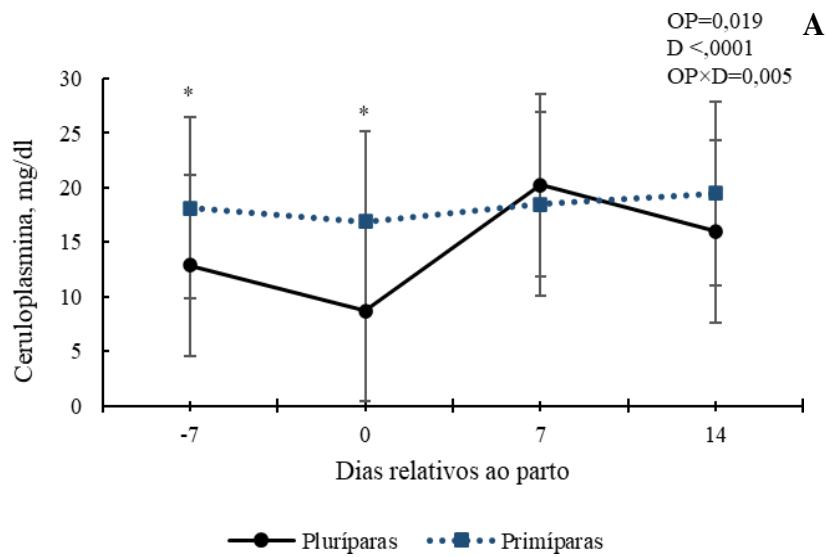


Figura 3: Concentração plasmática de ceruloplasmina (A) e haptoglobina (B) de fêmeas Nelore de diferentes ordens de parto (OP) sob pastejo de acordo com os dias relativos ao parto (D). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P < 0,05$ ).

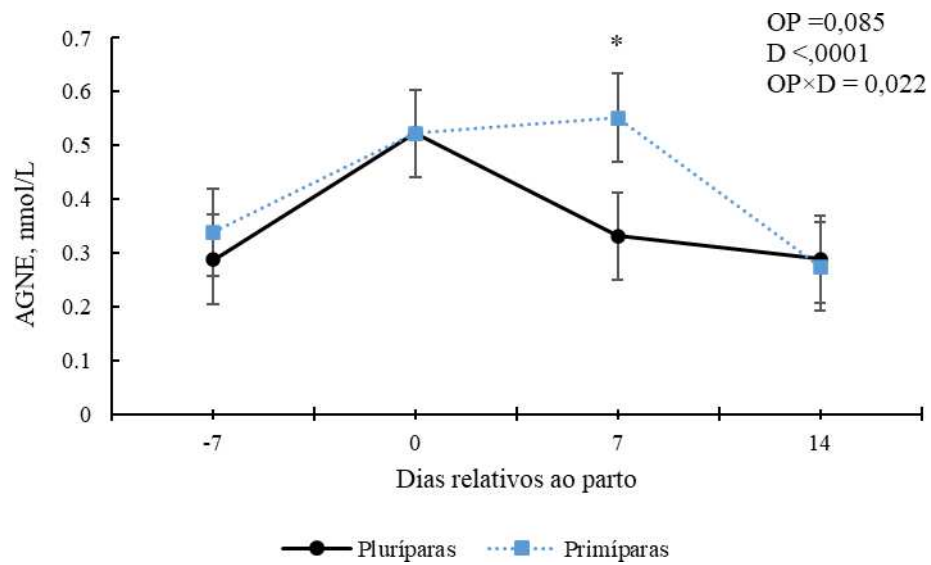
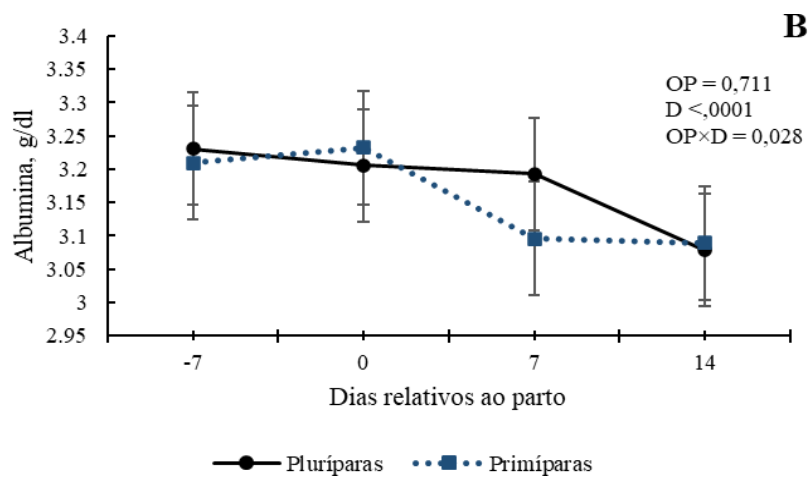
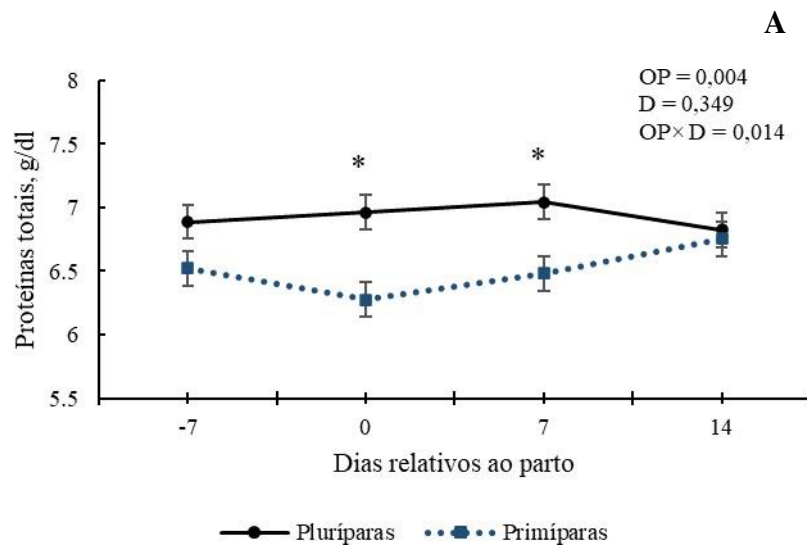
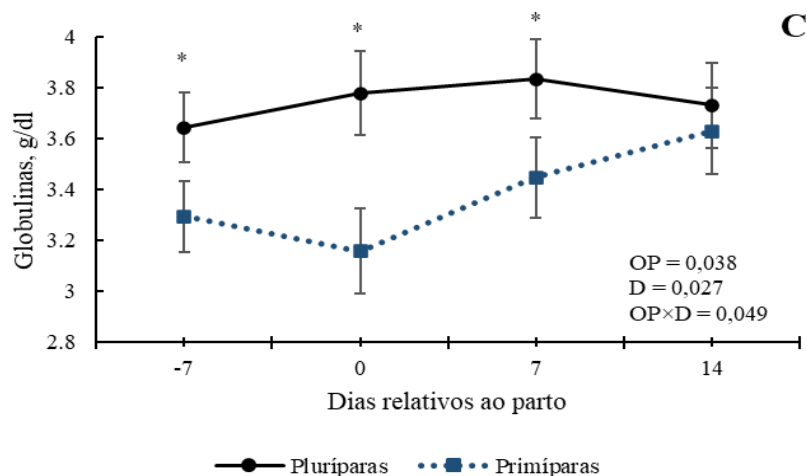


Figura 4: Concentração sérica de AGNE de fêmeas Nelore de diferentes ordens de parto (OP) sobpastejo de acordo com os dias relativos ao parto (D). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P < 0,05$ ).





Figura

3: Concentração sérica de proteínas totais (A), albumina (B), globulinas (C) de fêmeas Nelore de diferentes ordens de parto (OP) sob pastejo de acordo com os dias relativos ao parto (D). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P < 0,05$ ).

Tabela 1. Parâmetros sanguíneos de acordo com os dias relativos ao parto

Itens	Dias referentes ao parto				SEM	P-valor
	d -7	d 0	d 7	d 14		
Cortisol, ng/mL	5,60 <sup>c</sup>	11,19 <sup>a</sup>	7,93 <sup>b</sup>	6,92 <sup>bc</sup>	0,722	<,0001
Glicose, mg/dL	63,61 <sup>b</sup>	78,15 <sup>a</sup>	63,48 <sup>b</sup>	62,46 <sup>b</sup>	1,621	<,0001
Ceruloplasmina, mg/dL	15,50 <sup>b</sup>	12,81 <sup>c</sup>	19,36 <sup>a</sup>	17,74 <sup>ab</sup>	8,272	<,0001
AGNE, nmol/L	0,32 <sup>c</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,28 <sup>c</sup>	0,070	<,0001
Albumina, g/dL	3,22 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	3,14 <sup>b</sup>	3,08 <sup>c</sup>	0,284	<,0001
Globulinas, g/dL	3,46 <sup>b</sup>	3,44 <sup>b</sup>	3,64 <sup>ab</sup>	3,68 <sup>a</sup>	0,122	<0,027

d, dias relativos ao parto; SEM, erro padrão da média; AGNE, ácidos graxos não esterificados. As letras diferentes significam que os dias são estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

## RESUMO

Rodrigues, Isabela Iria, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. Efeito da ordem de parto sobre a produção de leite e metabolismo de vacas Nelore em pastejo. Orientadora: Luciana Navajas Rennó.

