

Exigências nutricionais de vacas de corte lactantes e seus bezerros

Sidnei Antônio Lopes, Luiz Fernando Costa e Silva, Sebastião de Campos Valadares Filho, Matheus Fellipe de Lana Ferreira, Douglas Teixeira Saraiva, Éllen Maria de Almeida Matos, Pedro Veiga Rodrigues Paulino, Mário Fonseca Paulino, Gustavo Rezende Siqueira

INTRODUÇÃO

Na produção de bovinos de corte, a fase de cria tem grande impacto na cadeia produtiva da carne pois fornece os futuros animais que serão utilizados nas fases seguintes do sistema de produção. Adicionalmente, essa fase é caracterizada pela utilização de um grande número de animais, em que aproximadamente 31% do rebanho de produção são representados por vacas de corte (Calegare, 2004). Estima-se que aproximadamente 70% das exigências de energia requerida para a produção de carne são utilizadas para funções envolvidas com a manutenção das vacas (Ferrell e Jenkins, 1985). Assim, quase 50% da energia requerida para produzir um animal até o abate é utilizada para manutenção das vacas.

Nesse sentido, a pecuária brasileira tem sido pressionada a desenvolver um programa de produção contínua de carne eficiente e competitivo com base nas áreas de pastagens atualmente utilizadas, o que obrigatoriamente se baseia na redução do ciclo produtivo. Dessa forma, os sistemas de produção têm se intensificado a fim de reduzir a idade de abate dos animais, elevando a quantidade e a qualidade dos produtos ofertados. Sob essa ótica, um primeiro passo que se torna essencial é o conhecimento do consumo de matéria seca (CMS) potencial das vacas e dos bezerros, para um adequado planejamento e adoção de tecnologias, a fim de alcançar as metas produtivas estabelecidas no sistema.

Durante a fase de cria, a mensuração correta da produção de leite torna-se indispensável uma vez que essa retrata a quantidade de nutrientes que a vaca está secretando no leite. Além disso, essa estimativa será considerada para calcular a quantidade de nutrientes que o bezerro está ingerindo pelo leite, o que será levado em consideração para o atendimento das exigências nutricionais desses animais, sendo,

portanto, um fator que interfere diretamente no desempenho dos bezerros. A produção de leite pode ser medida diretamente ou indiretamente, sendo que os métodos mais comuns são: a pesagem do bezerro antes e após a mamada (Williams et al., 1979), a ordenha manual (Totusek et al., 1973; Ferreira et al., 2020) e a ordenha mecânica após aplicação de ocitocina (Lopes et al., 2014; Almeida et al., 2018; Ferreira et al., 2021).

Independentemente do método de coleta, a estimativa da produção de leite de vacas de corte é laboriosa pois demanda manejos extensos e intensivos de separação do bezerro. Essas circunstâncias explicam não só a escassez de estudos, mas também o baixo número de pontos da lactação avaliados para ajustar uma equação que descreve a produção de leite para vacas de corte em pastejo.

As exigências de energia do animal correspondem ao somatório das necessidades de manutenção e produção que por sua vez, podem ser divididas em: exigências de energia para crescimento, lactação e gestação (Webster, 1979). Todavia, poucos estudos (Fonseca, 2012a; b) foram conduzidos no Brasil para estimar as exigências nutricionais dos animais na fase de cria, ou seja, das vacas lactantes e dos bezerros lactentes. Com isso, a partir do conhecimento da produção de leite e das exigências nutricionais dos bezerros, a quantidade de energia e proteína secretada pelo leite pode ser conhecida, o que permitiria estimar o momento em que o leite não fornece quantidades suficientes de nutrientes e, assim, obter o momento correto para que haja a suplementação dos bezerros.

O consumo de energia metabolizável (CEM) para que não ocorram mudanças na energia presente no corpo irá influenciar as exigências dietéticas de energia para manutenção, sendo essa considerada uma característica de moderada a alta herdabilidade (Carstens et al., 1988). Com isso, a ineficiência

energética, de 60 a 70% do total de energia exigida para manutenção dos animais (Bottje e Carstens, 2009), tem sido atribuída ao *turnover* proteico, bomba de íons (Na^+ e K^+) e ao desacoplamento da fosforilação oxidativa na mitocôndria. Assim, a seleção de animais que possuem exigências para manutenção mais baixas poderia ser adotada objetivando obter animais mais eficientes.

Nesse capítulo, serão apresentadas discussões sobre equações desenvolvidas para estimar o CMS e a produção e composição do leite de vacas Nelore lactantes, bem como o CMS de bezerros Nelore lactentes. Ainda, serão apresentadas as exigências de energia, proteína e minerais para vacas Nelore lactantes e seus bezerros.

CONSUMO DE MATÉRIA SECA DE VACAS DE CORTE LACTANTES

Na edição do BR-CORTE (2016) foi utilizado o modelo de Wilmink (1987) acrescido da variável ganho médio diário (GMD), a partir do estudo de Costa e Silva (2015), que avaliou cinco modelos disponíveis para estimar o CMS de vacas Nelore durante sete meses de lactação. Nesse estudo, as vacas receberam uma dieta com alta quantidade de silagem de milho, no intuito de simular uma dieta a pasto, obtendo o seguinte modelo:

$$\text{CMS (g/kg PC)} = 27,259 - 13,861 \times \exp^{-0,836 \times \text{SL}} - 0,317 \times \text{SL} + 0,606 \times \text{GMD},$$

em que: CMS = consumo de matéria seca, SL = semana de lactação, GMD = ganho médio diário.

Apesar de apresentar melhor estimativa do CMS do que a edição do BR-CORTE (2010), que considerou um valor constante de 2,39% do PC para vacas Nelore lactantes durante os seis primeiros meses de lactação, a equação sugerida não estimou corretamente o CMS, a partir de um banco de dados independente com 372 observações (Tabela 12.2), devido provavelmente ao fato da equação ter sido gerada usando dados de vacas Nelore consumindo silagem de milho (Costa e Silva, 2015).

Porém, considerando que vacas em pastejo estão sujeitas a variações na disponibilidade e valor nutritivo da forragem, uma nova equação foi elaborada a partir de dados de 3 experimentos conduzidos com vacas Nelore em lactação sob pastejo (Tabela 12.1), contendo 372 observações, sendo o modelo de Wilmink (1987), acrescido da variável produção de leite (PL) aquele que proporcionou as melhores estimativas do CMS (Figura 12.1).

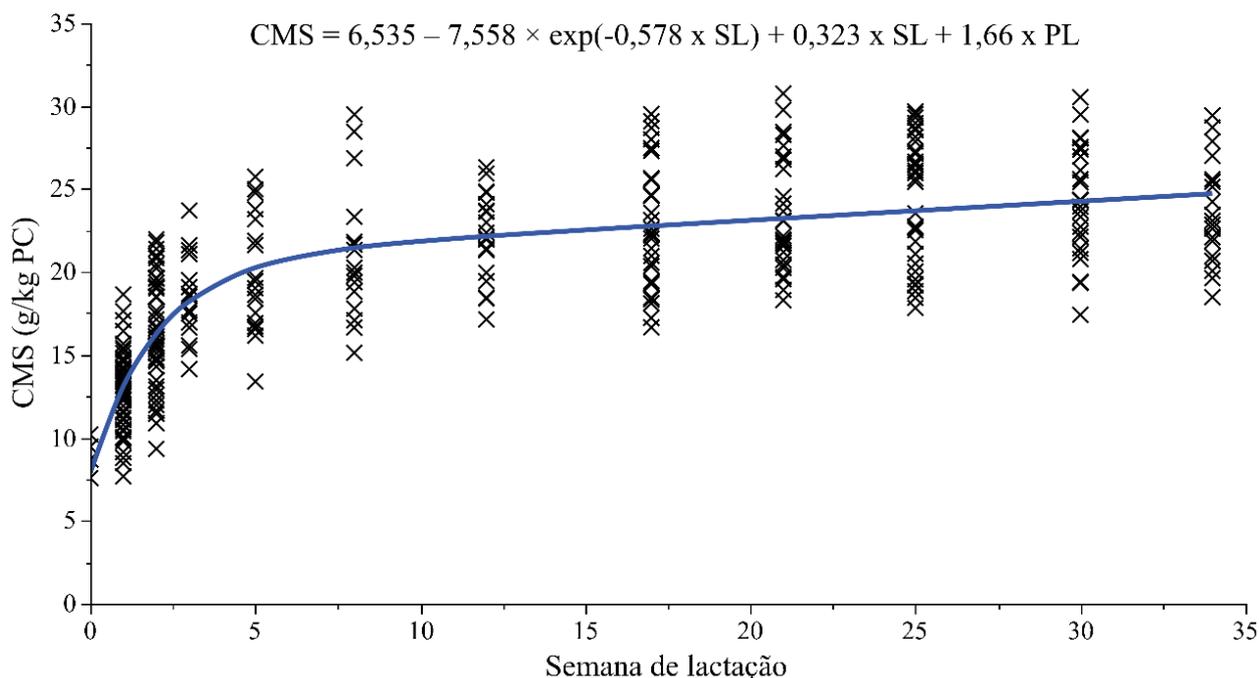


Figura 12.1 - Consumo de matéria seca (g/kg PC) de vacas Nelore durante o período de lactação.

A nova equação obtida foi:

$$\text{CMS (g/kg PC)} = 6,535 - 7,558 \times \exp^{(-0,578 \times \text{SL})} + 0,323 \times \text{SL} + 1,66 \times \text{PL},$$

em que: CMS = consumo de matéria seca, SL = semana de lactação, PL = produção de leite (kg).

Considerando os valores preditos pela nova equação sugerida e a recomendação do BR-CORTE (2016), percebe-se que a equação

recomendada pelo BR-CORTE (2016) superestima o CMS em 6,1 g/kg PC dia (13,4 vs. 7,3 g/kg PC) no dia do parto (Semana 0) e subestima em 6,4 g/kg PC dia (17,8 vs. 24,2 g/kg PC) na semana 30.

Um banco de dados independente contendo 92 observações (Tabela 12.1), foi utilizado para validar a equação sugerida por Wilmink (1987).

Tabela 12.1 - Estatística descritiva do banco de dados utilizado para desenvolver e validar as equações de predição do consumo de matéria seca (CMS) de vacas de corte

| Estudo | Item | n | Média | DP | Máximo | Mínimo |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----|-------|------|--------|--------|
| Dados para desenvolvimento da equação | | | | | | |
| Matos (2023) | Semana de lactação | 217 | 22,1 | 7,8 | 34 | 8 |
| | Produção de leite ¹ | 217 | 5,8 | 0,8 | 7,2 | 4,6 |
| | CMS total | 217 | 23,3 | 3,6 | 30,8 | 15,1 |
| | Peso corporal | 217 | 527 | 65 | 680 | 416 |
| | Ganho médio diário | 217 | 0,11 | 0,13 | 0,35 | -0,17 |
| David (2022) | Semana de lactação | 37 | 4,4 | 1,4 | 6 | 3 |
| | Produção de leite ¹ | 37 | 7,4 | 0,1 | 7,5 | 7,4 |
| | CMS total | 37 | 20 | 2,6 | 25,7 | 13,4 |
| | Peso corporal | 37 | 518 | 74,1 | 639 | 407 |
| | Ganho médio diário | 37 | -0,11 | 0,35 | -0,07 | -0,17 |
| Ferreira (2022) | Semana de lactação | 118 | 1,7 | 1 | 3 | 0 |
| | Produção de leite ¹ | 118 | 6,4 | 1,4 | 7,6 | - |
| | CMS total | 118 | 14 | 3,1 | 23,7 | 7,6 |
| | Peso corporal | 118 | 495 | 9,7 | 528 | 455 |
| Dados para validação da equação | | | | | | |
| Lopes (2012) | Semana de lactação | - | 26,5 | 5,45 | 37 | 12 |
| | Produção de leite ¹ | 143 | 6,97 | 1,58 | 9,99 | 4,24 |
| | CMS total | 32 | 11,8 | 2,35 | 17 | 7,95 |
| | Peso corporal | 32 | 481 | 50,6 | 558 | 359 |
| | Ganho médio diário | 32 | -0,34 | 0,35 | 0,22 | -1,38 |
| Cardenas (2012) | Semana de lactação | - | 28,1 | 6,38 | 40 | 12 |
| | Produção de leite ¹ | 170 | 7 | 1,36 | 9,87 | 4,21 |
| | CMS total | 60 | 12,9 | 1,45 | 16,7 | 9,94 |
| | Peso corporal | 60 | 450 | 51,6 | 567 | 362 |
| | Ganho médio diário | 60 | 0,2 | 0,09 | 0,4 | -0,04 |

¹ Produção de leite estimada, usando dados da equação descrita na Figura 12.2.

A partir das avaliações descritas na Tabela 12.2, observa-se que o intercepto e a inclinação da equação não foram diferentes de 0 e 1, respectivamente. Além disso, o erro médio de predição foi próximo de zero, estando esse associado ao erro aleatório (Tabela 12.2).

Assim, na atual edição, o BR-CORTE recomenda que o CMS de vacas Nelore seja estimado a partir da seguinte equação:

$$\text{CMS (g/kg PC)} = 6,535 - 7,558 \times \exp^{(-0,578 \times \text{SL})} + 0,323 \times \text{SL} + 1,66 \times \text{PL}$$

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS NELORE

Como descrito anteriormente, a correta estimativa da produção de leite de vacas de corte é importante para o cálculo de exigências nutricionais para vacas e bezerros. Neste sentido, torna-se necessário entender as

metodologias de coletas de leite para essas estimativas.

Os primeiros estudos avaliando a produção de leite de vacas de corte se basearam numa estimativa indireta, pesando os bezerros antes e após a mamada. Esta técnica gera grande estresse nos animais devido ao excesso de manejo, além de maior variação e erro na coleta, uma vez que qualquer fator no momento da pesagem (erro na balança, bezerros que urinam e defecam no momento da mamada) causará grande variação nas estimativas de PL.

Com o passar dos anos, a ordenha manual ou mecânica se tornou a metodologia mais utilizada para esse tipo de avaliação (Ferreira et al., 2021). Contudo, existem duas formas de estimar a produção de leite de vacas

de corte sem um consenso na literatura: ordenha apenas pela manhã e corrigir para 24 horas (M24), e ordenhar de manhã e à tarde do mesmo dia (MT). No método M24, o registro dos horários de separação do bezerro da mãe no dia anterior e o final da ordenha no dia seguinte são fundamentais (Costa e Silva, 2015).

Nesse sentido, esta edição se baseou na abordagem meta-analítica de Lopes et al. (2022), que reuniu informações de 16 experimentos com vacas Nelore em pastejo entre 2014 e 2021, totalizando 1.503 observações (Tabela 12.3). Este trabalho trouxe informações sobre a metodologia da estimativa da produção de leite, além de novas equações para estimativa de produção e composição do leite de vacas Nelore.

Tabela 12.2 - Média (kg) e estatística descritiva para a relação entre os valores observados e preditos para o consumo de matéria seca (CMS) de vacas Nelore em lactação

| Item | CMS total de vaca | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| | OBS ¹ | BR-CORTE (2016) ² | BR-CORTE (2023) ³ |
| Média | 19,8 | 21,5 | 22,7 |
| DP | 5,45 | 2,69 | 1,95 |
| Máximo | 30,7 | 25,4 | 20,2 |
| Mínimo | 6,07 | 13,4 | 16,2 |
| R | - | 0,04 | 0,52 |
| CCC ⁴ | - | -0,15 | 0,44 |
| Regressão | | | |
| Intercepto | | | |
| Estimativa | - | 28,48 | -1,88 |
| EP | - | 2,31 | 3,32 |
| P-valor ⁵ | - | <0,0001 | 0,57 |
| Inclinação | | | |
| Estimativa | - | -0,40 | 1,19 |
| EP | - | 0,11 | 0,15 |
| P-valor ⁶ | - | <0,0001 | 0,19 |
| QMEP ⁷ | - | 45,19 | 11,48 |
| Vício | - | 3,07 | 5,9 |
| Erro sistemático | - | 2,54 | 0,13 |
| Erro aleatório | - | 27,9 | 5,45 |

¹OBS = valores observados; ²BR-CORTE (2016) = valores preditos da equação gerada a partir do modelo proposto por Wilmink (1987) adicionado do ganho médio diário (GMD); ³BR-CORTE (2023) = valores preditos da equação gerada a partir do modelo proposto por Wilmink (1987) adicionado da produção de leite (PL); ⁴CCC = coeficiente de correlação e concordância; ⁵H₀: $\beta_0 = 0$; ⁶H₀: $\beta_1 = 1$; ⁷QMEP = quadrado médio do erro de predição.

Inicialmente, os autores compararam a produção de leite estimada pelo método M24 (Valente et al., 2013; Lopes et al., 2014) e o método MT (Almeida, et al., 2018; Ferreira et al., 2021; Tabela 12.3). O método M24 foi aplicado

aos estudos que ordenharam manhã e tarde, e os dois métodos foram comparados dentro do subconjunto MT. Não foi observada diferença na produção de leite de acordo com o método de coleta. As médias foram de 6,70 e 6,51 kg,

respectivamente. Assim, para a avaliação da produção de leite de vacas Nelore, sugere-se a ordenha pela manhã corrigida para 24 horas como descrito nos estudos de Valente et al. (2013) e Lopes et al. (2014), devido a menor laboriosidade e interferência no comportamento dos animais.

Para a estimativa da produção de leite, a edição do BR-CORTE (2016) se baseou no trabalho desenvolvido por Costa e Silva (2015) para sugerir a equação para estimar a produção de leite de vacas Nelore. O autor avaliou cinco modelos disponíveis para estimar a produção e composição do leite de vacas Nelore durante sete meses de lactação. Nesse estudo, as vacas receberam uma dieta com alta quantidade de silagem de milho (85%) no intuito de simular uma dieta a pasto.

A equação que apresentou as melhores estimativas foi aquela ajustada usando o modelo proposto por Cobby e Le Du (1978). Assim, O BR-CORTE (2016) adotou a seguinte equação:

$$PL = 8,819 - 0,069 \times SL - 8,819 \times \exp^{(-3,211 \times SL)},$$

em que PL = produção de leite; SL = semana de lactação.

Apesar de apresentar melhor estimativa do que a edição anterior, a equação sugerida superestima a produção de leite, uma vez que foi gerada usando dados de vacas Nelore em confinamento (Ferreira et al., 2021). Dessa forma, Ferreira et al. (2021) desenvolveram novas equações de acordo com a ordem de parto para estimar a produção de leite de vacas Nelore em

condições de pastejo. Porém, considerando que vacas em pastejo estão sujeitas a variações na disponibilidade e valor nutritivo da forragem, foi necessário, usar uma equação robusta que incluísse um grande número de dados de diferentes regiões e rebanhos para maior confiabilidade.

No estudo de Lopes et al. (2022), foram utilizados 9 trabalhos para gerar novas equações para vacas multíparas e 3 estudos escolhidos aleatoriamente para validação independente da equação (Tabela 12.3). Considerando que vacas multíparas e primíparas diferem em potencial de produção de leite (Ferreira et al., 2021) foram utilizados outros 4 estudos para o desenvolvimento de uma equação para estimar a produção de leite de vacas primíparas separadamente (Tabela 12.3).

A equação sugerida no BR-CORTE (2016) não estimou adequadamente os dados observados e apresentou maior viés e erro de predição (Tabela 12.4). Assim, a equação para estimativa de produção de leite para vacas de corte multíparas foi reajustada, e validada utilizando o banco de dados proveniente da meta-análise. A inclusão de uma equação para primíparas foi sugerida. Porém, devido ao baixo número de observações, não foi possível a realização de uma validação independente. Contudo, dado o ineditismo dessa equação contendo estudos em anos diferentes, sugere-se que a mesma seja utilizada até que mais dados estejam disponíveis para sua validação.

Tabela 12.3 - Estatística descritiva do banco de dados utilizado para desenvolver e validar as equações para estimar a produção de leite de vacas de corte

| Estudo | Método de coleta | n | Produção de leite | | | | Semana de lactação | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----|-------------------|-----|--------|--------|--------------------|--------|--------|
| | | | Média | DP | Mínimo | Máximo | Média | Mínimo | Máximo |
| <i>Múltiparas</i> | | | | | | | | | |
| Lopes et al. (2014) | Corrigida para 24 horas | 84 | 6,4 | 1,6 | 1,4 | 10,5 | 28 | 12 | 40 |
| Lopes et al. (2016) | Corrigida para 24 horas | 17 | 7,8 | 1,6 | 4,3 | 10,7 | 7 | 4 | 12 |
| Carvalho (2018) ¹ | Corrigida para 24 horas | 30 | 5,7 | 1,6 | 2,1 | 9,3 | 26 | 21 | 32 |
| Lage (2019) ¹ | Manhã e tarde | 70 | 5,0 | 1,8 | 1,5 | 8,8 | 29 | 23 | 35 |
| de Paula et al. (2022) | Manhã e tarde | 65 | 5,5 | 1,4 | 2,4 | 8,7 | 25 | 17 | 32 |
| Moreira (2022) ¹ | Manhã e tarde | 71 | 7,1 | 1,8 | 2,5 | 10,3 | 25 | 17 | 32 |
| Saraiva (2023) ¹ | Manhã e tarde | 104 | 6,9 | 2,1 | 1,7 | 11,4 | 19 | 6 | 32 |
| Ferreira et al. (2020) | Manhã e tarde | 74 | 7,8 | 1,3 | 4,1 | 10,4 | 5 | 3 | 7 |
| Ferreira et al. (2021) | Manhã e tarde | 99 | 6,6 | 1,6 | 2,6 | 10,1 | 12 | 1 | 30 |
| Souza (2021) ¹ | Corrigida para 24 horas | 178 | 4,9 | 1,6 | 2,0 | 9,7 | 17 | 4 | 30 |
| Nascimento (2021) ¹ | Corrigida para 24 horas | 139 | 5,5 | 2,0 | 0,6 | 10,9 | 17 | 4 | 30 |
| Rodrigues (2021) ¹ | Manhã e tarde | 134 | 5,9 | 1,6 | 2,5 | 9,8 | 10 | 1 | 29 |
| <i>Primíparas</i> | | | | | | | | | |
| Melo (2018) | Corrigida para 24 horas | 55 | 5,0 | 1,5 | 2,4 | 8,6 | 5 | 2 | 9 |
| Ferreira et al. (2021) | Manhã e tarde | 164 | 5,9 | 1,5 | 2,5 | 9,18 | 12 | 1 | 30 |
| Rodrigues (2021) ¹ | Manhã e tarde | 124 | 6,0 | 1,3 | 2,9 | 8,8 | 10 | 1 | 29 |
| Vital (2021) | Corrigida para 24 horas | 95 | 5,3 | 1,5 | 1,6 | 9,2 | 5 | 2 | 9 |

¹dados não publicados. Adaptada de Lopes et al. (2022).

Tabela 12.4 - Média (kg) e estatística descritiva para a relação entre os valores observados e preditos para produção de leite

| Item | Produção de leite | | |
|----------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | OBS ¹ | Cobby e Le Du (1978) ² | BR-CORTE (2016) ³ |
| Média | 6,39 | 6,52 | 7,88 |
| DP | 1,84 | 0,95 | 0,67 |
| Máximo | 10,9 | 7,59 | 8,67 |
| Mínimo | 2,33 | 4,97 | 6,75 |
| R | - | 0,53 | 0,57 |
| CCC ⁴ | - | 0,42 | 0,15 |
| Regressão | | | |
| Intercepto | | | |
| Estimativa | - | -0,34 | -6,08 |
| EP | - | 0,664 | 1,07 |
| P-valor ⁵ | - | 0,600 | < 0,0001 |
| Inclinação | | | |
| Estimativa | - | 1,03 | 2,38 |
| EP | - | 0,100 | 0,13 |
| P-valor ⁶ | - | 0,769 | < 0,0001 |
| QMEP ⁷ | - | 2,57 | 4,84 |
| Vício | - | 0,024 | 2,32 |
| Erro sistemático | - | 0,0008 | 0,15 |
| Erro aleatório | - | 2,55 | 2,36 |

¹OBS = valores observados; ²Cobby e Le Du (1978) = valores preditos pela equação gerada a partir do modelo proposto por Cobby e Le Du (1978); ³BR-Corte (2016) = valores preditos pela equação sugerida por Valadares Filho et al. (2016); ⁴CCC = coeficiente de correlação e concordância; ⁵H₀: $\beta_0 = 0$; ⁶H₀: $\beta_1 = 1$; ⁷QMEP = quadrado médio do erro de predição.