Vacas primíparas apresentam um estado metabólico diferente de pluríparas, devido às suas necessidades de nutrientes para o crescimento, além da manutenção e produção de leite. Estudos mostram que o metabolismo pode ser alterado pela ordem de parto em vacas leiteiras, porém há pouca informação disponível para vacas de corte, principalmente em sistemas a pasto e em condições tropicais. A hipótese deste estudo foi de que a ordem de parto influencia a produção de leite e o metabolismo de vacas Nelore em pastejo. Dessa forma, esperava-se que as primíparas apresentem características metabólicas mais instáveis e produção de leite inferior às pluríparas. O objetivo do presente estudo foi avaliar a produção de leite e o perfil metabólico de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo. O experimento foi conduzido entre agosto de 2020 e junho de 2021, envolvendo 32 fêmeas gestantes da raça Nelore, sendo 15 primíparas e 17 pluríparas, com coletas de sangue, no pré-parto -21, -14, -7, dia 0 (o dia do parto) e pós-parto 7, 14, 21, 42, 63, 91, 140 e 203. O ECC foi realizado nos dias -60, -30, 30, 60, 91, 140 e 203. A ordenha foi realizada nos dias seguintes à coleta de sangue. Foi estimado as concentrações de glicose, albumina, proteínas totais, nitrogênio ureico sérico (NUS), creatinina, triglicerídeos, colesterol total, lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL), lipoproteína de alta densidade (HDL), ácido graxo não esterificado (AGNE), betahidroxibutirato ( $\beta$ HB) e fator do crescimento semelhante a insulina, tipo 1 (IGF-1). Para o leite foram analisadas o teor de proteína, gordura e lactose. A pesagem foi realizada nos dias da coleta de sangue. Houve efeito das ordens de parto para o peso corporal inicial (PCi) e final (PCf) ( $P < 0,0001$ ) e o peso do bezerro ao nascimento (Pbezerro) ( $P = 0,016$ ), onde foram maiores para as vacas pluríparas. O escore de condição corporal

(ECC) ( $P < 0,0001$ ), glicose ( $P = 0,042$ ), HDL ( $P = 0,002$ ), albumina ( $P < 0,0001$ ), globulinas ( $P = 0,003$ ), NUS ( $P < 0,0001$ ), creatinina ( $P = 0,004$ ), AGNE ( $P < 0,0001$ ) e IGF-1 ( $P < 0,002$ ) apresentaram interação ordem de parto e dias relativos ao parto. A produção de leite ( $P = 0,019$ ;  $P < 0,0001$ ), triglicérides, VLDL ( $P = 0,002$ ;  $P < 0,0001$ ) e proteínas totais ( $P < 0,0001$ ) apresentaram efeito de ordem de parto e dos dias relativos ao parto, sendo superior para as pluríparas. O colesterol total ( $P < 0,0001$ ), LDL ( $P < 0,0001$ ) e  $\beta$ HB ( $P < 0,0001$ ) apresentaram apenas efeito de dias relativos ao parto. O estado metabólico difere entre vacas primíparas e pluríparas, e ocorrem mudanças significativas ao longo dos dias relativos ao parto para as duas ordens de parto. A magnitude em que as vacas pluríparas são afetadas é menor que em primíparas, que são mais propensas ao impacto das variações metabólicas, além de apresentarem menor ECC, produção de leite, e peso do bezerro ao nascimento.

Palavras-Chave: Escore de condição corporal; Glicose; Pluríparas; Primíparas; Produção de leite; IGF-1

## ABSTRACT

Rodrigues, Isabela Iria, M.Sc., Federal University of Viçosa, February 2024. Effect of parity order on milk production and metabolism of Nelore cows under grazing conditions. Advisor: Luciana Navajas Rennó.

Primiparous cows exhibit a different metabolic state compared to multiparous cows due to their nutritional requirements for growth, maintenance, and milk production. Studies indicate that metabolism can be influenced by parity order in dairy cows, yet there is limited information available for beef cows, especially under grazing and tropical conditions. This study hypothesized that parity order influences milk production and metabolism in Nelore cows under grazing conditions. Accordingly, it was expected that primiparous cows would show more unstable metabolic characteristics and lower milk production compared to multiparous cows. The objective was to evaluate milk production and metabolic profiles of Nelore cows of different parity orders under grazing conditions. The experiment was conducted between August 2020 and June 2021, involving 32 pregnant Nelore females (15 primiparous and 17 multiparous). Blood samples were collected pre-partum at -21, -14, -7, day 0 (parturition day), and post-partum at 7, 14, 21, 42, 63, 91, 140, and 203 days. Body condition score (BCS) assessments were conducted on days -60, -30, 30, 60, 91, 140, and 203. Milk samples were collected following blood collection. Concentrations of glucose, albumin, total proteins, serum urea nitrogen (SUN), creatinine, triglycerides, total cholesterol, very low-density lipoprotein (VLDL), low-density lipoprotein (LDL), high-density lipoprotein (HDL), non-esterified fatty acids (NEFA), beta-hydroxybutyrate ( $\beta$ HB), and insulin-like growth factor 1 (IGF-1) were estimated. Milk composition including protein, fat, and lactose content were analyzed. Body weight measurements were taken on blood collection days. There was an effect of parity order on initial body weight (IBW) and final body weight (FBW) ( $P < 0.0001$ ), as well as calf birth weight ( $P_{\text{calf}}$ ) ( $P = 0.016$ ), all of which were higher in multiparous cows.

Body condition score (BCS) ( $P < 0.0001$ ), glucose ( $P = 0.042$ ), HDL ( $P = 0.002$ ), albumin ( $P < 0.0001$ ), globulins ( $P = 0.003$ ), SUN ( $P < 0.0001$ ), creatinine ( $P = 0.004$ ), NEFA ( $P < 0.0001$ ), and IGF-1 ( $P < 0.002$ ) showed interaction between parity order and relative days to parturition. Milk production ( $P = 0.019$ ;  $P < 0.0001$ ), triglycerides, VLDL ( $P = 0.002$ ;  $P < 0.0001$ ), and total proteins ( $P < 0.0001$ ) exhibited effects of parity order and relative days to parturition, being higher in multiparous cows. Total cholesterol ( $P < 0.0001$ ), LDL ( $P < 0.0001$ ), and  $\beta$ HB ( $P < 0.0001$ ) showed effects only of relative days to parturition. The metabolic state differs between primiparous and multiparous cows, with significant changes occurring throughout the relative days to parturition for both parity orders. Primiparous cows are more susceptible to metabolic variations, exhibiting lower BCS, milk production, and calf birth weight compared to multiparous cows.

Keywords: Body condition score; Glucose; Multiparous; Primiparous; Milk production; IGF-1

## 1. INTRODUÇÃO

A produtividade ao longo da vida da vaca é influenciada pelo momento da concepção, que é afetada negativamente por mudanças metabólicas (Hobbs et al., 2017). O estado nutricional das vacas pode ser influenciado pela condição corporal, estágio fisiológico, nível de produção de leite (Hayirli et al., 2002), por fatores dietéticos (Park et al., 2002), pela ordem de parto (Ferreira et al., 2021), dentre outros fatores.

Vacas de menor ordem de parto são mais predispostas a diminuição da eficiência reprodutiva e a alterações metabólicas (Hobbs et al., 2017) devido às suas necessidades de nutrientes, com a manutenção e o crescimento sendo prioridades. Portanto, é mais provável que em vacas pluríparas os nutrientes estejam disponíveis para a síntese do leite e o início dos ciclos estrais, uma vez que elas não precisam direcionar os nutrientes para seu crescimento (Stevenson et al., 2003).

As concentrações sanguíneas de glicose, proteínas totais, nitrogênio ureico, ácidos graxos não esterificados (AGNE), fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) e outros metabólitos do sangue podem impactar negativamente na produtividade dos animais caso sejam alterados. De acordo com Ferreira et al. (2021a), as alterações metabólicas são resultantes da complexa interação entre os processos metabólicos que comunicam o estado nutricional do animal.

Na literatura, estudos mostram que o metabolismo pode ser alterado pela ordem de parto em vacas leiteiras (Wathes et al., 2007; Kaufmann et al., 2010; Walter et al., 2022; Poczynek et al., 2023), porém há pouca informação disponível para vacas de corte (Nasem 2016; Ferreira et al., 2021; BR CORTE 2023), principalmente em sistemas a pasto e em condições tropicais. Além disso, alguns parâmetros fisiológicos reportados são inconsistentes entre as diferentes ordens de parto. Por exemplo, o  $\beta$ -hidroxibutirato ( $\beta$ HB) aumentou após o parto para vacas mais jovens, conforme relatado por Hobbs et al., (2007), enquanto o estudo de Ferreira et al., (2021) encontrou o oposto, com as vacas mais

velhas apresentando um aumento maior logo após o parto.

A hipótese deste estudo foi de que a ordem de parto influencia a produção de leite e o metabolismo de vacas Nelore em pastejo. Dessa forma, esperava-se que as primíparas apresentem características metabólicas mais instáveis e produção de leite inferior às pluríparas. O objetivo foi avaliar a produção de leite e o perfil metabólico de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre agosto de 2020 e junho de 2021 na Unidade de Pesquisa, Ensino e Extensão em Gado de Corte (UEPE - GC) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada em Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil (20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W, 648,74 m). O Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV) aprovou o experimento sob protocolo número 42/2020.

### 2.1. Caracterização da área, animais e manejo

O estudo envolveu 32 fêmeas da raça Nelore gestantes de F1 (Angus x Nelore), sendo 15 primíparas e 17 pluríparas, com idade, pesos médios e escores de condição corporal iniciais de: 2 a 3 anos, 407,27 ± 33,15 Kg, 5,39 ± 0,22; 4 a 6 anos, 597,76 ± 39,14 Kg, 6,65 ± 0,24, respectivamente. A nomenclatura atribuída a cada ordem de parto foi definida conforme a classificação pós-parto e assim, utilizada ao longo do manuscrito. Por exemplo, as primíparas antes do parto eram novilhas.

Os animais foram divididos aleatoriamente em oito piquetes de *Urochloa Decumbens* em taxa de lotação fixa, contendo duas fêmeas de cada ordem de parto. Os piquetes tinham uma média de 8,6 ha cada, com cocho coberto (0,7 m/animal) e bebedouros. Para que houvesse o

estabelecimento da ordem de dominância, ajustamento às questões sociais e a exploração da área pelos animais, foi necessário um período de adaptação de 30 dias.

As fêmeas receberam um suplemento (Tabela 1) oferecido a partir de 60 dias antes da data prevista para o parto, às 12h, na quantidade de 1 kg/animal/dia, como 35% de proteína bruta como manejo nutricional padrão da UEPE-GC. O suplemento foi calculado para suprir aproximadamente 40% das exigências de proteínas (BR-CORTE, 2023).

As fêmeas tiveram acesso ilimitado a água e mistura mineral (Tabela 2) oferecida separadamente do suplemento e no pós-parto apenas a mistura mineral foi fornecida *ad libitum*. As vacas e bezerros permaneceram no mesmo piquete durante todo o experimento.

Durante a estação reprodutiva, iniciada por volta de 60 dias após o parto, as vacas foram sincronizadas e realizada inseminação artificial em tempo fixo, procedimento anualmente usual no setor pecuário de corte.

Tabela 1: Composição e concentração do suplemento das vacas no pré-parto

Ingredientes	Concentração (%)
Milho	41,2
Farelo de soja	56,3
Ureia/SA	2,5

Proteína Bruta (PB) = 35%;

Tabela 2: Composição e concentração da mistura mineral fornecido *ad libitum* para as vacas no pré-parto e pós-parto

Ingredientes	Concentração (%)
Fosfato bicálcico	50
Cloreto de sódio	47,78
Sulfato de zinco	1,4
Sulfato de cobre	0,7
Sulfato de cobalto	0,05
Iodato de potássio	0,05
Sulfato de manganês	0.025

## 2.2. Descrição das coletas

Amostras de sangue foram coletadas dos animais em dias específicos, no pré-parto -21, -14, -7, dia 0 (o dia do parto) e pós-parto 7, 14, 21, 42, 63, 91, 140 e 203. Os animais foram pesados e seu peso foi registrado ao final de cada coleta de sangue, sendo que a pesagem inicial do experimento ocorreu no dia -60. O Escore de Condição Corporal foi realizado nos dias -60, -30, 30, 60, 91, 140 e 203, o sistema de pontuação variou de 1 a 9 (NRC, 2000).