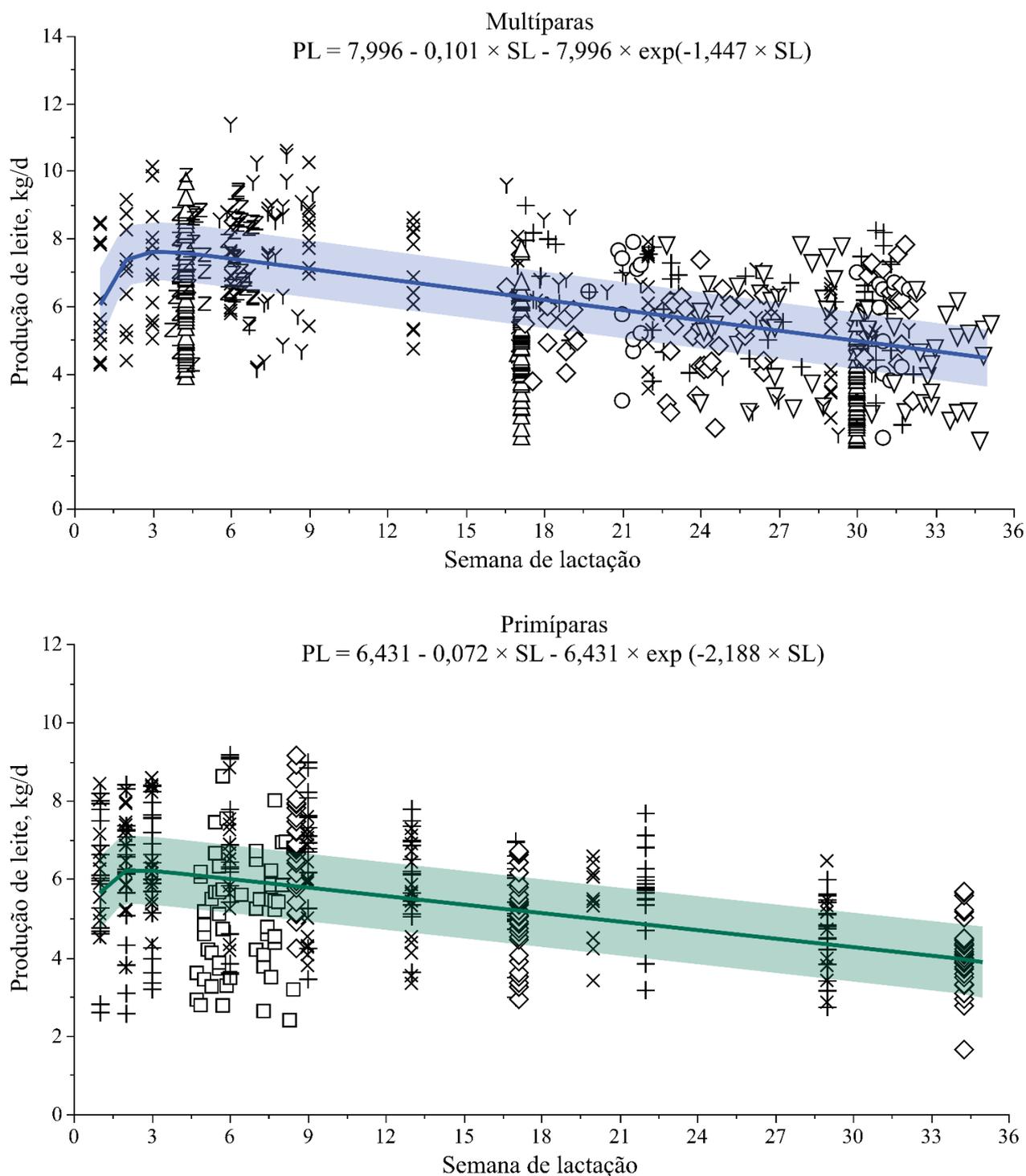


Figura 12.2 - Equações estimadas para prever a produção de leite de vacas Nelore múltiparas e primíparas de acordo com a semana de lactação.

As novas equações sugeridas foram também baseadas no modelo proposto por Cobby e Le Du (1978), sendo:

$$PL = 7,996 - 0,101 \times SL - 7,996 \times \exp(-1,447 \times SL)$$

obtida para vacas múltiparas (> 3 anos) e a equação:

$$PL = 6,431 - 0,072 \times SL - 6,431 \times \exp(-2,188 \times SL)$$

encontrada para vacas primíparas (≤ 3 anos).

De acordo com as novas equações desenvolvidas, estima-se que a produção de leite no pico de produção seja de 7,59 kg para múltiparas e 6,22 kg para primíparas, sendo o tempo até o pico de 3 a 5 semanas (Lopes et al., 2022).

Os mesmos estudos utilizados na meta-análise (Lopes et al., 2022) foram base para estimativa da composição do leite ao longo da lactação. Dessa forma, foi gerada uma média para cada componente do leite, assim como equações lineares para estimar a composição do leite de acordo com a semana de lactação (Tabela 12.5).

Os valores atualizados foram próximos aos recomendados pela edição do BR-CORTE (2016), exceto pela gordura (5,60 vs. 4,76%) e sólidos totais (15,00 vs. 13,92%).

A maior porcentagem de gordura no leite encontrado na edição anterior pode ser explicada pelos dados serem provenientes de vacas mantidas em confinamento e alimentadas com silagem de milho (Costa e

Silva, 2015). O maior aporte energético na dieta possivelmente levou a um aumento na produção de acetato e assim proporcionou uma maior quantidade de substrato para a síntese de gordura *de novo* na glândula mamária. Assim, a maior porcentagem de gordura também impactou nos valores de sólidos totais.

A composição mineral do leite de vacas Nelore apresentada foi baseada no estudo de Costa e Silva et al. (2015a), com as seguintes concentrações médias: 1,11% Ca, 0,76% P, 0,20% de Na, 0,25% de S, 0,23 ppm de Co, 3,20 ppm de Cr, 29,9 ppm de Fe, 1,40 ppm de Mn e 35,4 ppm de Zn (Tabela 12.6).

Tabela 12.5 - Média (%) e estimativa da composição do leite de acordo com a semana de lactação

| Componentes | Média | Equações |
|-------------------|-------|----------------------------|
| Gordura, % | 4,76 | $4,52 + 0,018 \times SL^1$ |
| Proteína, % | 3,56 | $3,37 + 0,010 \times SL$ |
| Lactose, % | 4,56 | $4,81 - 0,010 \times SL$ |
| Sólidos totais, % | 13,92 | $13,6 + 0,021 \times SL$ |

¹SL = semana de lactação. Adaptado de Lopes et al., (dados não publicados).

Tabela 12.6 - Composição de mineral do leite de vacas Nelore durante a lactação

| Componentes | Dias de lactação | | | | | | | EPM | Valor P |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|---------|
| | 28 | 56 | 84 | 112 | 140 | 168 | 196 | | |
| Ca (g/kg) | 1,13 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 0,03 | 0,46 |
| P (g/kg) | 0,81 ^a | 0,74 ^b | 0,73 ^b | 0,76 ^{ab} | 0,77 ^{ab} | 0,77 ^{ab} | 0,76 ^{ab} | 0,02 | 0,01 |
| Mg (g/kg) | 0,06 ^c | 0,07 ^c | 0,07 ^c | 0,07 ^{bc} | 0,08 ^{ab} | 0,08 ^a | 0,08 ^a | 0,01 | <0,001 |
| K (g/kg) | 0,71 ^{ab} | 0,70 ^{ab} | 0,71 ^{ab} | 0,73 ^a | 0,73 ^{ab} | 0,69 ^{ab} | 0,65 ^b | 0,03 | 0,04 |
| Na (g/kg) | 0,22 ^a | 0,20 ^b | 0,19 ^b | 0,19 ^b | 0,19 ^b | 0,19 ^b | 0,20 ^{ab} | 0,01 | <0,001 |
| S (g/kg) | 0,26 | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,01 | 0,08 |
| Co (ppm) | 0,23 ^{ab} | 0,26 ^a | 0,19 ^b | 0,22 ^{ab} | 0,25 ^{ab} | 0,22 ^{ab} | 0,23 ^{ab} | 0,02 | 0,03 |
| Cr (ppm) | 3,19 | 3,33 | 3,24 | 3,03 | 3,28 | 3,27 | 3,05 | 0,20 | 0,12 |
| Cu (ppm) | 3,01 ^a | 2,28 ^b | 1,98 ^b | 1,78 ^b | 1,73 ^b | 1,55 ^b | 1,54 ^b | 0,20 | <0,001 |
| Fe (ppm) | 27,9 | 29,9 | 27,4 | 29,3 | 30,1 | 32,5 | 32,0 | 3,1 | 0,58 |
| Mn (ppm) | 1,47 | 1,26 | 1,24 | 1,36 | 1,47 | 1,53 | 1,47 | 0,2 | 0,21 |
| Zn (ppm) | 41,1 ^a | 35,5 ^b | 34,1 ^b | 33,9 ^b | 34,6 ^b | 34,7 ^b | 33,8 ^b | 1,8 | <0,001 |

Adaptada de Costa e Silva et al. (2015a).

Tabela 12.7 - Estatística descritiva do banco de dados independente utilizado para avaliar a predição do consumo de matéria seca de volumoso e concentrado de bezerros de corte lactentes

| Estudo | Item | n | Média | DP | Máximo | Mínimo |
|-----------------|--------------------|----|-------|------|--------|--------|
| Lopes (2012) | Idade (dias) | | 170 | - | - | - |
| | CMS de concentrado | 53 | 0,63 | 0,32 | 0,80 | 0,00 |
| | CMS de volumoso | 53 | 2,02 | 0,59 | 3,34 | 0,79 |
| | Peso corporal | 53 | 188 | 31,0 | 256 | 123 |
| | Ganho médio diário | 53 | 0,85 | 0,12 | 1,14 | 0,64 |
| Cardenas (2012) | Idade (dias) | | 192 | 33,2 | 245 | 120 |
| | CMS de concentrado | 62 | 0,46 | 0,2 | 0,97 | 0,04 |
| | CMS de volumoso | 62 | 1,86 | 0,47 | 3,04 | 0,88 |
| | Peso corporal | 62 | 217 | 30,2 | 285 | 154 |
| | Ganho médio diário | 62 | 0,67 | 0,09 | 0,92 | 0,42 |
| Márquez (2013) | Idade (dias) | | 150 | - | - | - |
| | CMS de concentrado | 28 | 1,08 | 0,56 | 2,63 | 0,28 |
| | CMS de volumoso | 28 | 2,17 | 1,15 | 6,31 | 0,77 |
| | Peso corporal | 28 | 202 | 21,6 | 255 | 151 |
| | Ganho médio diário | 28 | 0,94 | 0,09 | 1,13 | 0,74 |
| Lopes (2015) | Idade (dias) | | 190 | - | - | - |
| | CMS de concentrado | 42 | 0,84 | 0,61 | 1,62 | 0 |
| | CMS de volumoso | 42 | 2,01 | 0,41 | 3,21 | 1,38 |
| | Peso corporal | 42 | 203 | 29,0 | 264 | 148 |
| | Ganho médio diário | 42 | 0,84 | 0,12 | 1,14 | 0,56 |
| Martins (2017) | Idade (dias) | | 182 | - | - | - |
| | CMS de concentrado | 47 | 0,75 | 0,63 | 2,79 | 0,00 |
| | CMS de volumoso | 47 | 2,32 | 1,05 | 5,63 | 1,00 |
| | Peso corporal | 47 | 212 | 28,1 | 296 | 161 |
| | Ganho médio diário | 47 | 0,81 | 0,17 | 1,08 | 0,43 |

CONSUMO DE MATÉRIA SECA DE BEZERROS NELORE LACTENTES

A edição do BR-CORTE em 2010 recomendou o valor constante de 2,35% PC para o CMS total de bezerros Nelore lactentes durante os seis primeiros meses de lactação; essa recomendação foi oriunda do estudo conduzido por Fonseca (2009).

No entanto, Costa e Silva (2015) avaliou cinco modelos disponíveis na literatura para estimar o CMS de volumoso e concentrado para bezerros Nelore durante a fase de amamentação. Assim, conhecendo o consumo de leite através da PL das vacas e o multiplicando pelo seu teor de MS obtêm-se o CMS de leite.

Dessa forma, fazendo-se a soma do CMS de leite e dos alimentos sólidos pode-se obter o CMS total dos bezerros no período de amamentação. Assim, na edição do BR-

CORTE (2016), a seguinte equação proposta por Costa Silva (2015) foi adotada para estimar o consumo de matéria seca de volumoso e concentrado:

$$\text{CMS}_{\text{vc}} = 0,353 - 0,532 \times \text{CMS}_{\text{leite}} + 0,01065 \times \text{PC} + 0,3497 \times \text{GMD},$$

em que CMS_{vc} = consumo de matéria seca de volumoso e concentrado (kg/dia), $\text{CMS}_{\text{leite}}$ = consumo de matéria seca do leite (kg/dia), PC = peso corporal (kg), GMD = ganho médio diário (kg/dia).

Adicionalmente, a partir de um banco de dados independente que continha 232 observações provenientes de cinco experimentos conduzidos em condições de pastagem (Tabela 12.7), essa equação foi avaliada, resultando na correta estimativa do CMS de volumoso e concentrado de bezerros de corte lactentes (Tabela 12.8), sendo então essa equação sugerida pelo BR-CORTE.

Tabela 12.8 - Média (kg) e estatística descritiva para a relação entre os valores observados e preditos para o CMS de volumoso e concentrado de bezerro

| Item | CMS de volumoso e concentrado | |
|----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | OBS ¹ | BR-CORTE (2016) ² |
| Média | 2,51 | 2,34 |
| DP | 0,64 | 0,34 |
| Máximo | 3,99 | 3,37 |
| Mínimo | 0,99 | 1,35 |
| R | - | 0,44 |
| CCC ³ | - | 0,33 |
| Regressão | | |
| Intercepto | | |
| Estimativa | - | 0,55 |
| EP | - | 0,29 |
| P-valor ⁴ | - | 0,054 |
| Inclinação | | |
| Estimativa | - | 0,85 |
| EP | - | 0,12 |
| P-valor ⁵ | - | 0,24 |
| QMEP ⁶ | - | 0,40 |
| Vício | - | 0,04 |
| Erro sistemático | - | 0,002 |
| Erro aleatório | - | 0,35 |

¹OBS = valores observados; ²BR-Corte (2016) = valores preditos pela equação sugerida por Valadares Filho et al. (2016); ³CCC = coeficiente de correlação e concordância; ⁴H₀: $\beta_0 = 0$; ⁵H₀: $\beta_1 = 1$; ⁶QMEP = quadrado médio do erro de predição.