As amostras de sangue foram obtidas por punção venosa na jugular, utilizando tubos vacutainer que continham anticoagulante ou gel separador de soro. Logo após as coletas, os tubos foram centrifugados a  $2200 \times g$  por 20 min, para a obtenção do soro e plasma, imediatamente transferidos para eppendorfs e guardados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises.

Para análise de colesterol total, triglicerídeos, lipoproteína de alta densidade (HDL), creatinina, ureia, AGNE,  $\beta\text{HB}$ , fator de crescimento semelhante à insulina (IGF- 1), albumina e proteínas totais foram utilizados tubos com gel separador (BD Vacutainer® SST® II Advance®, São Paulo, Brasil). A concentração de glicose no plasma foi quantificada utilizando um tubo contendo EDTA e sódio fluoretado (BD Vacutainer® Fluorinated/EDTA, São Paulo, Brasil).

A ordenha foi realizada em ordenhadeira para a estimativa da produção de leite, nos dias seguintes à coleta de sangue. Os procedimentos para coleta do leite foram feitos conforme descrito por Boggs et al., (1980) que controlaram o período de amamentação antes da separação dos bezerros. Para esvaziar os úberes, os bezerros foram separados das mães das 15h às 17h30, quando eram reunidos às mães e autorizados a mamar. Às 18h, os bezerros eram novamente separados das mães o dia seguinte. Às 06h do dia seguinte, as vacas foram ordenhadas imediatamente após a injeção de 1,0 mL de ocitocina (10 UI/mL; Ocitovet®, Brasil) na veia mamária. Os bezerros foram mantidos afastados até a coleta das 18h, para obtenção da produção do leite total de 24h. O leite produzido foi pesado e registrado o horário exato do término da coleta de cada fêmea.

Em seguida, para a produção total de leite foi calculada como a soma das duas ordenhas. Além disso, foram coletadas amostras de 30 mL de leite das ordenhas da manhã da tarde de cada vaca para avaliar a composição do leite.

### 2.3. Análises laboratoriais

As concentrações de glicose (K082), albumina (K031), proteínas totais (K031), ureia (K056), creatinina (K067), triglicerídeos (K117), colesterol total (K083), HDL (K071) foram determinados utilizando kits Bioclin® (Belo Horizonte, Brazil); AGNE (FA115) e  $\beta$ HB (RB1007) foram analisados usando kits Randox® (Antrim, Reino Unido), em analisador bioquímico automático Mindray, BS200E (Shenzhen, China). A concentração de IGF-1 foi quantificado usando kits Siemens® (Berlim, Alemanha) por quimioluminescência (Berlim, Alemanha).

O conteúdo sérico de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) foram calculadas pela equação:  $CT = HDL + LDL + VLDL$ , onde CT = colesterol total e  $VLDL = \text{triglicerídeos}/5$  (Friedewald et al., 1972). As globulinas foram calculadas pela diferença entre proteínas totais e albumina. A concentração de nitrogênio ureico sérico (NUS) foi estimado em 46,67% da ureia sérica.

As amostras de leite foram analisadas quanto ao teor de proteína, gordura e lactose por meio de espectroscopia infravermelha (Lactoscan, Entelbra, São Paulo, Brasil).

### 2.4. Amostragem de forragem

A cada 30 dias, amostras de forragem foram coletadas por meio de dois métodos: simulação manual de pastejo para avaliar a forragem selecionada pelos animais e corte em nível do solo em cinco áreas

delimitadas (0,5 x 0,5 m), selecionadas aleatoriamente em cada piquete para quantificar a matéria seca (MS) total por hectare. Todas as amostras foram pesadas, secas em estufa (55 °C) e depois moídas para passarem por peneiras de 1 e 2 mm em moinho Wiley (modelo 3, Arthur H, Thomas, Filadélfia, EUA). Todos os dados de cada mês foram combinados e expressos em média por estação, como segue: estação seca, de julho e agosto (início do experimento), estação de transição seca para chuvosa, de setembro a novembro; período chuvoso, de dezembro a fevereiro; e período de transição chuvoso-seco, de março a maio (final do experimento). A disponibilidade média de MS de forragem foi: período seco = 2,6 t/ha, transição seco-chuvoso = 3,51 t/ha; período chuvoso = 3,18t/ha; transição chuvosa-seca =3,06 t/ha. A composição química do suplemento e a composição química da forragem de acordo com a estação do ano são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Suplemento fornecido às vacas aos 60 dias pré-parto e Composição química da forragem

Item	Suplemento	<i>Urochloa decumbens</i>			
		Seca	Seca-água	Água	Água-seca
Mas	870,98	338,40	408,22	370,23	356,04
PB <sup>b</sup>	32,05	67,11	83,06	95,26	70,66
FDN <sup>b</sup>	146,6	681,62	699,05	671,33	711,41
FDNi <sup>b</sup>	-	282,88	288,38	230,44	262,41
PIDN <sup>c</sup>	-	25,52	23,04	23,82	22,52

MS Matéria seca, PB proteína bruta, FDNcp fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas FDNi, fibra em detergente neutro indigestível, PIDN nitrogênio em detergente neutro insolúvel,

<sup>a</sup> g/kg de matéria natural; <sup>b</sup> g/kg MS; <sup>c</sup> g/kg de nitrogênio total

## 2.5. Análise Estatística

As variáveis-resposta de natureza contínua foram avaliadas segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + e_{(ij)k}$$

em que:  $Y_{ijk}$  = observação tomada no animal  $k$ , pertencente à ordem de parto  $j$  e manejado no piquete  $i$ ;  $\mu$  = constante geral;  $P_i$  = efeito do piquete  $i$  (aleatório);  $C_j$  = efeito da ordem de parto  $j$  (fixo);  $e_{(ij)k}$  = erro aleatório, não observável, pressuposto NID ( $0, \sigma^2_\epsilon$ ).

Parâmetros sanguíneos, produção de leite e ECC foram medidos ao longo do tempo nos mesmos animais e foram avaliados como medidas repetidas, onde a melhor estrutura da matriz de (co)variância foi escolhida com base no critério de informação de Akaike corrigido (AICc). Efeitos de ordem de parto, de dias relativos ao parto, e interação ordem de parto e dias relativos ao parto foram analisadas. Quando necessário, as médias foram comparadas pela diferença mínima significativa de Fisher. Os graus de liberdade foram estimados pelo método Kenward-Roger. As análises foram realizadas pelo PROCGLIMMIX do Statistical Analysis System. Todas as avaliações estatísticas foram realizadas considerando 0,05 como nível crítico de probabilidade para ocorrência do erro tipo I.

### 3. RESULTADOS

Houve efeito das ordens de parto para o peso corporal inicial (PCi) e final (PCf) ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4), tempo de gestação (TempGest) ( $P = 0,009$ ; Tabela 4) e o peso do bezerro ao nascimento (Pbezerro) ( $P = 0,016$ ; Tabela 4), onde foram maiores para as vacas pluríparas. O ganho médio diário pré-parto (GMD pré) e o ganho médio diário pós-parto final (GMDf) não apresentaram efeito de ordem de parto ( $P = 0,956$ ;  $P = 0,607$ ;  $P = 0,387$ ; respectivamente; Tabela 4).

Tabela 4: Desempenho de acordo com as ordens de parto em vacas Nelore em pastejo

Itens	Ordem de Parto		P-valor	
	Primíparas	Pluríparas	SEM	OP
PCi	407,27 <sup>b</sup>	597,00 <sup>a</sup>	9,405	<0001
PCf	393,40 <sup>b</sup>	572,19 <sup>a</sup>	8,944	<0001
GMD pré	0,17	0,18	0,115	0,956
GMDf	0,10	0,07	0,027	0,387
TempGest	281,73	286,06	1,085	0,009
Pbezerro	30,33 <sup>b</sup>	35,00 <sup>a</sup>	1,290	0,016

PCi, peso corporal inicial das vacas (kg); PCf, peso corporal final das vacas (kg); GMD pré, ganho médio diário pré-parto (kg/d); GMDf, ganho médio diário pós-parto final (kg/d); TempGest, tempo de gestação; Pbezerro, peso médio dos bezerros ao nascimento (kg); SEM, erro padrão da média; OP, ordem de parto. As médias das ordens de parto seguidas de letras são estatisticamente distintas ( $P < 0,05$ ).

Ocorreu interação entre ordens de parto e dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ; Figura 1) para o escore de condição corporal (ECC), e as pluríparas apresentaram ECC superiores em todos os dias avaliados. Em relação ao efeito de ordem de parto, as médias para as primíparas e pluríparas foram de 5,20 e 6,14, respectivamente.

Houve efeito das ordens de parto e dos dias relativos ao parto na produção de leite ( $P = 0,019$ ;  $P < 0,0001$ , respectivamente; Tabela 5), sendo esta maior para as pluríparas durante toda a lactação (Figura 2a). Entre os dias 7 e 42, a produção de leite manteve-se constante; do dia 63 ao 203, observou-se uma queda na produção, sendo que no último dia foi a menor produção registrada.

Em relação à composição do leite, tanto a gordura quanto os sólidos totais foram influenciados pelas ordens de parto ( $P = 0,001$ ;  $P = 0,002$ , respectivamente; Tabela 5), sendo ambos superiores para as pluríparas (Figura 2b), além do efeito dos dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ; Tabela 5). Para a gordura, entre os dias 7 e 91, foram observadas pequenas oscilações, com aumento significativo no dia 140,

mantendo-se constante até o dia 203. Já os sólidos totais mostraram valores equilibrados entre os dias 7 e 42, com a menor concentração registrada no dia 63, seguida por um aumento, alcançando sua maior concentração nos dias 140 e 203.

Ocorreu efeito de dias relativos ao parto ( $P=0,019$ ; Tabela 5) para a proteína do leite, sendo o dia 7 é superior ao 63, sendo este igual aos dias 42, 91 e 140, porém é inferior ao dia 203. (Figura 2c). Não houve interação ou efeito de ordem de parto ou dias relativos ao parto para a lactose ( $P>0,05$ , Tabela 5).

Tabela 5: Médias, erro padrão e P valor para produção de leite e composição química do leite, durante o pós-parto

Itens	Ordem de Parto			P-valor		
	Primíparas	Pluríparas	SEM	OP	Dias	OP×Dias
Prod. Leite, kg/d	5,83 <sup>b</sup>	6,88 <sup>a</sup>	0,350	0,019	<,0001	0,307
Gordura <sup>1</sup>	4,23 <sup>b</sup>	4,76 <sup>a</sup>	0,098	0,001	<,0001	0,308
Proteína <sup>1</sup>	3,10	3,09	0,112	0,899	0,019	0,290
Lactose <sup>1</sup>	4,67	4,70	0,040	0,662	0,118	0,355
Sólidos Totais <sup>1</sup>	12,66 <sup>b</sup>	13,28 <sup>a</sup>	0,132	0,002	<,0001	0,350

OP, ordem de parto; Dias, dias relativos ao parto; SEM, erro padrão da média. Letras diferentes declaram diferenças significativas entre as ordens de parto ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> g/100g

A concentração da glicose sanguínea apresentou interação entre as ordens de parto e dias relativos ao parto ( $P=0,042$ ; Tabela 6), sendo que, nos dias -7 e 0, as primíparas obtiveram maiores concentrações (Figura 3).

Houve efeito significativo das ordens de parto e dos dias relativos ao parto para os triglicerídeos e VLDL ( $P = 0,002$ ;  $P < ,0001$ ; Tabela 6), com as pluríparas apresentando concentrações superiores nos dois metabólitos (Figura 4a e 4b, respectivamente). Em geral, durante o pré-parto, os níveis de triglicerídeos e VLDL foram superiores aos do pós-parto.

O colesterol total e LDL foram influenciados pelos dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ; Tabela 6). Em geral, as concentrações desses metabólitos foram menores no pré-parto e aumentaram após o parto

(Figura 4c e 4d, respectivamente).

Houve interação entre as ordens de parto e dias relativos ao parto para o HDL ( $P=0,002$ ; Tabela 6). Porém, o desmembramento da interação não revelou diferenças entre as ordens de parto ( $P \geq 0,061$ ; Figura 4e).

A concentração de proteínas totais foi influenciada pelas ordens de parto e também pelos dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ; Tabela 6). As pluríparas mostraram superioridade em suas concentrações em relação as primíparas. Em média, as proteínas totais seguem estáveis entre o pré-parto até o dia 21 pós-parto, no qual ocorre um aumento no dia 42 e novamente sua concentração permanece constante até o dia 203 (Figura 5a).

Houve interação entre as ordens de parto e os dias relativos ao parto para albumina e globulinas ( $P < 0,0001$ ;  $P=0,003$ ; respectivamente; Tabela 6), sendo que as pluríparas apresentaram concentrações superiores de albumina entre os dias 42 e 140 pós-parto e de globulinas, do dia -21 pré-parto até o dia 42. (Figura 5b e 5c).

Houve interação entre as ordens de parto e dias relativos ao parto para a NUS e creatinina ( $P < 0,0001$ ;  $P=0,004$ ; respectivamente; Tabela 6). Para a NUS, as primíparas apresentaram maiores concentrações no pré-parto e o dia 0 (parto) (Figura 6a). Já para a creatinina, nos dias 91, 140 e 203 as pluríparas alcançaram níveis superiores (Figura 6b).

A concentração de AGNE apresentou interação ordens de parto e dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ; Tabela 6), sendo que as primíparas foram superiores no dia -14, -7, 0 e 7 (Figura 7a). Houve efeito para ordem de parto, bem como os dias relativos ao parto ( $P=0,001$ ;  $P < 0,0001$ ; respectivamente; Tabela 6).

Para  $\beta$ HB, houve efeito dos dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ; Tabela 6), em geral ocorreu estabilidade no pré-parto até o dia 0, aumento no dia 7, seguido de oscilações entre 14 e 42, diminuição no dia 63, com oscilações entre 91 e 140 e aumento no dia 204 (Figura 7b).

Houve interação entre ordens de parto e dias relativos ao parto para IGF-1 ( $P=0,002$ ; Tabela 6), onde a concentração foi inferior para as primíparas no dia 7 (Figura 7c). Ocorreu efeito de dias relativos ao parto ( $P < 0,0001$ ), em geral o IGF-1 segue estável no pré-parto até o parto, com

queda no dia 7 e aumento das concentrações no dia 21, mantendo-se novamente estável do dia 42 ao 204.

Tabela 6: Médias, erro padrão e P-valor para o efeito das ordens de parto nos metabólitos sanguíneos durante o pré e pós-parto.

Itens	Ordem de Parto			P-valor		
	Primíparas	Pluríparas	SEM	OP	Dias	OPxDias
Glicose mg/dL	66,09	65,99	0,526	0,887	<,0001	0,042
Triglicerídeos mg/dL	23,14 <sup>b</sup>	26,86 <sup>a</sup>	0,780	0,002	<,0001	0,406
Colesterol Total mg/dL	131,22	133,72	3,193	0,584	<,0001	0,775
VLDL mg/dL	4,63 <sup>b</sup>	5,37 <sup>a</sup>	0,156	0,002	<,0001	0,406
LDL mg/dL	64,90	66,95	3,424	0,675	<,0001	0,641
HDL mg/dL	60,56	60,69	1,845	0,961	<,0001	0,002
Proteínas Totais g/dL	7,08 <sup>b</sup>	7,63 <sup>a</sup>	0,085	<,0001	<,0001	0,116
Albumina g/dL	3,11	3,22	0,038	0,057	<,0001	<,0001
Globulinas g/dL	3,96	4,41	0,081	0,001	<,0001	0,003
NUS mg/gL	15,83	13,65	0,533	0,007	<,0001	<,0001
Creatinina mg/dL	1,49	1,55	0,026	0,110	<,0001	0,004
AGNE nmol/L	0,36	0,24	0,024	0,001	<,0001	<,0001
βHB nmol/L	0,46	0,47	0,015	0,722	<,0001	0,614
IGF-1 ng/mL	161,91	162,96	10,565	0,944	<,0001	0,002

VLDL, lipoproteína de densidade muito baixa; LDL, lipoproteína de baixa densidade; HDL, lipoproteína de alta densidade; NUS, nitrogênio ureico sérico; AGNE, ácidos graxos não esterificados; βHB, betahidroxibutirato; IGF-1, hormônio do crescimento semelhante a insulina – tipo 1; Dias, dias relativos ao parto; SEM, erro padrão da média. As médias das ordens de parto (OP) seguidas de letras são estatisticamente distintas (P<0,05).

#### 4. DISCUSSÃO

O escore de condição corporal (ECC) é uma estimativa da massa do tecido adiposo animal (Garverick et al., 2013; Noya et al., 2019) e retrata as reservas teciduais que podem ser convertidas em energia em períodos de maiores demandas nutricionais (Torres et al., 2020). As vacas

primíparas apresentaram ECC inferior durante todos os dias relativos ao parto, indicando a fragilidade dessa ordem de parto no estoque de reservas para a mobilização de energia em momentos de maiores demandas.

Porém, o ECC das primíparas não estava abaixo do recomendado para o parto, conforme Bridges (2013), vacas com pontuação menor que 5, podem reduzir a produção de colostro, além da produção de leite, afetando diretamente o crescimento da prole, dessa forma, ter ECC adequado, na gestação quanto na lactação, principalmente em primíparas, que ainda estão em fase de crescimento, resultará em um menor desbalanço nutricional para essa ordem de parto.

Os bezerros das pluríparas nasceram em média 13,34% mais pesados ( $\pm 5$  kg) do que os bezerros de vacas primíparas, o que evidencia, como já mencionado, a prioridade de uso de nutrientes pelas vacas mais jovens para manutenção e crescimento, possivelmente resultando em um saldo de energia líquida diminuído. Segundo Bauman e Currie (1980), o bezerro ganha cerca de 75% do seu peso ao nascimento no último trimestre da gestação, sendo esse e o segundo trimestre da gestação os períodos de maiores demandas nutricionais para o feto (Valadares Filho, 2023). Os fatores ECC, AGNE e tempo gestacional, podem ser a justificativa para o maior peso ao nascimento dos bezerros de mães pluríparas.

Portanto, comparando o ECC das pluríparas e primíparas, juntamente com suas demandas nutricionais, as pluríparas apresentaram maior reserva corporal, com isso, essas vacas podem mobilizar mais energia para o desenvolvimento da prole, em contrapartida, as primíparas possuem menor reserva corporal e além da gestação ainda necessitam de energia para o seu crescimento, com isso, a restrição de nutrientes na fase gestacional pode impactar negativamente no peso da prole. De acordo com Abuelo, (2020), os tecidos fetais relacionados ao metabolismo e crescimento são afetados pelas variações de disponibilidade de nutrientes para o feto.

Além do ECC, a maior concentração de AGNE no sangue das primíparas pode ter levado essas vacas a um menor peso do seu bezerro ao nascimento. No estudo de Abuelo, (2020), vacas com maior nível de

AGNE no último semestre de gestação, apresentaram menor peso da prole ao nascimento, o que corrobora com os dados do presente estudo. Outro fator de atribuição para o maior peso ao nascimento para os bezerros filhas de pluríparas é o tempo de gestação. Nesse estudo, a ordem de parto apresentou efeito em relação ao tempo de gestação, e houve superioridade no tempo gestacional para as pluríparas, em média 286 dias de gestação contra 282 dias de gestação para as primíparas, portanto, os bezerros nascidos de mães pluríparas tiveram 4 dias a mais para ganho de peso no final da gestação.

A estimativa da produção de leite mostra a quantidade de nutrientes que pode ser ingerida pelo bezerro, assim como reflete se as necessidades nutricionais da prole estão sendo atendidas nesse período, fornecendo também informações sobre o estado nutricional da mãe (Lopes et al., 2022).

Como esperado, a produção de leite foi menor para as vacas primíparas, com uma redução média de aproximadamente 15,26% em comparação com as vacas pluríparas, o que representou uma diminuição de 1,05 kg/dia. Esses resultados corroboram com o de Ferreira et al., 2021(b), no qual a produção de leite foi 0,70 kg/dia inferior para as vacas primíparas em comparação com as vacas pluríparas. Essa diferença pode ser atribuída, em parte, ao desenvolvimento menos avançado da glândula mamária e a maior exigência nutricional das primíparas, uma vez que a energia das pluríparas é direcionada a manutenção e produção de leite, enquanto as primíparas requerem ainda nutrientes para seu crescimento corporal (Coffey et al., 2006; Ferreira et al., 2021 b; Poczynek et al., 2023). Quanto à composição do leite, as primíparas apresentaram menor concentração de gordura, distinto do relatado por Ferreira et al. (2021), no qual não foram observadas diferenças entre as ordens de parto. No entanto, de acordo com Aeberhard et al. (2001), os níveis de triglicerídeos no sangue podem influenciar na gordura do leite, assim, no presente estudo, as primíparas também demonstraram concentrações sanguíneas inferiores de triglicerídeos, justificando os níveis mais baixos de gordura no leite para as primíparas.

A concentração de proteína do leite oscilou entre 3,03% e 3,16%, o que está de acordo com dados de outros autores (Ferreira et al., 2021 b; BR CORTE, 2023). A lactosênão apresentou nenhum efeito, o que era esperado, já que é um componente do leite que não deve sofrer alterações ao longo da lactação, pois possui função osmótica (Lopes et al., 2022).

As concentrações mais elevadas de glicose encontradas neste estudo nos dias -7 e no dia 0 (parto) para as vacas primíparas estão em consonância com os resultados de Ferreira et al. (2021a) e Rodrigues (2024, manuscrito em construção). Apesar do foco em seu estudo não ser a ordem de parto, Garverick et al. (2013) também relataram maiores concentrações de glicose sanguínea no dia do parto. Essa elevação pode ser atribuída a capacidade de produção de glicose em resposta a estímulos estressores. De acordo com Paranhos et al. (2008), as vacas primíparas demonstram maior medo e estresse por vivenciarem o parto pela primeira vez. Dessa forma, o cortisol e a adrenalina, que são quantificados em níveis elevados em uma situação estressante (Karaer et al., 2023), alteram os níveis de glicose sanguínea, sendo capazes de provocar uma hiperglicemia (Kyrou e Tsigos, 2009; Chrousos, 2009).