SUPLEMENTAÇÃO DE BEZERROS NO PERÍODO DE AMAMENTAÇÃO

Considerando a curva de lactação de vacas Nelore, a composição média do leite e de acordo com as exigências nutricionais obtidas para os bezerros na fase pré-desmama, torna-se possível estimar o momento em que o leite não é mais suficiente para suprir os nutrientes demandados para o crescimento do bezerro. Considerando a energia e a proteína como os nutrientes mais limitantes, evidencia-se que, a partir da 12^a semana de vida, ou seja, por volta dos 80 dias de idade, o leite não fornece toda a energia necessária para que o bezerro tenha um GMD próximo de 1 kg/dia. Por outro lado, a proteína torna-se o limitante a partir da 14^a semana, ou seja, em torno de 100 dias de vida do bezerro. Portanto, para que bezerros de corte consigam manter um ganho de peso da ordem de 900 g/dia até a desmama, é necessário a utilização de suplementos via *creep-feeding*, a partir do terceiro mês de vida, ou então, utilizar vacas de maior potencial para produção de leite (Tabela 12.9).

Contudo, mesmo que o aumento na produção de leite devido à maior capacidade genética das vacas permita aumentar o ganho de peso à desmama dos bezerros, não se pode negligenciar que, o nível nutricional na maior parte dos sistemas baseados em pastagens é limitante para dar suporte a níveis elevados de produção de leite (Paulino et al., 2012). Adicionalmente, entre o 3^o e 4^o mês de idade, ocorrem mudanças consideráveis no trato digestório do bezerro, época em que esse animal se transforma efetivamente em animal ruminante (Porto et al., 2009), o que o torna cada vez mais dependente do pasto. Entretanto, na maioria dos sistemas brasileiros de produção, esses processos acontecem durante o período de transição águas-seca, período em que ocorre a diminuição da qualidade e quantidade de forragem disponível para o pastejo.

Consequentemente, a diferença entre as exigências nutricionais do bezerro e a quantidade de nutrientes supridos pelo leite e pelo pasto tende a aumentar, colocando o bezerro em situação desfavorável no tocante ao equilíbrio nutricional. Assim, para os sistemas intensivos de produção de

bovinos, que exigem maior aporte nutricional, visualiza-se a suplementação dos animais lactentes sob sistema de *creep-feeding*. O *creep-feeding* refere-se ao fornecimento do alimento

adicional para animais em fase de aleitamento, em local cujo acesso é restrito aos bezerros (Paulino et al., 2012).

Tabela 12.9 - Produção de leite de vacas Nelore, disponibilidade de energia metabolizável (EM) e proteína metabolizável (PM) via leite, exigências totais de EM e PM de bezerros Nelore lactentes e a necessidade de leite para atender as exigências de EM dos bezerros, de acordo com a semana de lactação e o peso dos animais

| SL ¹ | PC ² | PL ³ | EM leite ⁴ | PM leite ⁵ | EMt ⁶ | PMt ⁷ | NL ⁸ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 36,3 | 6,01 | 6,85 | 303,56 | 3,47 | 227,08 | 3,04 |
| 2 | 42,6 | 7,35 | 8,37 | 371,08 | 4,92 | 236,91 | 3,44 |
| 3 | 48,9 | 7,59 | 8,64 | 383,07 | 4,34 | 246,39 | 3,81 |
| 4 | 55,2 | 7,57 | 8,62 | 381,99 | 4,76 | 255,59 | 4,18 |
| 5 | 61,5 | 7,49 | 8,52 | 377,84 | 5,16 | 264,56 | 5,53 |
| 6 | 67,8 | 7,39 | 8,41 | 372,96 | 5,55 | 273,34 | 4,87 |
| 7 | 74,1 | 7,29 | 8,30 | 367,92 | 5,93 | 281,96 | 5,20 |
| 8 | 80,4 | 7,19 | 8,19 | 362,83 | 6,31 | 290,44 | 5,53 |
| 9 | 86,7 | 7,09 | 8,07 | 357,73 | 6,68 | 298,81 | 5,86 |
| 10 | 93,0 | 6,99 | 7,96 | 352,64 | 7,04 | 307,07 | 6,17 |
| 11 | 99,3 | 6,88 | 7,84 | 347,54 | 7,39 | 315,25 | 6,48 |
| 12 | 105,6 | 6,78 | 7,73 | 342,44 | 7,74 | 323,36 | 6,78 |
| 13 | 111,9 | 6,68 | 7,61 | 337,34 | 8,35 | 331,40 | 7,32 |
| 14 | 118,2 | 6,58 | 7,50 | 332,24 | 8,70 | 339,39 | 7,63 |
| 15 | 124,5 | 6,48 | 7,38 | 327,15 | 9,05 | 347,33 | 7,90 |
| 20 | 156 | 5,98 | 6,81 | 301,65 | 10,71 | 386,59 | 9,40 |

¹SL = semana de lactação; ²PC = peso do bezerro, kg; considerou-se o peso ao nascimento de 30 kg e GMD de 0,9 kg/dia; ³PL = produção de leite; ⁴EM via leite: quantidade de energia metabolizável disponibilizada ao bezerro via leite (Mcal/dia); ⁵PM via leite: quantidade de proteína metabolizável disponibilizada ao bezerro via leite (g/dia); ⁶EMt = exigências totais (manutenção + ganho) de energia metabolizável do bezerro; ⁷PMt: exigências totais (manutenção + ganho) de proteína metabolizável do bezerro; ⁸NL: necessidade de leite (kg/dia) para atender as exigências totais de EM do bezerro. Adaptada do BR-CORTE (2016).

Estudos sobre o *creep-feeding* em condições tropicais têm consistentemente demonstrado aumento no PC dos bezerros à desmama (Tabela 12.10), evidenciando a importância desta técnica para antecipar a idade ao abate e o início da atividade reprodutiva de animais criados em condições de pastejo (Paulino et al., 2010). Contudo, o ganho de peso adicional com a utilização do *creep-feeding*, é variável. Fatores como a quantidade e a qualidade do pasto, a produção de leite das vacas, o potencial de crescimento dos bezerros, raça, o sexo, a idade dos bezerros ao desmame, e mesmo o tipo de suplemento e o tempo de utilização do *creep-feeding* influenciam o desempenho dos animais.

Desta forma, obedecido o limite imposto pela genética, quanto menor for a

capacidade do leite e/ou pasto em suprir a demanda nutricional dos bezerros, maior será a resposta relativa com a utilização do *creep-feeding*, refletindo positivamente na eficiência e na rentabilidade dessa técnica.

Lopes et al. (2017) avaliaram planos nutricionais (0, 3, 6 ou 9 g/kg PC) de suplemento com 25%) para bezerros de corte lactentes dos 4 aos 8 meses de idade. Foi observado que os animais que receberam 6 g de suplemento/kg de PC tiveram maior GMD (0,92 g/dia) e PC ao desmame (275 kg). Acompanhando esses animais no confinamento (Prados et al. 2017) foi observado para os animais abatidos com 15-16 meses, observou-se que a diferença de peso ao abate pode ser atribuída ao GDP adicional obtido com o *creep-feeding*.

Tabela 12.10 - Resumo dos dados de estudos sobre *creep-feeding*

| Estudo ^a | Período experimental (d) | Sexo do Bezerro | Consumo de suplemento (g) ^b | Teor de PB no suplemento (g/kg) | GMD ^c | |
|------------------------|--------------------------|-----------------|--|---------------------------------|------------------|-----|
| | | | | | MM | SUP |
| De Paula et al. (2012) | 112 | Macho | 583 | 300 | 662 | 728 |
| Valente et al. (2013) | 112 | Macho | 530 | 150-550 | 608 | 804 |
| Barros et al. (2014) | 112 | Fêmea | 500 | 250 | 687 | 769 |
| Lopes et al. (2014) | 140 | Macho | 900 | 80-410 | 727 | 880 |
| Cardenas et al. (2015) | 140 | Fêmea | 500 | 80-400 | 619 | 677 |
| Barros et al. (2015) | 140 | Macho | 850 | 250 | 731 | 843 |
| Marquez et al. (2014) | 150 | Fêmea | 450 | 250 | 628 | 677 |
| Lopes et al. (2017) | 140 | Macho | 1200 | 250 | 720 | 873 |
| Almeida (2017) | 140 | Fêmea | 800 | 250 | 642 | 732 |
| Martins et al. (2017) | 140 | Macho | 1600 | 250 | 500 | 900 |

^{a/} Dados processados; para acessar dados individuais consultar as referências.

^{b/} Consumo médio de suplemento dos animais suplementados.

^{c/} GMD = ganho médio diário (g), MM = bezerros receberam apenas mistura mineral; ou SUP = bezerros receberam suplementos múltiplos em sistema de *creep-feeding*.

Em uma abordagem meta-analítica, Carvalho et al. (2018) reuniram dados de 18 estudos com *creep-feeding* (entre 2007 e 2017). Os autores encontraram máximas respostas com a utilização de suplementos nas quantidades de 7,6 g/kg de PC para machos e 5,5 g/kg de PC para fêmeas, com teor de PB no suplemento de 22,5%. O GMD adicional máximo foi de 0,2 e 0,1 kg/dia para bezerros e bezerras, respectivamente. Considerando esses ganhos e um período de suplementação de 150 dias o ganho adicional obtido com o *creep-feeding* seria de 30 kg para machos e 15 kg para fêmeas, o que está de acordo com os resultados de Lopes et al. (2017).

No tocante ao comportamento de amamentação, os resultados de pesquisas não têm apontado redução no consumo de leite em função da adoção do *creep-feeding*. Valente et al. (2013) avaliaram o comportamento de bezerros de corte com livre acesso ao *creep-feeding*, recebendo suplementos na quantidade de 5 g/kg de PC e não observaram diferenças no tempo de amamentação entre os bezerros suplementados e não suplementados. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (2017) e Martins et al. (2017). Nesses estudos, observou-se um decréscimo no tempo de pastejo com a suplementação, indicando que houve substituição no CMS de forragem pelo suplemento, suportando a ausência de alteração no consumo de leite.

Outros estudos (Barros et al., 2014; Lopes et al., 2014; Cardenas et al., 2015; Lopes et al., 2017) avaliaram os efeitos da adoção do *creep-feeding* sobre o consumo e não observaram mudança no consumo de leite, entretanto, o consumo de forragem foi menor nos animais suplementados. Portanto, parece improvável os bezerros substituírem o leite pelo suplemento. Esse fato mostra que a ordem de preferência do bezerro é em 1º Leite, 2º concentrado e 3º forragem.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA VACAS DE CORTE LACTANTES

Os cálculos utilizados para as exigências nutricionais de vacas Nelore em lactação e bezerros lactentes seguiram as mesmas recomendações sugeridas nos capítulos anteriores. Devido à falta de experimentos com vacas Nelore em lactação e bezerros lactentes desde a edição do BR-CORTE (2010), as exigências nutricionais desses animais foram baseadas no experimento conduzido por Fonseca (2009).

Dessa forma, a relação entre o peso de corpo vazio (PCVZ) e PCJ das vacas foi calculada seguindo as recomendações do capítulo 1:

$$PCVZ = 0,8507 \times PCJ^{1,0002},$$

enquanto a relação entre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e GMD foi de 0,963.

Conforme explicado no capítulo de exigências de energia para bovinos de corte, a produção de calor foi obtida indiretamente pela diferença entre consumo de energia metabolizável (CEM) e a energia retida (ER), que foram determinados pela técnica de abate comparativo, e a energia secretada no leite. Com isso, as exigências de energia líquida para manutenção das vacas (ELm) foram obtidas pela equação:

$$PCalor = 97,8 \times \exp^{(0,0024 \times CEM)}, S_{XY} = 0,5578,$$

em que PCalor = produção de calor (kcal/PCVZ^{0,75}/dia) e CEM = consumo de energia metabolizável (kcal/PCVZ^{0,75}/dia). Assim, a partir da equação anterior, quando o CEM é equivalente à produção de calor em jejum se obtém o valor de 97,8 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, ou seja, as exigências de energia líquida para manutenção de vacas Nelore em lactação.

O NRC (1996) estabeleceu as exigências de ELm para bovinos de corte como sendo 77 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, obtidas a partir dos dados de Lofgreen e Garret (1968). Ainda, esse sistema recomenda descontos de 10% para animais zebuínos e um acréscimo de 20% para vacas em lactação. Portanto, adotando-se essas recomendações, as ELm de vacas Nelore em lactação, segundo o NRC (1996), seriam de 83,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Buskirk et al. (1992) estimaram a ELm de 72,5 kcal/PCJ^{0,75}/dia para vacas Angus.

Utilizando as recomendações da edição do BR-CORTE (2010), a exigência de energia líquida para manutenção em animais zebuínos de diferentes classes sexuais foi estimada em 74,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Considerando-se o acréscimo de 20% para vacas em lactação (NRC, 1996), o valor obtido para essa categoria animal deveria ser de 89,0 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, resultado esse que está abaixo do obtido pelo experimento de Fonseca (2009) que foi de 97,8 kcal/PCVZ^{0,75}/dia.

Assim, mesmo considerando os dados de apenas um experimento, por falta de outras

informações para essa categoria animal, recomenda-se a utilização do valor de 97,8 kcal/PCVZ^{0,75}/dia como a exigência de energia líquida para manutenção de vacas Nelore em lactação.