O fornecimento de glicose no organismo do animal é essencial (Kaneko et al., 2008), desempenhando um papel importante como substrato no processo reprodutivo, associado à gestação (Silveira et al., 2012; Garverick et al., 2013). Segundo Piccione et al. (2000), níveis de glicose de aproximadamente 60 mg/dL são considerados apropriados para a concepção da vaca, pois concentrações baixas podem diminuir a liberação de hormônios gonadotróficos (Lira Silva et al., 2016). No período pós-parto, embora não haja um efeito direto, ambas as ordens de parto estão dentro da faixa ideal, com níveis entre 60 e 65 mg/dL, indicando um padrão positivo para uma recuperação pós-parto eficiente e maiores possibilidades de concepção na primeira inseminação.

Os níveis de colesterol são inferiores no pré-parto em relação ao período pós-parto, conforme evidenciado por estudos de Cavestany et al. (2005), Piñeyrúa et al. (2018), Ferreira et al. (2021a) e Walter et al. (2022). No pré-parto, a concentração de LDL também é inferior em comparação ao período pós-parto, como também observado por Takahashi et al. (2021).

Após o parto, o aumento do colesterol pode estar relacionado à maior mobilização tecidual e ao aumento da ingestão de alimentos, resultando em uma maior captação de lipídios no fígado (Moreira et al., 2015), bem como está associado a mudanças oriundas da lactação (Silveira et al., 2012; Guzel e Tanriverdi, 2014).

As proteínas totais foram mais elevadas nas vacas pluríparas, o que corrobora com os estudos de Cavestany et al. (2005) e Ferreira et al. (2021). Nesse contexto, a demanda por proteína é maior para as vacas primíparas, uma vez que elas ainda estão em fase de crescimento contínuo; logo após o parto, essa demanda se estende para a lactação. A concentração de albumina é inferior em vacas com menor ordem de parto após o dia 21 até o 140. Neste caso, é provável que tenha ocorrido um desvio de aminoácidos da síntese de albumina para sustentar o mecanismo homeorrético, uma vez que as vacas primíparas necessitam de nutrientes não apenas para a lactação, mas também para o desenvolvimento do feto e seu crescimento.

A concentração NUS, indicador do metabolismo proteico, está relacionada ao consumo de matéria seca (Cavestany et al., 2005) e à concentração e degradabilidade proteica da dieta (Park et al., 2002). No entanto, é improvável que as primíparas tenham consumido uma quantidade maior de suplemento e pasto, já que as duas ordens de parto estavam no mesmo piquete. A concentração de NUS foi superior para as primíparas no pré-parto, e esse aumento do NUS pode estar relacionado à mobilização de aminoácidos para a gliconeogênese, em função do catabolismo proteico, decorrente do processo de desaminação, que é responsável pelo aumento da uréia no sangue. Esse relato corrobora com Ferreira et al. (2021a), que relataram NUS superior para as vacas primíparas no pré e pós-parto.

As concentrações de creatinina foram inferiores para as primíparas no final da lactação (91d a 140d), e segundo Russell e Roussel (2007), a creatinina é relatada como um índice de massa muscular, dessa forma o menor nível para as primíparas pode ser devido a essa ordem de parto não superar nutricionalmente a lactação, impactando na utilização do tecido muscular. A creatinina apresentou uma média para ambas as ordens de

parto dentro da faixa ideal de 1–2 mg/dL (Kaneko et al., 1997).

A magnitude da concentração de AGNE foi superior para primíparas pela sua maior necessidade de nutrientes e pelo ECC ser inferior (Meikle et al., 2004), portanto, ocorre maior mobilização de energia (Ferreira et al., 2021a), para suprir as demandas do final da gestação e começo da lactação.

Em vacas de corte, os dados de  $\beta$ HB são conflitantes, como no estudo de Hobbs et al. (2007), onde a concentração de  $\beta$ HB foi maior em vacas jovens e em contrapartida, Ferreira et al. (2021a) encontraram valores de  $\beta$ HB maior para vacas pluríparas após o parto. No presente estudo, não ocorreu diferença entre as ordens de parto na concentração de  $\beta$ HB, mostrando maiores valores no periparto, corroborando com os resultados de AGNE, sendo os dois metabólicos correspondentes e altamente correlacionados (Cavestany et al., 2005; Walter et al., 2022).

Em concordância com os resultados de  $\beta$ HB e AGNE, o IGF-1 foi inferior para primíparas no dia 7, em relação as pluríparas. Esses resultados combinados com o ECC, mostram a dificuldade das vacas primíparas a suprirem as necessidades nutricionais iniciais da lactação. O IGF-1 pode ser uma das contribuições para as primíparas produzirem menos leite, sendo essencial para o desenvolvimento da glândula mamária (Cannata et al., 2010), e a grande redução dos níveis desse hormônio na primeira semana de lactação para vacas primíparas, afeta sua produção de leite.

Em síntese, a concentração dos metabólitos sofre flutuações em função dos dias relativos ao parto. Pluríparas apresentam concentrações superiores de triglicérides, VLDL, proteínas totais, albumina e globulinas, em comparação com primíparas, sugerindo que a experiência reprodutiva pode influenciar o estado metabólico e proteico das vacas, como também pode transmitir para sua prole, como menor peso ao nascimento para bezerros filho de primíparas.

Esses resultados destacam a importância de monitorar o estado metabólico e a produção de leite das vacas, a fim de identificar e implementar estratégias de manejo adequadas para garantir a produtividade do rebanho. Além disso, fornecem dados valiosos para o

desenvolvimento de intervenções nutricionais e de manejo específicas para otimizar o desempenho das vacas e dos bezerros em sistemas de produção de gado de corte.

## **5. CONCLUSÕES**

O estado metabólico difere entre vacas primíparas e pluríparas, e ocorre mudanças significativas ao longo dos dias relativos ao parto para as duas ordens de parto. A magnitude em que as vacas pluríparas são afetadas é menor que em primíparas, que são mais propensas ao impacto das variações metabólicas, além de apresentarem menor ECC, produção de leite, e peso do bezerro ao nascimento.

## REFERÊNCIAS

Abuelo, A. (2020). Symposium review: Late-gestation maternal factors affecting the health and development of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103, 3882–3893. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17278>.

Aeberhard K., Bruckmaier RM., Blum JW. (2001). Metabolic, enzymatic and endocrine status in high-yielding dairy cows - part 2. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 48, 111–127. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2001.00294.x>.

Bertoni, G., Trevisi, E. (2013). Use of the Liver Activity Index and Other Metabolic Variables in the Assessment of Metabolic Health in Dairy Herds. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29, 413-431. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.004>.

Cannata, D., Lann, D., Wu, Y., Elis, S., Sun, H., Yakar, S., Lazzarino, D. A., Wood, T. L., LeRoith, D. (2010). Elevated Circulating IGF-I Promotes Mammary Gland Development and Proliferation. *Endocrinology*, 151, 5751–5761. <https://doi.org/10.1210/en.2010-0792>.

Cavestany, D., Blanc, J.E., Kulcsar, M., Uriarte, G., Chilibroste, P., Meikle, A., Febel, H., Ferraris, A., Krall, E. (2005). Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 52, 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00679.x>.

Coffey, M. P., Hickey, J., Brotherstone, S. (2006). Genetic aspects of growth of Holstein-Friesian dairy cows from birth to maturity. *Journal of Dairy Science*, 89, 322–329. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72097-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72097-5).

Chrousos, G. P. (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature Reviews Endocrinology*, 5, 374–381. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106>.

Ferreira, M. F. de L., Rennó, L. N., Rodrigues, I. I., Detmann, E., Paulino, M. F., de Campos Valadares Filho, S., Martins, H. C., Moreira, S. S., & de Lana, D. S. (2021a). Effects of parity order on performance, metabolic, and hormonal parameters of grazing beef cows during pre-calving and lactation periods. *BMC Veterinary Research*, 17(311), 13-15.

<https://doi.org/10.1186/s12917-021-03019-0>.

Ferreira, M. F. de L., Rennó, L. N., Rodrigues, I. I., Valadares Filho, S. de C., Costa e Silva, L. F., Silva, F. F., Detmann, E., Paulino, M. F. (2021b). Evaluation of Non-linear Models to Predict Potential Milk Yield of Beef Cows According to Parity Order Under Grazing. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.721792>

Friedewald, W. T., Levy, R. I., Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the Concentration of Low-Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. *CLINICAL CHEMISTRY*, 18, 499-502.

Garverick, H. A., Harris, M. N., Vogel-Bluel, R., Sampson, J. D., Bader, J., Lamberson, W. R., Spain, J. N., Lucy, M. C., Youngquist, R. S. (2013). Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science*, 96, 181–188. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5619>.

Hayirli, A., Grummer, R. R., Nordheim, E. v., Crump, P. M. (2002). Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 85, 3430–3443. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74431-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74431-7).

Hobbs, J. D., Edwards, S. R., Cope, E. R., McFarlane, Z. D., Pohler, K. G., Mulliniks, J. T. (2017). Circulating beta-hydroxybutyrate concentration may be a predictive measurement for young cows that have a greater probability to conceive at a fixed-time artificial insemination. *Journal of Animal Science*, 95, 1545–1552. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1247>.

Kabir, M., Hasan, M. M., Tanni, N. S., Parvin, M. S., Asaduzzaman, M., Ehsan, M. A., Islam, M. T. (2022). Metabolic profiling in periparturient dairy cows and its relation with metabolic diseases. *BMC Research Notes*, 15, 1-6. <https://doi.org/10.1186/s13104-022-06130-z>.

Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.C. (1997). *Clinical biochemistry of domestic animals*, San Diego: Academy press.

Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.C. (2008). *Clinical biochemistry of domestic animals*, 6th edition, Academic press, San Diego, CA, USA.

Karaer, M. C., Čebulj-Kadunc, N., Snoj, T. (2023). Stress in wildlife: comparison of the stress response among domestic, captive, and free-ranging

animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1167016>.

Kaufmann, T. B., Drillich, M., Tenhagen, B. A., Heuwieser, W. (2010). Correlations between periparturient serum concentrations of non-esterified fatty acids, beta-hydroxybutyric acid, bilirubin, and urea and the occurrence of clinical and subclinical postpartum bovine endometritis. *BMC Veterinary Research*, 6, 1-6. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-6-47>.

Kyrou, I., Tsigos, C. (2009). Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. *Current Opinion in Pharmacology*, 9, 787–793. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2009.08.007>.

Lira S., V., Borges, I., Araújo, A.R., Costa, H.H.A., Alves Filho, F.M., Inácio, D.F.S., De Paiva, P.D.A., Alcântara, P.B.X. (2016). Importância da nutrição energética e proteica sobre a reprodução em ruminantes. *Acta Kariri pesquisa e desenvolvimento*, 1, 38–47.

Lopes, S. A., Ferreira, M. F. de L., Costa e Silva, L. F., Prados, L. F., Rodrigues, I. I., Rennó, L. N., Siqueira, G. R., Valadares Filho, S. de C. (2022). Evaluation of nonlinear models to predict milk yield and composition of beef cows: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 294, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115455>.

Luo, J., Yang, H., Song, B.L. (2020). Mechanisms and regulation of cholesterol homeostasis. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 21, 225–245. <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0190-7>.

Moreira, T.F., Facury Filho, E.J., Meneses, R.M., Mendonça, F.L.M., Lima, J.A.M., Carvalho, A.U. (2015). Energetic status of crossbreed dairy cows during transition period in two different seasons. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária*, 67, 1327-1334. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8287>.

Nasem (2016). *Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina, Exigências Nutricionais de Bovinos de Corte, Exigências nutricionais de bovinos de corte*, 8ª edição, Washington: Imprensa Acadêmica,

National Research Council – NRC, *Nutrient requirements of beef cattle*, 7th ed, Washington: Academic Press; 2000

Noya, A., Casasús, I., Ferrer, J., Sanz, A. (2019). Long-term effects of maternal subnutrition in early pregnancy on cow-calf performance,

immunological and physiological profiles during the next lactation. *Animals*, 9, 1-17. <https://doi.org/10.3390/ani9110936>.

Paranhos da Costa, M. J. R., Schmidek, A., Toledo, L. M. (2008). Mother- Offspring Interactions in Zebu Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 213–216. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01164.x>.

Park, A. F., Shirley, J. E., Titgemeyer, E. C., Meyer, M. J., VanBaale, M. J., VandeHaar, M. J. (2002). Effect of protein level in prepartum diets on metabolism and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85, 1815–1828, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74256-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74256-2).

Piccione, G., Messina, V., Schembari, A., Casella, S., Giannetto, C., Alberghina, D. (2011). Pattern of serum protein fractions in dairy cows during different stages of gestation and lactation. *Journal of Dairy Research*, 78, 421–425. <https://doi.org/10.1017/S0022029911000562>.

Pineyrua, J.T.M., Farina, S.R., Mendoza, A. (2010). Effects of parity on productive, reproductive, metabolic and hormonal responses of Holstein cows. *Animal Reproduction Science*, 191, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.01.017>.

Poczynek, M., Nogueira, L, de S., Carrari, I, F., Carneiro, J, H., Almeida, R. (2023). Associations of Body Condition Score at Calving, Parity, and Calving Season on the Performance of Dairy Cows and Their Offspring. *Animals*, 13, 1-9. <https://doi.org/10.3390/ani13040596>.

Russell, K.E., Roussel, A.J. (2007). Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 23, 403–26. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.07.003>.

Silveira, M.F., Restle, J., Menezes, L.F.G., Brondani, I.L., Nörnberg, J.L., Callegaro, A.M. (2012). Blood metabolites from beef cows supplemented or not with calcium salts of fatty acids during pre and/or postpartum period. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária*, 64, 1418-1426. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600003>.

Stevenson, J. S., Johnson, S. K., Milliken, G. A. (2003). Incidence of Postpartum Anestrus in Suckled Beef Cattle: Treatments to Induce Estrus, Ovulation, and Conception. *Professional Animal Scientist*, 19, 124–134, [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31391-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31391-7).

Takahashi, T., Mori, A., Oda, H., Murayama, I., Kouno, M., Sako, T. (2021). Comparison of cholesterol levels among lipoprotein fractions separated by anion- exchange high-performance liquid chromatography in periparturient Holstein–Friesian dairy cows. *The Journal Veterinary Medical Science*, 83, 260–266. [https://doi.org/ 10.1292/jvms.20-0361](https://doi.org/10.1292/jvms.20-0361).

Torres, E.; Mellado, M.; Leyva, C.; García, J.E.; Véliz, F.G.; Hernández-Bustamante, J. (2020). Serum metabolites and body condition score associated with metritis, endometritis, ketosis, and mastitis in Holstein cows. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 55, 1-10. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921>.

Tsigos, C., Kyrou, I., Kassi, E., Chrousos, G. P., Feingold, K. R., Anawalt, B., Blackman, M. R., Boyce, A., Chrousos, J., Corpas, E., et al., (2020). *Stress: Endocrine Physiology and Pathophysiology*. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.

Valadares Filho, S.C., Saraiva, D.T., Benedeti, P.D.B., Silva, F.A.S., Chizzotti, M.L. (2023). *BR-CORTE 4.0: Nutrient requirements of zebu and crossbred cattle*. Ed. Suprema.

Walter, L. L., Gärtner, T., Gernand, E., Wehrend, A., Donat, K. (2022). Effects of Parity and Stage of Lactation on Trend and Variability of Metabolic Markers in Dairy Cows. *Animals*, 12, 1-28. <https://doi.org/10.3390/ani12081008>.

## ANEXO

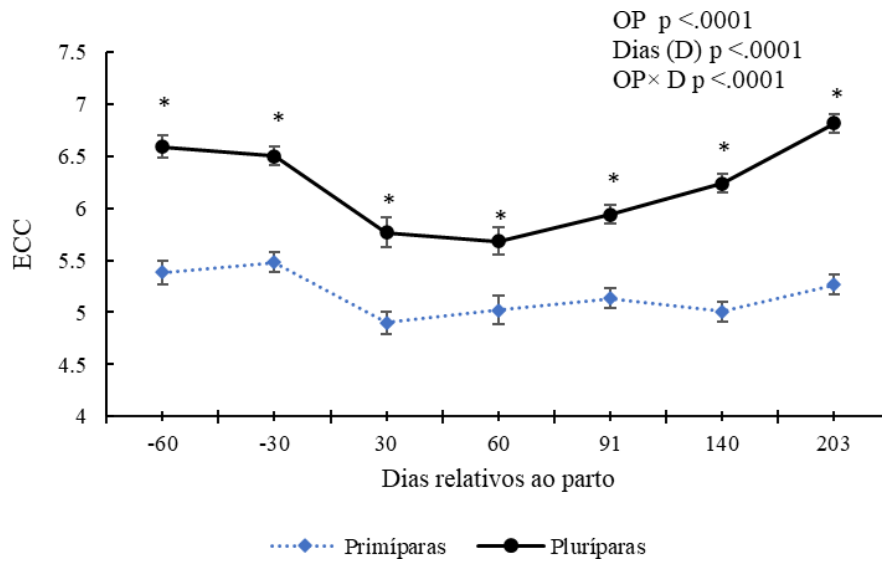
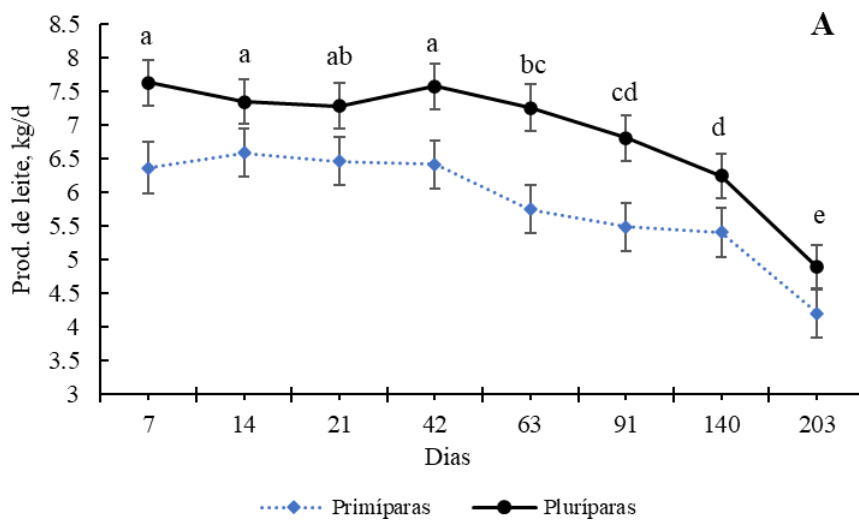


Figura 1: Escore de condição corporal (ECC) de vacas Nelore de diferentes ordens de parto (OP) em pastejo de acordo com os dias relativos ao parto. Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).



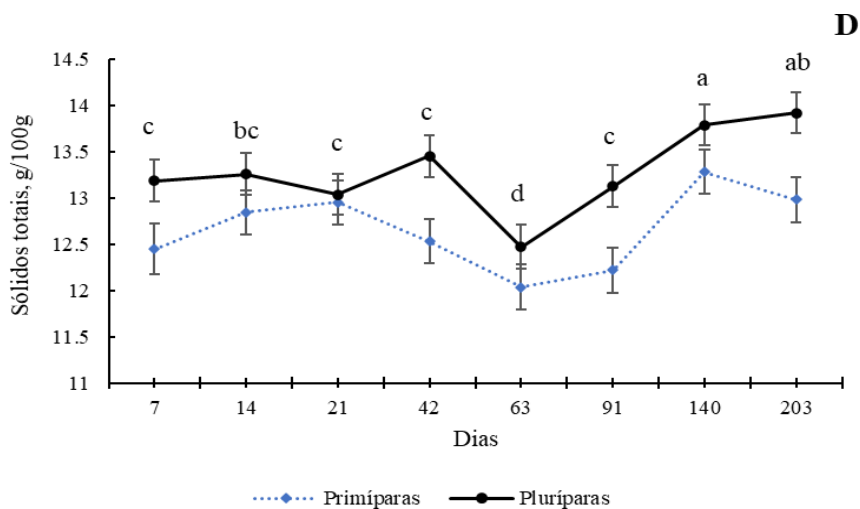
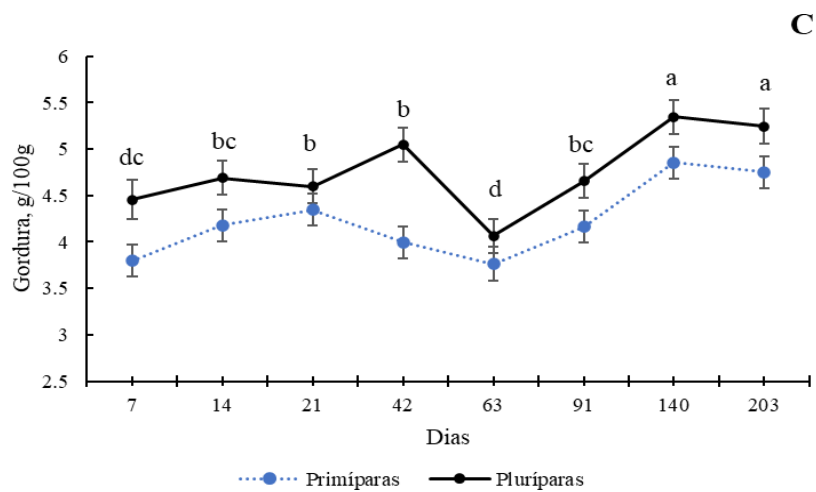
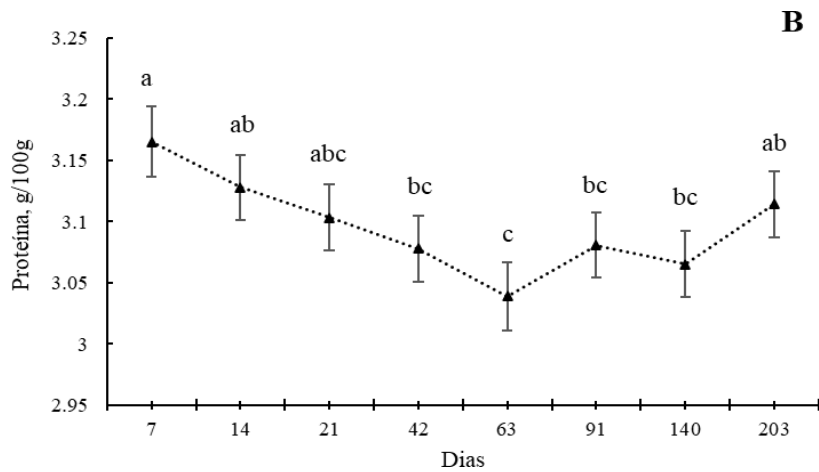


Figura 2: Produção de leite (A), dados que foram utilizados para o artigo de predição da produção de leite de vacas de corte (Lopes et al., 2022) e para compor o banco de dados do BR-CORTE 2023, % proteína (B), % gordura (C) e % sólidos totais (D) de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo de acordo com os dias. Médias com letras diferentes diferem entre si ( $P \leq 0,05$ ). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).