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EMm) de vacas Nelore em lactação foi obtida quando o CEM se igualou à produção de calor utilizando o método iterativo na equação anteriormente proposta, que resultou no valor de EMm de 135,4 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. A partir desses valores, a eficiência de utilização da energia metabolizável (EM) para manutenção (*km*) foi estimada em 72% (97,8/135,4). Em um estudo de Freetly et al. (2006) com vacas de corte (Hereford × Angus × Redpoll × Pinzgauer) primíparas lactantes, a EMm foi estimada em 146 kcal/PCJ^{0,75}/dia e a eficiência de utilização da EM para manutenção foi estimada em 72%. Por outro lado, Calegare et al. (2007) estimaram a EMm de 141,3 kcal/PC^{0,75}/dia para vacas Nelore lactantes, sendo esse valor próximo ao observado por Fonseca (2009).

A perda de energia relacionada à mobilização de reservas corporais foi obtida a partir da composição corporal das vacas referênciadas logo após o parto, e daquelas que foram alimentadas ao nível de manutenção durante os primeiros 90 dias, ou seja, aquelas que perderam peso. Assim, a energia retida negativa foi 2,1 Mcal/dia, que dividida pela perda de peso corporal de 0,48 kg/dia, resultou no valor médio de 4,3 Mcal/kg de perda de PC. Esse valor está abaixo do recomendado por outros sistemas de exigências nutricionais que utilizaram animais taurinos como base para os cálculos, o que poderia explicar a diferença entre eles (Tabela 12.11). A eficiência de utilização da energia proveniente da mobilização das reservas corporais para a PL obtida por Freetly et al. (2006) foi de 78%, enquanto o AFRC (1993) e o CSIRO (2007) consideraram a eficiência de 84%.

Tabela 12.11 - Perda de energia relacionada à mobilização de reservas corporais (Mcal/kg de perda de PC) de acordo com diferentes sistemas de exigências nutricionais

| Característica | Fonseca (2009) | NRC (1996) | CSIRO (2007) | | INRA (1989) | AFRC (1993) |
|-----------------------------------|----------------|------------|------------------|-----------------|-------------|-------------|
| | | | Raças britânicas | Raças europeias | | |
| Mobilização de reservas corporais | 4,3 | 5,8 | 6,4 | 5,5 | 6,0 | 4,5 |

Todavia, poucos trabalhos envolvendo a estimativa das exigências nutricionais de fêmeas zebuínas foram realizados no Brasil (Calegare et al., 2007; Fonseca, 2009; Marcondes et al., 2009; Costa e Silva et al., 2015b). Ainda, os poucos estudos foram realizados em confinamento, onde os animais são mantidos em baias, de forma a permitir um maior controle para a obtenção de variáveis importantes, como o CEM, que será utilizado para cálculo das estimativas.

Dessa forma, é provável que haja uma subestimação das exigências de energia para manutenção dos animais mantidos em confinamento, uma vez que não está sendo considerado o gasto extra de energia que se observaria caso os animais estivessem a pasto. Numa situação extensiva, a produção de calor dos animais é influenciada por uma série de fatores inter-relacionados, como disponibilidade e qualidade da forragem, condições ambientais e comportamento do animal em pastejo, como descrito detalhadamente no capítulo de exigências de energia para bovinos de corte.

De acordo com os trabalhos conduzidos com animais a pasto, em que a produção de calor foi estimada a partir da taxa de batimentos cardíacos, o gasto energético relacionado às atividades de pastejo e locomoção, tanto no plano horizontal quanto vertical em áreas de pastagem, correspondeu

entre 8,0 e 11,2% da produção total de energia (Brosh et al., 2010). Dessa forma, pesquisas avaliando o incremento nas exigências de manutenção que as atividades de pastejo podem acarretar no rebanho de cria, devem ser conduzidas no Brasil para permitir um melhor entendimento das variações na eficiência energética dos animais (Kelly et al., 2010).

As exigências de energia líquida para ganho (ELg) de vacas Nelore lactantes foram calculadas a partir da equação descrita por Fonseca (2009) utilizando o modelo alométrico:

$$ELg = GPCVZ \times (1,0076 \times PCVZ^{0,2389}),$$

em que ELg = exigência de energia líquida para ganho (Mcal/dia) e PCVZ = peso de corpo vazio (kg/dia). A eficiência de utilização da energia metabolizável (EM) para ganho (kg) de vacas Nelore em lactação foi de 0,44, equivalente à inclinação da reta produzida a partir da relação entre a ER (kcal/PCVZ^{0,75}/dia) e o CEM (kcal/PCVZ^{0,75}/dia) descrita na Figura 12.3. Flatt et al. (1967), trabalhando com vacas holandesas em lactação, encontraram o valor de 0,64 para kg. Se considerar uma energia retida igual a zero nessa equação, pode-se estimar as exigências de EM para lactação de 140,1 kcal/PCVZ^{0,75}, valor próximo ao obtido pelo processo iterativo.

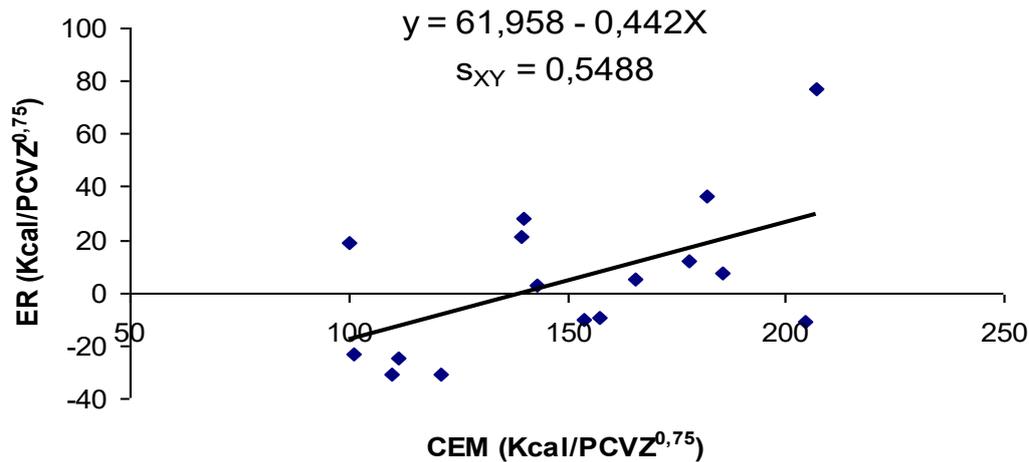


Figura 12.3 - Energia retida em função do consumo de energia metabolizável. Adaptada de Fonseca et al. (2012).

As exigências de energia líquida para lactação (EL_1) foram consideradas como a energia líquida do leite, que no estudo de Fonseca (2009), resultou em 0,75 Mcal/kg de leite. Considerando a eficiência de utilização da energia metabolizável para lactação (k_l) igual ao km (NASEM, 2016) de 0,72, pode-se inferir que a exigência de EM para lactação (EM_1) seja de 1,04 Mcal/kg de leite.

Além dessa forma, a EL por kg de leite pode ser obtida a partir dos componentes do leite, sendo cada componente multiplicado pelos seus respectivos valores energéticos. Assim, a partir da composição média do leite descrita na Tabela 12.5: 3,56% PB, 4,56% lactose e 4,76% gordura, têm-se que as exigências de EL para lactação, usando a equação do NRC (2001): EL_1 (Mcal/kg) = $0,0929 \times \% \text{ gordura} + 0,0547 \times \% \text{ proteína} + 0,0395 \times \% \text{ lactose}$, seriam de 0,82 Mcal/kg de leite. Assim, a EM_1 pode ser calculada como 1,14 Mcal/kg de leite ($0,82/0,72$), estando esse valor acima do encontrado por Fonseca (2009), possivelmente pelo maior teor médio de gordura do leite (Tabela 12.5). Alternativamente, caso não haja a composição completa do leite, ou ainda, quando se conhece apenas o teor de gordura do leite, pode-se usar a equação sugerida pelo NRC (2001): EL_1 (Mcal/kg) = $0,36 + 0,0969 \times \% \text{ gordura}$.

Para converter EM para NDT, considera-se a equação sugerida nessa edição para converter EM em ED (para maiores detalhes, ver capítulo 8): $EM = 0,9455 \times ED$

– 0,3032, enquanto a conversão de ED para NDT foi utilizado o fator de 4,4. Com isso, a EL_1 resultaria nas exigências de NDT de 0,35 kg/kg leite, quando a EM_1 for 1,14 Mcal/kg leite.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA BEZERROS DE CORTE LACTENTES

A conversão de PCJ para peso de corpo vazio (PCVZ) dos bezerros lactentes pode ser obtida pela relação $PCVZ/PCJ = 0,962$. Ainda, o GMD pode ser convertido em ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) pela relação $GPCVZ/GMD = 0,958$ para os bezerros lactentes. Devido à falta de ajuste dos dados provenientes do estudo de Fonseca et al. (2012b), as exigências de EM para manutenção de bezerros lactentes não foram estimadas, sendo assim, Costa e Silva et al. (2015b) avaliaram as exigências de EL_m de bezerros Nelore com peso corporal variando de 121 a 300 kg e sugeriram a seguinte equação:

$$PCalor = 0,294 \times \exp^{(1,0530 \times CEM)},$$

em que $PCalor$ = produção de calor (MJ/PCVZ^{0,75}/dia) e CEM = consumo de energia metabolizável (MJ/PCVZ^{0,75}/dia).

Assim, a partir da equação anterior, obtêm-se o valor de 294 kJ/PCVZ^{0,75}/dia, ou seja, 70,3 kcal/PCVZ^{0,75}/dia como as exigências de energia líquida para manutenção de bezerros Nelore. Quanto às exigências de EM para manutenção, quando o CEM é equivalente à produção de calor em jejum,

usando essa mesma equação, o valor obtido foi de 118,6 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Assim, dividindo E_{LM} por E_{MM}, a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção foi de 59,3%. As exigências de energia líquida para ganho (E_{Lg}) de bezerros Nelore lactentes (Fonseca et al., 2012b) foram estimadas pela seguinte equação:

$$E_{Lg} = 0,0932 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,9157},$$

em que E_{Lg} = exigência líquida de energia para ganho (Mcal/dia), PCVZ^{0,75} = peso de corpo vazio metabólico e GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio.

Para converter as exigências de energia líquida para ganho (E_{Lg}) em exigências de energia metabolizável para ganho (E_{Mg}) foram utilizados 2 fatores de eficiência de utilização da E_{Mg}, sendo *kg* = 0,69 para consumo de leite e *kg* = 0,57 para consumo de alimentos sólidos conforme recomendado pelo NRC (2001). Assim, a *kg* no período de 0 a 90 dias foi considerada 0,66 (77 × 0,69 + 23 × 0,57) correspondente ao peso dos animais até 100 kg; e no período de 90 a 180 dias (>100 kg de peso corporal) foi considerada a *kg* de 0,62 (43 × 0,69 + 57 × 0,57), sendo 77 e 23% e, 43 e 57%, as relações entre consumo de leite e alimentos sólidos ingeridos pelos bezerros nos respectivos períodos (Fonseca, 2009).

As exigências de ED foram calculadas como: EM/0,96 (NRC, 2001; para bezerros lactentes) e as exigências de NDT foram calculadas como: ED/4,4.

EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA PARA VACAS DE CORTE LACTANTES

As exigências de proteína metabolizável para manutenção (PM_M) foram calculadas a partir da equação sugerida pelo BR-CORTE (2016) (para maiores detalhes, ver capítulo 9) para animais criados a pasto:

$$PM_M = 3,9 \times PCJ^{0,75},$$

em que PCJ^{0,75} = peso corporal metabólico em jejum. As exigências líquidas de proteína para ganho de vacas Nelore primíparas foram calculadas a partir da equação proposta por Fonseca (2009):

$$PLg \text{ (g/dia)} = GPCVZ \times (376,4 \times PCVZ^{-0,1839}).$$

Para conversão das exigências líquidas de proteína para ganho em exigências de proteína metabolizável para ganho (PM_g), a eficiência (*k*) foi calculada utilizando a recomendação sugerida pelo BR-CORTE (2010):

$$k = 47,4\%.$$

A proteína requerida para lactação é baseada na quantidade de proteína secretada no leite. A partir da equação apresentada para estimar a produção de leite, pode-se estimar a quantidade de proteína que é produzida no leite. O NRC (2001) sugere uma equação para calcular as exigências de proteína metabolizável para lactação (PM_l):

$$PM_l = \text{Pleite}/0,67 \times 1000,$$

em que Pleite = proteína no leite (kg/dia) e 0,67 = eficiência de utilização da proteína metabolizável para lactação.

Considerando o teor médio de PB no leite de 3,56%; esse teor multiplicado pelo percentual de proteína verdadeira no leite (AFRC, 1993), que é de 95%, resulta no valor de 3,38% ou 33,8 g de proteína verdadeira por quilograma de leite. Schroeder e Titgemeyer (2008) realizaram uma revisão sobre a eficiência de utilização da PM e afirmaram que as eficiências de utilização da proteína digestível para ganho de proteína corporal observadas em bezerros foram inferiores ao valor fixo de 67% adotado pelo NRC (2001).