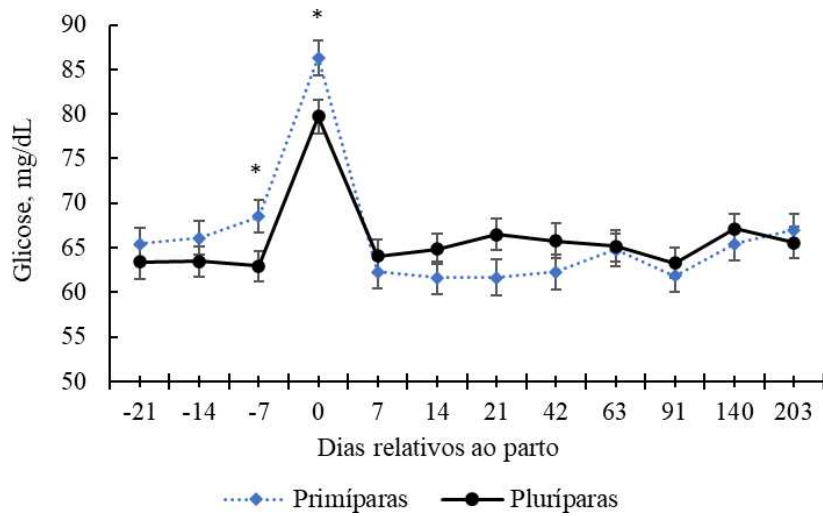
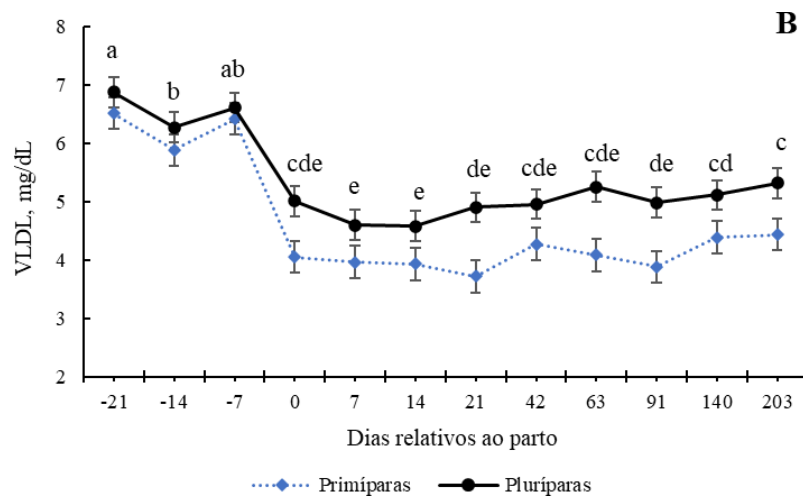
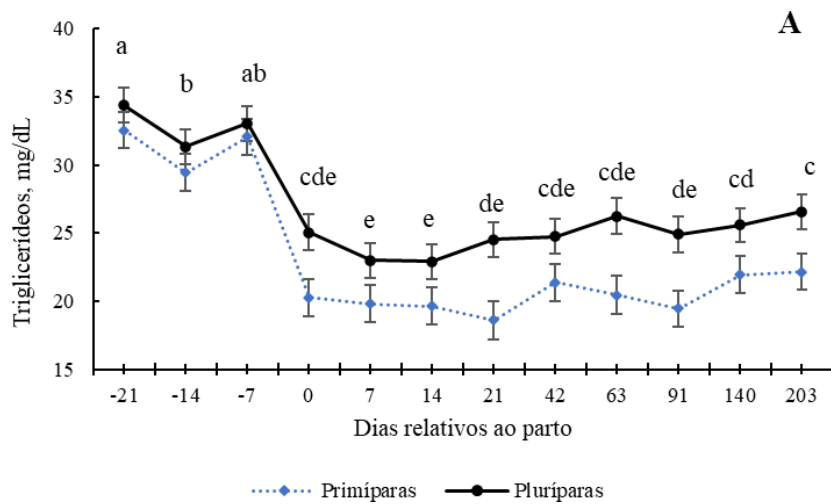


Figura 3: Concentração de glicose de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo de acordo com os dias. Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).



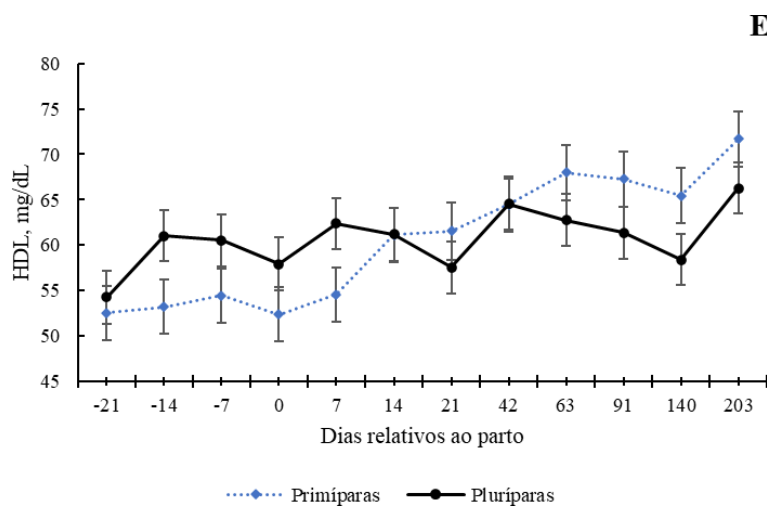
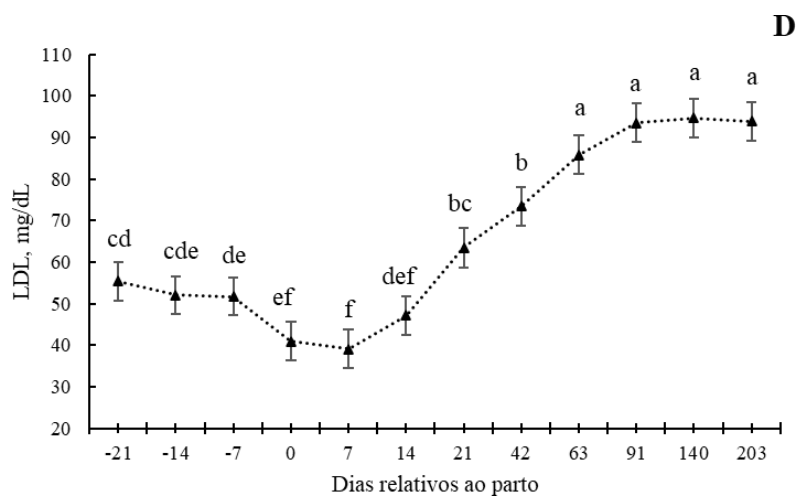
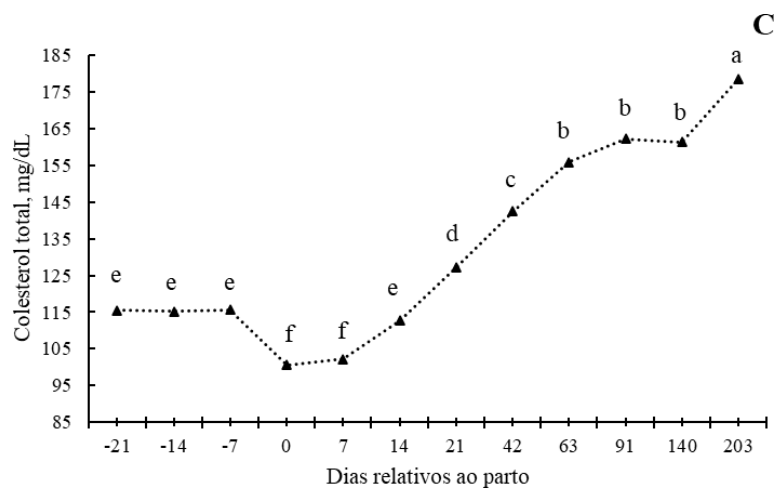


Figura 4: Concentração de triglicerídeos (A), VLDL (B), colesterol total (C), LDL (D) e HDL (E) de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo de acordo com os dias. Médias com letras diferentes diferem entre si ( $P \leq 0,05$ ). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).