Além disso, essa eficiência pode ser afetada por diversos fatores, tais como o nível de ingestão de proteína e energia, PC, idade, genótipo dos animais e frequência de alimentação (Schroeder e Titgemeyer, 2008). Devido à falta de um valor coerente, considerou-se a eficiência de utilização da proteína metabolizável para lactação de 0,67 (NRC, 2001), o que resultou no valor de 50,5 g de proteína metabolizável (PM) por quilograma de leite, correspondendo às exigências de PM para produção de leite. Esse valor é superior aos 44,8 g de PM por quilograma de leite apresentado para um leite com média de 3,15% de PB (AFRC, 1993; NRC, 2001). Dessa forma, sugere-se que as exigências de PM para lactação de vacas Nelore sejam de 50,5 g/kg de leite.

A produção de proteína bruta microbiana (PBmic) foi calculada considerando a recomendação apresentada no capítulo 3 em que a síntese microbiana foi calculada em função do consumo de proteína bruta (CPB) e dos nutrientes digestíveis totais (CNDT) como apresentado a seguir:

$$PBmic \text{ (g/dia)} = -53,07 + 304,9 \times CPB + 90,8 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2,$$

em que CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) e CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia). Assim, as exigências de proteína degradada no rúmen (PDR) foram calculadas a partir das recomendações dessa edição em que a síntese de proteína microbiana se iguala às exigências de PDR (para maiores detalhes, ver capítulo 9):

$$PDR = PBmic,$$

enquanto as exigências de proteína não degradada no rúmen (PNDR) foram obtidas a partir da equação:

$$PNDR = (\text{Proteína metabolizável total} - (PBmic \times 0,64))/0,80.$$

Para se obter as exigências de proteína bruta, deve-se proceder à soma das exigências de PDR e PNDR.

EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA PARA BEZERROS DE CORTE LACTENTES

As recomendações para as exigências de proteína metabolizável para manutenção (PMm) foram baseadas na equação sugerida na edição do BR-CORTE (2016) para animais criados a pasto (para maiores detalhes, ver capítulo 9):

$$PMm = 3,9 \times PCJ^{0,75}.$$

As exigências líquidas de proteína para ganho de bezerros Nelore lactentes foram calculadas a partir da equação desenvolvida por Fonseca (2009):

$$PLg \text{ (g/dia)} = GPCVZ \times (139,7 \times PCVZ^{0,0351}).$$

Para a conversão das exigências líquidas de proteína para ganho em exigências de proteína metabolizável para ganho (PMg), a eficiência (k) foi calculada

usando a equação descrita pelo BR-CORTE (2010):

$$k = 84,665 - 0,1179 \times PCVZeq.$$

Da mesma forma que para as vacas, a produção de proteína bruta microbiana (PBmic) foi calculada considerando a recomendação apresentada no capítulo 3 em que a síntese microbiana foi calculada em função do consumo de proteína bruta (CPB) e dos nutrientes digestíveis totais (CNDT).

Contudo, sabe-se que bezerros, ao ingerir o leite, apresentam o reflexo para a formação da goteira esofágica, fazendo com que o leite passe diretamente para o abomaso sem, no entanto, sofrer ação dos microrganismos no rúmen. Nesse caso, considerar que a proteína e a energia do leite interferem na síntese de proteína microbiana (PBmic) não seria o mais correto. Assim, para bezerros lactentes, recomenda-se que os consumos de PB e NDT oriundos do leite sejam retirados do cálculo de PBmic, pois, caso contrário, haverá superestimação da PDR e subestimação da PNDR. Portanto, para calcular PBmic de bezerros lactentes, recomenda-se o uso da seguinte equação:

$$PBmic \text{ (g/dia)} = -53,07 + 304,9 \times (CPB_{total} - CPB_{leite}) + 90,8 \times (CNDT_{total} - CNDT_{leite}) - 3,13 \times (CNDT_{total} - CNDT_{leite})^2,$$

em que CPBtotal = consumo de proteína bruta total da dieta (kg/dia), CPBleite = consumo de proteína bruta oriunda do leite (kg/dia), CNDTtotal = consumo de nutrientes digestíveis totais da dieta (kg/dia) e CNDTleite = consumo de nutrientes digestíveis totais proveniente do leite (kg/dia).

Para o cálculo de CPBleite, deve-se quantificar a produção de leite da vaca e multiplicar pelo teor de proteína bruta do leite. No caso do NDT, deve-se primeiramente quantificar os teores de proteína, lactose e gordura do leite. Depois, a partir da recomendação de Maynard et al. (1979) de que a digestibilidade dos constituintes do leite são: 0,98 (carboidratos), 0,95 (gorduras) e do NASEM (2016) de 0,95 (proteínas), considera-se a soma dos constituintes do leite digestíveis

para contabilizar o consumo de NDT proveniente do leite, como mostrado na equação seguinte:

$$\text{CNDTleite} = \text{PL} \times ((\% \text{Pbleite} \times 0,95 + \% \text{lactose} \times 0,98) + (2,25 \times \% \text{gordura} \times 0,95)).$$

Considerando a composição média do leite de 3,56% PB, 4,56% lactose e 4,76% gordura, o teor de NDT desse leite será de aproximadamente 18,0% na base da matéria natural ou de aproximadamente 129,6% na base da matéria seca do leite (18,0/0,139).

No entanto, devido aos bezerros com menos de 100 kg apresentarem baixa atividade microbiana no rúmen pelo consumo quase que exclusivamente de leite, além de dados com essa categoria animal nessa faixa de peso corporal serem escassos, essa edição do BR-CORTE adotou a mesma recomendação edição do BR-CORTE, em 2016, para estimar a síntese de proteína microbiana (PBmic) de 120 g PBmic/kg NDT. Porém, destaca-se a necessidade de descontar o NDT proveniente do leite; caso contrário, as estimativas de PBmic estariam superestimadas.

Adicionalmente, as exigências de proteína degradada no rúmen (PDR) foram calculadas a partir das recomendações da edição do BR-CORTE (2016) em que a síntese de proteína microbiana se iguala às exigências de PDR (para maiores detalhes, ver capítulo 9):

$$\text{PDR} = \text{PBmic},$$

enquanto as exigências de proteína não degradada no rúmen (PNDR) foram obtidas a partir da equação:

$$\text{PNDR} = (\text{Proteína metabolizável total} - (\text{PBmic} \times 0,64))/0,80.$$

Para se obter as exigências de proteína bruta, deve-se proceder à soma das exigências de PDR e PNDR.

EXIGÊNCIAS DE MINERAIS DE VACAS LACTANTES E BEZERROS LACTENTES

Devido à falta de dados relacionados às exigências de minerais para manutenção e coeficientes de retenção de vacas Nelore em lactação e bezerros Nelore lactentes, essas estimativas foram calculadas de acordo com as recomendações apresentadas no capítulo 10 sobre as exigências de minerais para bovinos de corte. No caso das exigências líquidas de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de peso, as quantidades de cada mineral presentes no corpo do animal foram regredidas em função do PCVZ a partir do modelo a seguir:

$$M_i = a \times \text{PCVZ}^b,$$

em que M_i = a quantidade de cada macromineral (Ca, P, Mg, Na e K; g) presente no corpo do animal e PCVZ = peso de corpo vazio (kg).

A partir da derivada da equação acima, as exigências líquidas de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de vacas Nelore lactantes e bezerros Nelore lactentes foram calculadas a partir do modelo:

$$Y = a \times b \times \text{PCVZ}^{b-1},$$

em que Y = exigências líquidas de cada mineral para ganho de peso (g/dia), PCVZ = peso de corpo vazio (kg).

Assim, as equações geradas para estimar as exigências líquidas de cada mineral para ganho para cada categoria animal estão representadas na Tabela 12.12. Devido ao não ajustamento adequado dos dados para o Ca para as vacas lactantes (Fonseca, 2009), utilizou-se a equação para estimar as exigências líquidas para ganho de peso desse mineral descritas no capítulo 10. Além disso, devido à ausência de recomendações para enxofre e microminerais para ambas categorias animais (Fonseca, 2009), as equações descritas no capítulo 10 foram adotadas.

Tabela 12.12 - Exigências líquidas para ganho de macrominerais para vacas Nelore lactantes e bezerros Nelore lactentes

| Item | Equações | |
|------|---|---|
| | Vacas ¹ | Bezerros |
| Ca | PCVZ < 462 kg: $GPCVZ \times (147 \times PCVZ^{-0,50})$ PCVZ \geq 462 kg: ELGCa (kg) = 0 | $GPCVZ \times (54,8 \times PCVZ^{-0,3981})$ |
| P | $GPCVZ \times (54,4 \times PCVZ^{-0,4484})$ | $GPCVZ \times (8,6 \times PCVZ^{-0,0371})$ |
| Mg | $GPCVZ \times (1,4 \times PCVZ^{-0,3227})$ | $GPCVZ \times (0,4 \times PCVZ^{-0,0173})$ |
| Na | $GPCVZ \times (1,4 \times PCVZ^{-0,0575})$ | $GPCVZ \times (1,2 \times PCVZ^{-0,0209})$ |
| K | $GPCVZ \times (3,1 \times PCVZ^{-0,2142})$ | $GPCVZ \times (1,5 \times PCVZ^{-0,0636})$ |

¹Recomendação para cálcio proveniente do capítulo 10. Demais equações adaptadas de Fonseca (2009).

TABELAS DAS EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE VACAS DE CORTE EM LACTAÇÃO E BEZERROS LACTENTES

A partir das estimativas das exigências de energia, proteína e macrominerais para ganho de peso de vacas de corte lactantes e bezerros lactentes, as exigências dietéticas dos nutrientes podem ser calculadas. As equações utilizadas para

os cálculos das exigências nutricionais de vacas de corte lactantes e bezerros lactentes podem ser visualizadas nas Tabelas 12.13, 12.14 e 12.15, sendo que a equação utilizada para calcular N microbiano está descrita no capítulo 3, enquanto as exigências líquidas de macrominerais para manutenção, coeficientes de retenção e as exigências dietéticas de microminerais estão descritas no capítulo 10.

Tabela 12.13 -Resumo das equações para estimar as exigências de energia e proteína de vacas de corte lactantes e bezerros lactentes

| Item | Equações | | Unidade |
|----------------------|--|--|---------------|
| | Vacas | Bezerros | |
| CMS | $6,535 - 7,558 \times \exp^{(-0,578 \times SL)} + 0,323 \times SL + 1,66 \times PL$ | $0,353 - 0,532 \times CMS_{\text{leite}} + 0,01065 \times PC + 0,3497 \times GMD$ | |
| PL | Vacas multíparas (> 3 anos) $PL = 7,996 - 0,101 \times SL - 7,996 \times \exp^{(-1,447 \times SL)}$ Vacas primíparas (≤ 3 anos) $PL = 6,431 - 0,072 \times SL - 6,431 \times \exp^{(-2,188 \times SL)}$ | - | kg/dia |
| PCJ | $0,8915 \times PC^{1,0151}$ | - | kg |
| PCVZ | $0,8507 \times PCJ^{1,0002}$ | $0,962 \times PCJ$ | kg |
| GPCVZ | $0,963 \times GMD^{1,0151}$ | $0,958 \times GMD$ | kg/dia |
| ELm | $97,8 \times PCVZ^{0,75}$ | $70,3 \times PCVZ^{0,75}$ | kcal/dia |
| EMm | $135,0 \times PCVZ^{0,75}$ | $118,6 \times PCVZ^{0,75}$ | kcal/dia |
| <i>km</i> | ELm/EMm | | - |
| ELg | $GPCVZ \times (1,0076 \times PCVZ^{0,2389})$ | $0,0932 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,9157}$ | Mcal/dia |
| <i>kg</i> | 0,44 | Leite = 0,69 Sólidos = 0,57 | - |
| EMg | ELg/kg | | Mcal/dia |
| EL _l | 0,82 | - | Mcal/kg leite |
| <i>k_l</i> | <i>km</i> | - | - |
| EM _l | EL_l/k_l | - | Mcal/dia |
| EMt | $EMm + EMg + EM_l$ | $EMm + EMg$ | Mcal/dia |
| ED | $((EMt/CMS) + 0,3032)/0,9455 \times CMS$ | $EMt/0,96$ | |
| NDT | ED/4,4 | | kg/dia |
| PMm | $3,9 \times PCJ^{0,75}$ | | g/dia |
| PLg | $GPCVZ \times (376,4 \times PCVZ^{-0,1839})$ | $GPCVZ \times (139,7 \times PCVZ^{0,0351})$ | g/dia |
| <i>k</i> | 47,4 | $84,665 - 0,1179 \times PCVZ_{\text{eq}}$ | % |
| PM _l | 50,5 | - | g/kg leite |
| PMt | $PMm + PMg + PM_l$ | $PMm + PMg$ | g/dia |
| CPBleite | - | $PL \times 0,0356$ | g/dia |
| CNDTleite | - | $PL \times 0,18$ | kg/dia |
| PBmic | $-53,07 + 304,9 \times CPB + 90,8 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2$ | PCJ < 150 kg: $120 \text{ g/kg (NDT - CNDTleite)}$ PCJ ≥ 150 kg: $-53,07 + 304,9 \times (CPB - CPB_{\text{leite}}) + 90,8 \times (CNDT - CNDT_{\text{leite}}) - 3,13 \times (CNDT - CNDT_{\text{leite}})^2$ | g/dia |
| PDR | PBmic | | g/dia |
| PNDR | $(PMt - (PBmic \times 0,64))/0,80$ | | g/dia |
| PB | PDR + PNDR | | g/dia |

Tabela 12.14 - Resumo das equações para estimar as exigências líquidas de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de peso (g/dia) de vacas de corte lactantes e bezerros lactentes

| Item | Equações | |
|------|--|---|
| | Vacas | Bezerros |
| Ca | PCVZ < 462 kg: $GPCVZ \times (147 \times PCVZ^{-0,50})$ PCVZ \geq 462 kg: ELG_{Ca} (kg) = 0 | $GPCVZ \times (54,8 \times PCVZ^{-0,3981})$ |
| P | $GPCVZ \times (54,4 \times PCVZ^{-0,4484})$ | $GPCVZ \times (8,6 \times PCVZ^{-0,0371})$ |
| Mg | $GPCVZ \times (1,4 \times PCVZ^{-0,3227})$ | $GPCVZ \times (0,4 \times PCVZ^{-0,0173})$ |
| Na | $GPCVZ \times (1,4 \times PCVZ^{-0,0575})$ | $GPCVZ \times (1,2 \times PCVZ^{-0,0209})$ |
| K | $GPCVZ \times (3,1 \times PCVZ^{-0,2142})$ | $GPCVZ \times (1,5 \times PCVZ^{-0,0636})$ |

¹PCVZ = peso de corpo vazio (kg); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia), ELG_{Ca} = exigências líquidas de Ca para ganho.

Tabela 12.15 - Resumo das equações utilizadas para o cálculo das exigências líquidas de S e microminerais (Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Se e Zn) para bovinos de corte (Adaptada do Capítulo 10)

| Mineral | Exigências líquidas para | Coeficiente de | Exigências líquidas para ganho (ELG) ¹ |
|---------|--------------------------------|----------------|--|
| | manutenção | | |
| | $\mu\text{g/kg}$ peso corporal | % | mg/dia |
| Cu | 95,6 | 73,5 | $ELG_{Cu} = GPCVZ \times (1,25 \times PCVZ^{0,33})$ |
| Co | 13,5 | 86,8 | $ELG_{Co} = GPCVZ \times (0,045 \times PCVZ^{-0,023})$ |
| Cr | 22,9 | 78,4 | $ELG_{Cr} = GPCVZ \times (0,23 \times PCVZ^{0,61})$ |
| Fe | 2.942 | 73,4 | $ELG_{Fe} = GPCVZ \times (14,0 \times PCVZ^{0,24})$ |
| Mn | 184,9 | 43,9 | $ELG_{Mn} = GPCVZ \times (0,07 \times PCVZ^{0,80})$ |
| Mo | 3,27 | 49,7 | $ELG_{Mo} = GPCVZ \times (0,0035 \times PCVZ^{0,41})$ |
| Se | 3,72 | 48,7 | $ELG_{Se} = GPCVZ \times (1,07 \times PCVZ^{-0,07})$ |
| Zn | 334,4 | 66,8 | $ELG_{Zn} = GPCVZ \times (1,16 \times PCVZ^{0,86})$ |
| | mg/kg peso corporal | % | g/dia |
| S | 10,4 | 77,3 | $ELG_S = GPCVZ \times (0,03 \times PCVZ^{0,8900})$ |

¹GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); PCVZ = peso de corpo vazio (kg).

Dessa forma, considerando uma vaca de corte lactante de 450 kg de PC na 10^a semana de lactação com ganho médio diário de 0,2 kg/dia, tem-se:

- $PL = 7,996 - 0,101 \times SL - 7,996 \times \exp^{(-1,447 \times SL)} = 7,996 - 0,101 \times 10 - 7,996 \times \exp^{(-1,447 \times 10)} = 6,99 \text{ kg/dia}$
- $CMS = 6,535 - 7,558 \times \exp^{(-0,578 \times SL)} + 0,323 \times SL + 1,66 \times PL$
- $CMS = 6,535 - 7,558 \times \exp^{(-0,578 \times 10)} + 0,323 \times 10 + 1,66 \times 6,99$
- $CMS = 21,34 \text{ g/kg PC} \Rightarrow CMS = 21,34 \text{ g/kg PC} \times 450 \text{ kg} = 9,6 \text{ kg/dia}$

- $PCJ = 0,8915 \times PC^{1,0151} = 0,8915 \times 450^{1,0151} = 439,9 \text{ kg}$
- $PCVZ = 0,8507 \times PCJ^{1,0002} = 0,8507 \times 439,9^{1,0002} = 374,7 \text{ kg}$
- $GPCVZ = 0,963 \times GMD^{1,0151} = 0,963 \times 0,2^{1,0151} = 0,188 \text{ kg/dia}$

- Exigências de energia:

- $EL_m = 97,8 \times PCVZ^{0,75} = 97,8 \times 374,7^{0,75} = 8329,4 \text{ kcal/dia} = 8,33 \text{ Mcal/dia}$
- $EM_m = 135,0 \times PCVZ^{0,75} = 135,0 \times 374,7^{0,75} = 11497 \text{ kcal/dia} = 11,50 \text{ Mcal/dia}$
- $EL_g = 1,0076 \times PCVZ^{0,2389} \times GPCVZ = 1,0076 \times 374,7^{0,2389} \times 0,188 = 0,78 \text{ Mcal/dia}$
- $EM_g = EL_g/\text{kg} = 0,78/0,44 = 1,77 \text{ Mcal/dia}$

- $EL_1 = 0,82 \text{ Mcal/kg de leite} = 0,82 \times 6,99 = 5,73 \text{ Mcal/dia}$
- $EM_1 = EL_1/k_l = 5,73/0,72 = 7,96 \text{ Mcal/dia}$
- $EM_t = EM_m + EM_g + EM_1 = 11,50 + 1,77 + 7,96 = 21,23 \text{ Mcal/dia}$
- $ED = (((EM_t/CMS) + 0,3032)/0,9455) \times CMS = (((21,23/9,6) + 0,3032)/0,9455) \times 9,6 = 25,53 \text{ Mcal/dia}$
- $NDT = ED/4,4 = 25,53/4,4 = 5,80 \text{ kg/dia}$

- Exigências de proteína:

- $PM_m = 3,9 \times PCJ^{0,75} = 3,9 \times 439,9^{0,75} = 374,6 \text{ g/dia}$
- $PL_g = 0,3764 \times PCVZ^{-0,1839} \times GPCVZ = 0,3764 \times 374,7^{-0,1839} \times 0,188 = 0,0238 \text{ kg/dia} = 23,80 \text{ g/dia}$
- $PM_g = PL_g/k = 23,80/0,474 = 50,2 \text{ g/dia}$
- $PM_1 = 50,5 \text{ g/kg leite} = 50,5 \times 6,99 = 353 \text{ g/dia}$
- $PM_t = PM_m + PM_g + PM_1 = 374,6 + 50,2 + 353 = 777,8 \text{ g/dia}$
- $PB_{mic} = -53,07 + 304,89 \times CPB + 90,8 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2 = -53,07 + 304,89 \times 1,11 + 90,8 \times 5,80 - 3,13 \times (5,80)^2 = 706,9 \text{ g/dia}$
- $PDR = PB_{mic} = 706,9 \text{ g/dia}$
- $PNDR = (PM_t - (PB_{mic} \times 0,64))/0,80 = (777,8 - (706,9 \times 0,64))/0,80 = 406,7 \text{ g/dia}$
- $PB = PDR + PNDR = 706,9 + 406,7 = 1,11 \text{ kg/dia}$

Para se obter a concentração requerida de NDT e PB (% MS da dieta), as exigências de NDT (5,80 kg/dia) e PB (1,11 kg/dia) devem ser divididas pelo CMS do animal.

- $NDT \text{ (% MS da dieta)} = NDT/CMS = 5,80/9,6 = 60,4\%$
- $PB \text{ (% MS da dieta)} = PB/CMS = 1,11/9,6 = 11,6\%$

- Exigências de minerais:

• Cálcio:

- Exigências líquidas para manutenção = $11,7 \times 450/1000 = 5,27 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (147 \times PCVZ^{-0,50}) = 0,188 \times (147 \times 374,7^{-0,50}) = 1,42 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para lactação = $1,1 \text{ g/kg leite} = 1,1 \times 6,99 = 7,68 \text{ g/dia}$
- Exigências dietéticas = $(\text{Exigências líquidas para manutenção} + \text{ganho} + \text{lactação}) / \text{coeficiente de retenção} = (5,27 + 1,42 + 7,68)/0,568 = 25,30 \text{ g/dia}$

• Fósforo:

- Exigências líquidas para manutenção = $13,5 \times 450/1000 = 6,08 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (54,4 \times PCVZ^{-0,4484}) = 0,188 \times (54,4 \times 374,7^{-0,4484}) = 0,71 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para lactação = $0,77 \text{ g/kg leite} = 0,77 \times 6,99 = 5,38 \text{ g/dia}$
- Exigências dietéticas = $(\text{Exigências líquidas para manutenção} + \text{ganho} + \text{lactação}) / \text{coeficiente de retenção} = (6,08 + 0,71 + 5,38)/0,678 = 17,95 \text{ g/dia}$

Relação Ca:P = $25,30/17,95 = 1,41$

• Magnésio:

- Exigências líquidas para manutenção = $5,9 \times 450/1000 = 2,66 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (1,4 \times PCVZ^{-0,3227}) = 0,188 \times (1,4 \times 374,7^{-0,3227}) = 0,039 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para lactação = $0,07 \text{ g/kg leite} = 0,07 \times 6,99 = 0,49 \text{ g/dia}$
- Exigências dietéticas = $(\text{Exigências líquidas para manutenção} + \text{ganho} + \text{lactação}) / \text{coeficiente de retenção} = (2,66 + 0,039 + 0,49)/0,355 = 8,97 \text{ g/dia}$

• Sódio:

- Exigências líquidas para manutenção = $6,3 \times 450/1000 = 2,84 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (1,4 \times PCVZ^{-0,0575}) = 0,188 \times (1,4 \times 374,7^{-0,0575}) = 0,186 \text{ g/dia}$
- Exigências líquidas para lactação = $0,2 \text{ g/kg leite} = 0,2 \times 6,99 = 1,39 \text{ g/dia}$
- Exigências dietéticas = $(\text{Exigências líquidas para manutenção} + \text{ganho} + \text{lactação}) / \text{coeficiente de retenção} = (2,84 + 0,186 + 1,39)/0,371 = 11,91 \text{ g/dia}$

• Potássio:

- Exigências líquidas para manutenção = $23,5 \times 450/1000 = 10,58$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (3,1 \times PCVZ^{-0,2142}) = 0,188 \times (3,1 \times 374,7^{-0,2142}) = 0,164$ g/dia
- Exigências líquidas para lactação = $0,7$ g/kg leite = $0,7 \times 6,99 = 4,89$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(10,58 + 0,164 + 4,89)/0,484 = 32,3$ g/dia

• Enxofre:

- Exigências líquidas para manutenção = $10,4 \times 450/1000 = 4,68$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (0,03 \times PCVZ^{0,89}) = 0,188 \times (0,03 \times 374,7^{0,89}) = 1,10$ g/dia
- Exigências líquidas para lactação = $0,3$ g/kg leite = $0,3 \times 6,99 = 2,10$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(4,68 + 1,10 + 2,10)/0,773 = 10,2$ g/dia

• Cobalto:

- Exigências líquidas para manutenção = $13,5 \times 450/1000 = 6,08$ mg/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (0,045 \times PCVZ^{-0,023}) = 0,188 \times (0,045 \times 374,7^{-0,023}) = 0,007$ mg/dia
- Exigências líquidas para lactação = $0,23$ mg/kg leite = $0,23 \times 6,99 = 1,608$ mg/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(6,08 + 0,007 + 1,608)/0,868 = 8,86$ mg/dia

• Cobre:

- Exigências líquidas para manutenção = $95,6 \times 450/1000 = 43,02$ mg/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (1,25 \times PCVZ^{0,33}) = 0,188 \times (1,25 \times 374,7^{0,33}) = 1,66$ mg/dia
- Exigências líquidas para lactação = $1,99$ mg/kg leite = $1,99 \times 6,99 = 13,91$ mg/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(43,02 + 1,66 + 13,91)/0,735 = 79,7$ mg/dia

• Cromo:

- Exigências líquidas para manutenção = $22,9 \times 450/1000 = 10,31$ mg/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (0,23 \times PCVZ^{0,61}) = 0,188 \times (0,23 \times 374,7^{0,61}) = 1,61$ mg/dia
- Exigências líquidas para lactação = $3,2$ mg/kg leite = $3,2 \times 6,99 = 22,37$ mg/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(10,31 + 1,61 + 22,37)/0,784 = 43,7$ mg/dia

• Ferro:

- Exigências líquidas para manutenção = $2942 \times 450/1000 = 1324$ mg/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (10,4 \times PCVZ^{0,24}) = 0,188 \times (10,4 \times 374,7^{0,24}) = 8,1$ mg/dia
- Exigências líquidas para lactação = $29,9$ mg/kg leite = $29,9 \times 6,99 = 209$ mg/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(1324 + 8,1 + 209)/0,734 = 2099$ mg/dia

• Manganês:

- Exigências líquidas para manutenção = $184,9 \times 450/1000 = 83,21$ mg/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (0,07 \times PCVZ^{0,80}) = 0,188 \times (0,07 \times 374,7^{0,80}) = 1,50$ mg/dia
- Exigências líquidas para lactação = $1,41$ mg/kg leite = $1,41 \times 6,99 = 9,85$ mg/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(83,21 + 1,50 + 9,85)/0,439 = 215,4$ mg/dia

• Zinco:

- Exigências líquidas para manutenção = $334,4 \times 450/1000 = 150,5$ mg/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (1,16 \times PCVZ^{0,86}) = 0,188 \times (1,16 \times 374,7^{0,86}) = 35,64$ mg/dia
- Exigências líquidas para lactação = $35,4$ mg/kg leite = $35,4 \times 6,99 = 247,44$ mg/dia

- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho + lactação) / coeficiente de retenção = $(150,5 + 35,64 + 247,44)/0,668 = 649,00$ mg/dia.