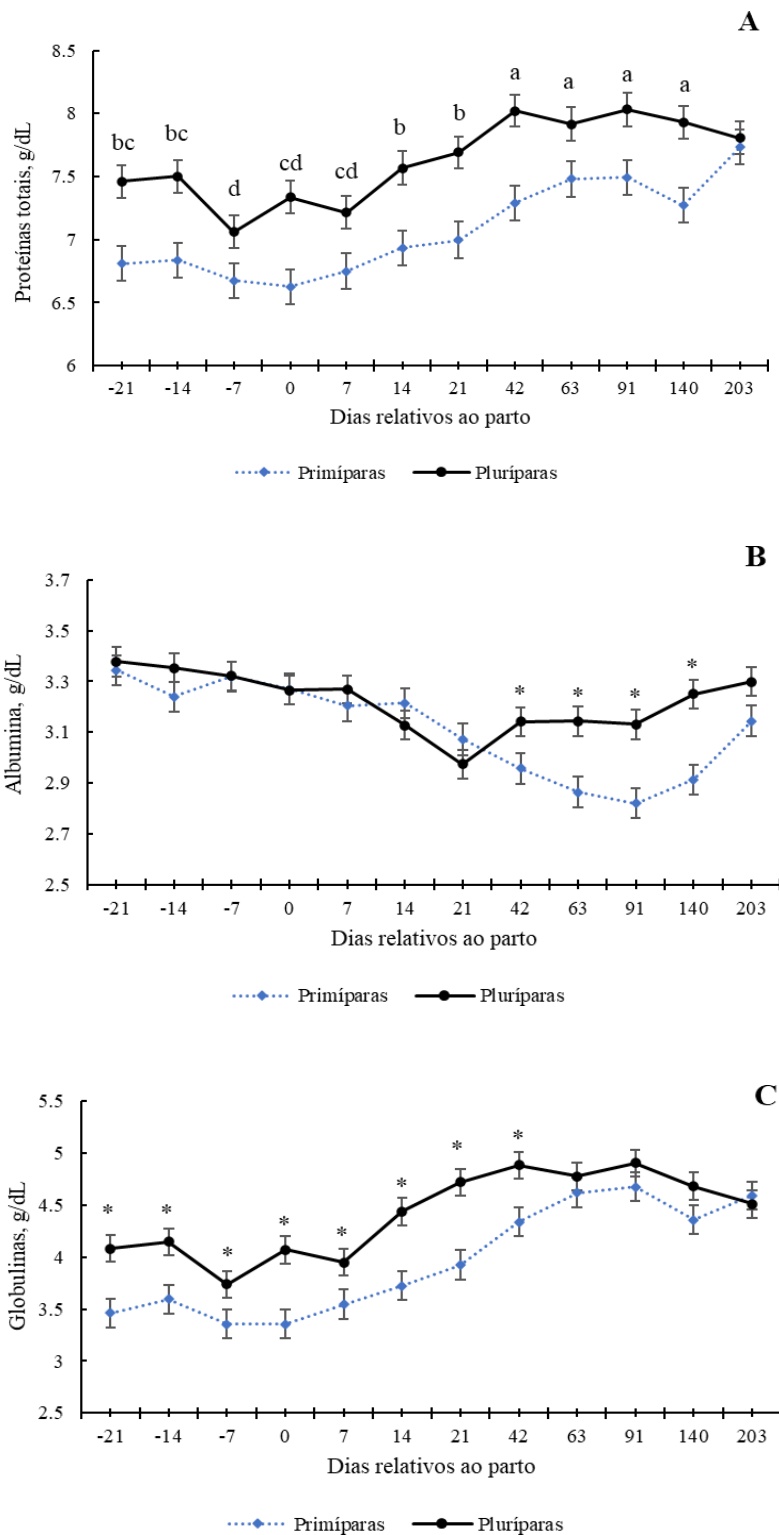


Figura 5: Concentração de proteínas totais (A), albumina (B) e globulinas (C) de vacas Nelore de diferentes ordens de parto em pastejo de acordo com os dias. Médias com letras diferentes diferentemente si ( $P \leq 0,05$ ). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).

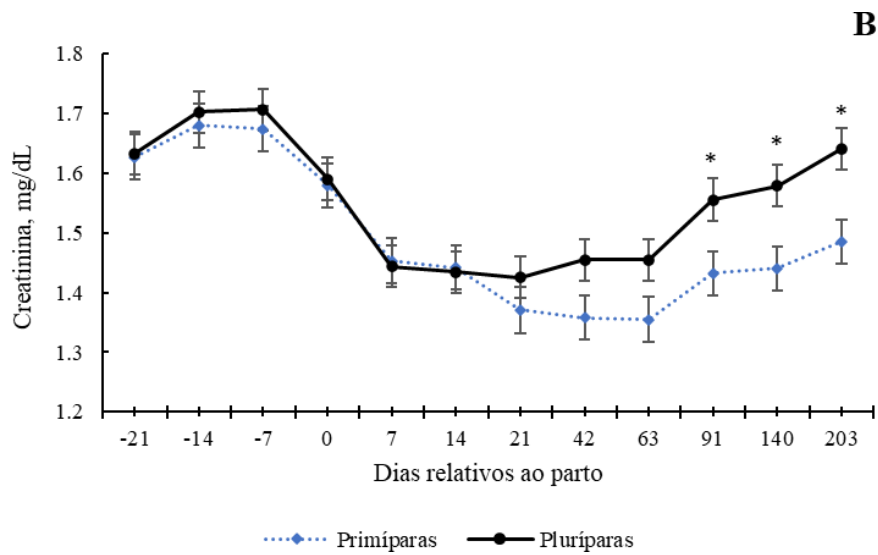
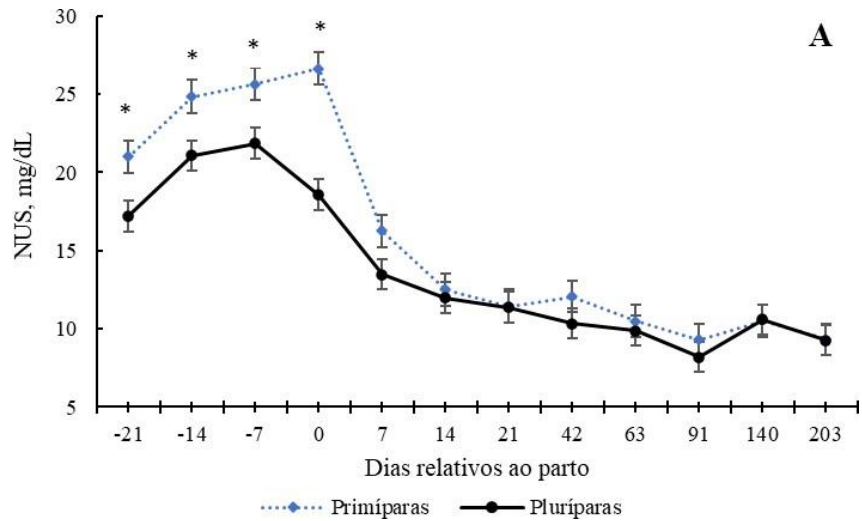


Figura 6: Concentração de NUS (A) e creatinina (B) de vacas Nelore de diferentes ordens de parto de pastejo de acordo com os dias. Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).

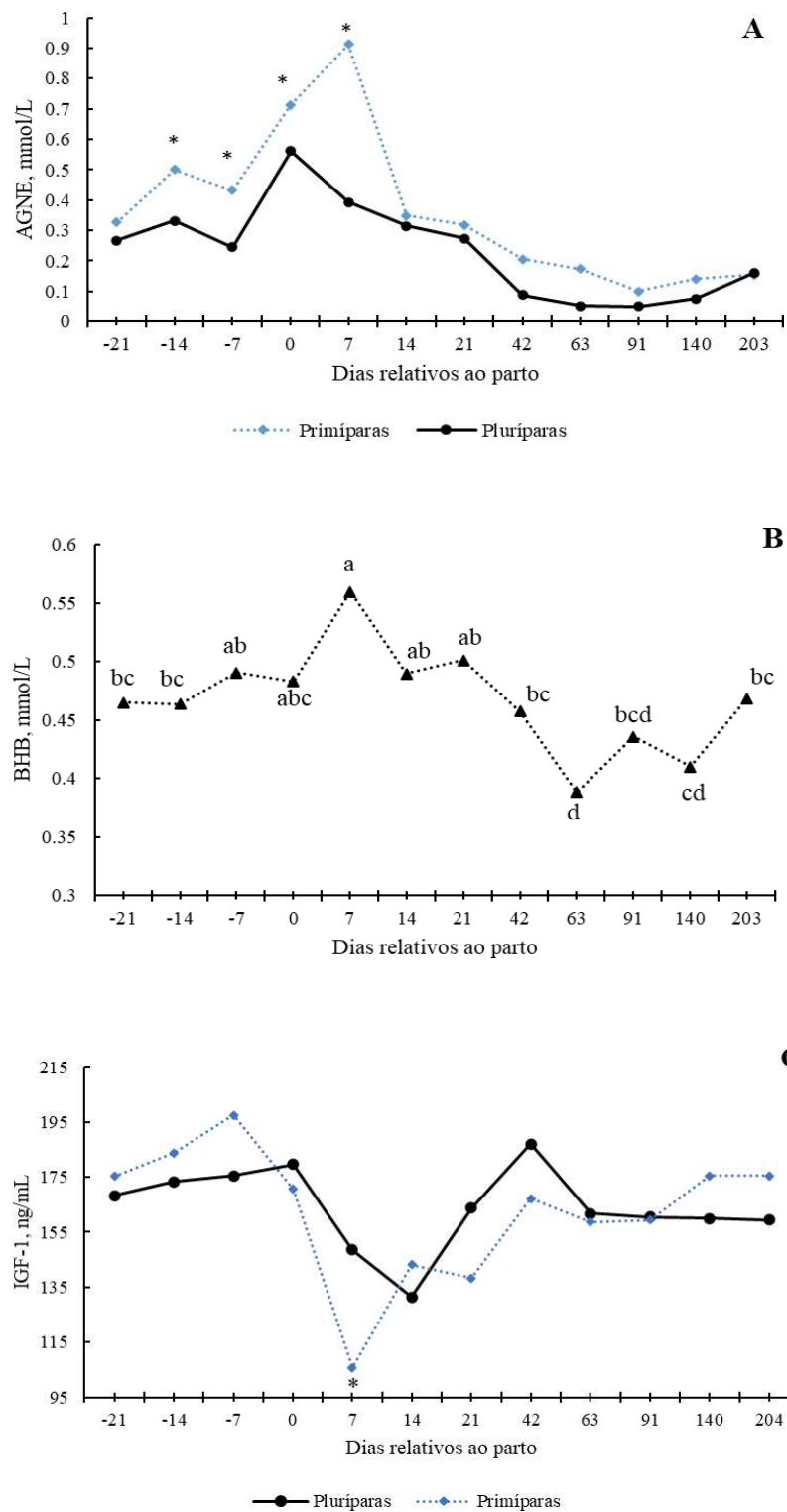


Figura 7: Concentração de AGNE (A),  $\beta$ HGB (B) e IGF-1 (C) de vacas Nelore de diferentes ordens de parto de pastoreio de acordo com os dias. Médias com letras diferentes diferem entre si ( $P \leq 0,05$ ). Os dias com asteriscos (\*) são significativamente diferentes entre as ordens de parto ( $P \leq 0,05$ ).

## **CONCLUSÃO GERAL**

As primíparas apresentam maiores concentrações de cortisol, glicose, ceruloplasmina e ácidos graxos não esterificados, e as pluríparas maiores concentrações de proteína total e globulinas. Embora as pluríparas também experimentem alterações fisiológicas, primíparas manifestam em maior intensidade os efeitos negativos provocados pelo estresse no periparto.

O estado metabólico difere entre vacas primíparas e pluríparas, e ocorre mudanças significativas ao longo dos dias relativos ao parto para as duas ordens de parto. A magnitude em que as vacas pluríparas são afetadas é menor que em primíparas, que são mais propensas ao impacto das variações metabólicas, além de apresentarem menor ECC, produção de leite, e peso do bezerro ao nascimento.