Para exemplificar as exigências nutricionais de bezerros de corte lactentes, considerou-se um bezerro com 150 kg de PCJ, na 19ª semana de vida, com GMD de 0,80 kg/dia e consumindo uma dieta constituída por 43% de leite e 57% de foragem + concentrado com base na matéria seca

- CMSleite = $PL \times \% MS \text{ leite} = 6,08 \times 0,139 = 0,85$ kg/dia
- CMSvc = $0,353 - 0,532 \times 0,85 + 0,01065 \times 150 + 0,3497 \times 0,80 = 1,78$ kg/dia
- CMStotal = CMSsólido + CMSleite = $1,78 + 0,85 = 2,63$ kg/dia
- PCVZ = $0,962 \times PCJ = 0,962 \times 150 = 144$ kg
- GPCVZ = $0,958 \times GMD = 0,958 \times 0,80 = 0,77$ kg/dia

- Exigências de energia:

- E_{Lm} = $70,3 \times PCVZ^{0,75} = 70,3 \times 144^{0,75} = 2,93$ Mcal/dia
- E_{Mm} = $118,6 \times PCVZ^{0,75} = 118,6 \times 144^{0,75} = 4,94$ Mcal/dia
- E_{Lg} = $0,0932 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,9157} = 0,0932 \times 144^{0,75} \times 0,77^{0,9157} = 3,04$ Mcal/dia
- $kg = 43 \times 0,69 + 57 \times 0,57 = 0,62$
- E_{Mg} = $E_{Lg}/kg = 3,04/0,62 = 4,9$ Mcal/dia
- E_{Mt} = $E_{Mm} + E_{Mg} = 4,94 + 4,9 = 9,84$ Mcal/dia
- E_D = $E_{Mt}/0,96 = 9,84/0,96 = 10,25$ Mcal/dia
- NDT = $ED/4,4 = 10,25/4,4 = 2,33$ kg/dia

- Exigências de proteína:

- P_{Mm} = $3,9 \times PCJ^{0,75} = 3,9 \times 150^{0,75} = 167,2$ g/dia
- P_{Lg} = $0,1397 \times PCVZ^{0,0351} \times GPCVZ = 0,1397 \times 144^{0,0351} \times 0,77 = 0,1275$ kg/dia = 127,5 g/dia
- $k = 84,665 - 0,1179 \times PCVZ_{eq} = 84,665 - 0,1179 \times 144 = 67,7\%$
- P_{Mg} = $P_{Lg}/k = 127,5/0,677 = 188,4$ g/dia
- P_{Mt} = $P_{Mm} + P_{Mg} = 167,2 + 188,4 = 355,6$ g/dia
- CPBleite = $PL \times 0,0356 = 6,09 \times 0,0356 = 0,22$ kg
- CNDTleite = $PL \times 0,18 = 6,09 \times 0,18 = 1,10$ kg
- P_{Bmic} = $-53,07 + 304,9 \times (CPB - CPBleite) + 90,8 \times (CNDT - CNDTleite) - 3,13 \times (CNDT - CNDTleite)^2 = -53,07 + 304,9 \times (0,471 - 0,22) + 90,8 \times (2,33 - 1,10) - 3,13 \times (2,33 - 1,10)^2 = 132,03$ g/dia
- PDR = P_{Bmic} = 132,03 g/dia
- PNDR = $(P_{Mt} - (P_{Bmic} \times 0,64))/0,80 = (355,6 - (123,7 \times 0,64))/0,80 = 338,9$ g/dia
- PB = PDR + PNDR = $132,03 + 338,9 = 471$ g/dia

Do mesmo modo que para as vacas, para se obter a concentração requerida de NDT e PB (% MS da dieta), as exigências de NDT (2,33 kg/dia) e PB (471 g/dia) deve ser dividida pelo CMS do animal.

- NDT (% MS da dieta) = $NDT/CMS = 2,33/2,63 = 88,7\%$
- PB (% MS da dieta) = $PB/CMS = 0,471/2,63 = 17,9\%$

- Exigências de minerais:

• Cálcio:

- Exigências líquidas para manutenção: $11,7 \times 150/1000 = 1,76$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (54,8 \times PCVZ^{-0,3981}) = 0,77 \times (54,8 \times 144^{-0,3981}) = 5,83$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho)/coeficiente de retenção = $(1,76 + 5,83)/0,568 = 13,4$ g/dia

• Fósforo:

- Exigências líquidas para manutenção: $13,5 \times 150/1000 = 2,03$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (8,6 \times PCVZ^{-0,0371}) = 0,77 \times (8,6 \times 144^{-0,0371}) = 5,51$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho)/coeficiente de retenção = $(2,03 + 5,51)/0,678 = 11,1$ g/dia

Relação Ca:P = 13,4/11,1 = 1,20

• **Magnésio:**

- Exigências líquidas para manutenção: $5,9 \times 150/1000 = 0,89$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (0,4 \times PCVZ^{0,0173}) = 0,77 \times (0,4 \times 144^{-0,0173}) = 0,28$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho)/coeficiente de retenção = $(0,89 + 0,28)/0,355 = 3,29$ g/dia

• **Sódio:**

- Exigências líquidas para manutenção: $6,3 \times 150/1000 = 0,95$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (1,2 \times PCVZ^{0,0209}) = 0,77 \times (1,2 \times 144^{-0,0209}) = 0,83$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho)/coeficiente de retenção = $(0,95 + 0,83)/0,371 = 4,80$ g/dia

• **Potássio:**

- Exigências líquidas para manutenção: $23,5 \times 150/1000 = 3,53$ g/dia
- Exigências líquidas para ganho = $GPCVZ \times (1,5 \times PCVZ^{0,0636}) = 0,77 \times (1,5 \times 144^{-0,0636}) = 0,84$ g/dia
- Exigências dietéticas = (Exigências líquidas para manutenção + ganho)/coeficiente de retenção = $(3,53 + 0,84)/0,484 = 9,03$ g/dia

Ressalta-se que não existem trabalhos que visaram avaliar as exigências dietéticas de S e microminerais para essa categoria animal sendo sugerido o uso das mesmas recomendações do capítulo 10.

REFERÊNCIAS

Agricultural and Food Research Council – AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: Common wealth Agricultural Bureaux International, 159p. 1993.

Almeida, D. M. *Efeitos dos níveis de suplementação sobre o desempenho e características metabólicas e nutricionais das matrizes, bezerras lactentes e novilhas em pastejo*. Viçosa, MG: UFV. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2017.

Almeida, D. M., Marcondes, M. I., Rennó, L. N., Barros, L. V., Cabral, C. H. A., Martins, L. S., Marquez, D. E. C., et al. Estimation of daily milk yield of Nellore cows grazing tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*. 50:1771–1777, 2018.

Barros, L. V.; Paulino, M. F.; Chizzotti, M. L.; Rennó, L. N.; Cardenas, J. E. G.; Valente, E. E. L.; Lopes, S. A.; Cabral, C. H. A.; Paula, N. F.; Silva, F. G. Supplementation of female calves in creep feeding system and productive and nutritional parameters of beef cows on tropical pasture, *Semina: Ciências Agrárias*, 35:2723-2738, 2014.

Barros, L. V.; Paulino, M. F.; Marquez, D. E. C.; Cabral, C. H. A.; Silva, F. G.; Caldeira, D. S. A.; Lopes, S. A.; Moura, F. H. Supplementation of suckling beef calves on a creep-feeding system and nutritional evaluation of lactating beef dams. *Semina: Ciências Agrárias*, 36: 3431-3444.

Bottje, W. G.; Carstens, G. E. Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. *Journal of Animal Science*, 87:48-63, 2009.

BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Magalhães, K. A. *Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos – BR-CORTE*. 1. ed. – Viçosa: UFV, DZO. 142p. 2006.

BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Paulino, P. V. R. *Nutrient Requirements of Zebu and crossbred cattle – BR-CORTE*, 2 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 193 p. 2010.

BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F., Gionbelli, M. P., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L. *Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE*, 3 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 193 p. 2016.

Brosh, A.; Henkin, Z.; Ungar, E. D.; Dolev, A.; Shabtay, A.; Orlov, A.; Yehuda, Y.; Aharoni, Y. Energy cost of activities and locomotion of grazing cows: a repeated study in larger plots. *Journal of Animal Science*, 88:315-323, 2010.

Buskirk, D. D., R. P. Lemenager, L. A. Horstman. 1992. Estimation of net energy requirements (Nem and NE delta) of lactating beef cows. *Journal of Animal Science*, 70:3867-3876.

- Calegare, L. N. P. *Exigências e eficiência energética de vacas de corte Nelore e de cruzamentos Bos taurus × Nelore*. Piracicaba, SP: ESALQ, 2004, 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. 2004.
- Calegare, L.; Alencar, M. M.; Packer, I. U.; Lanna, D. P. Energy requirements and cow/calf efficiency of Nelore and Continental and British *Bos taurus* × Nelore crosses. *Journal of Animal Science*, 85:2413-2422. 2007.
- Cardenas, J. E. G. *Suplementação de bezerras de corte lactentes com diferentes níveis de proteína e características nutricionais e produtivas de vacas de corte*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 2012.
- Cardenas, J. E. G.; Paulino, M. F.; Lopes, S. A.; Silva, A. G.; Barros, L. V.; Valente, E. E. L. Desempeño productivo, consumo y digestibilidad de terneras lactantes criadas en pastoreo suplementadas con diferentes niveles de proteína bruta. *Archivos de Zootecnia*, 64: 167-174. 2015.
- Carstens, G. E.; Jhonson, D. E.; Jhonson, K. A.; Hotovoy, S. K.; Szymanski, T. J. Genetic variation in energy expenditures of monozygous twin beef cattle at 9 and 20 months of age. In: *Energy Metabolism of Farm Animals*, Proc. 11th Symposium. EAAP Publ. 43:72. 1988.
- Carvalho, V. V., Paulino, M. F., Detmann, E., Valadares Filho, S. C., Lopes, S. A., Rennó, L. N., ... & Silva, A. G. (2019). A meta-analysis of the effects of creep-feeding supplementation on performance and nutritional characteristics by beef calves grazing on tropical pastures. *Livestock Science*, 227, 175-182.
- Cobby, J. M.; Le Du, Y. L. P. On fitting curves to lactation data. *Animal Production*, 26:127-133, 1978.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – CSIRO. *Nutrients requirements for Domestic Ruminants*. Victoria: 270p. 2007.
- Costa e Silva, L. F. *Mineral requirements for Nelore cattle and equations to predict milk yield and dry matter intake for lactating Nelore cows and suckling Nelore calves*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 125 p, 2015.
- Costa e Silva, L. F.; Engle, T. E.; Valadares Filho, S. C.; Rotta, P. P.; Villadiego, F. A. C.; Silva, F. A. S.; Martins, E. C.; Silva, L. H. R.; Paulino, M. F. Nelore cows and their calves during the lactation period. Performance, intake, milk composition, and total apparent nutrient digestibility. *Tropical Animal Health and Production*, 47:735-741, 2015a.
- Costa e Silva, L. F.; Engle, T. E.; Valadares Filho, S. C.; Rotta, P. P.; Valadares, R. F. D.; Silva, B. C.; Pacheco, M. V. C. Intake, apparent digestibility, and nutrient requirements for growing Nelore heifers and steers fed two levels of calcium and phosphorus. *Livestock Science*, 181: 17-24, 2015b.
- David, G. S. S. *Avaliações nutricionais e produtivas ao longo do periparto de vacas Nelore em pastejo recebendo ou não suplemento múltiplo*. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- de Paula, C., Renno, L.N., Ferreira, M.F.L., Silva, A.E.M., Moreira, S.S., Assis, G.J.F., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Fonseca, P.M., Santos, G.M., 2022. Effect of pre- and post-weaning supplementation on performance, nutritional, and metabolic characteristics in Nelore heifers under grazing. *Anim. Prod. Sci.* <https://doi.org/10.1071/AN22025>.
- De Paula, N. F. *Crescimento de bovinos de corte no sistema pasto/suplemento submetidos a diferentes planos nutricionais*. Viçosa, MG: UFV. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2012.
- Ferreira, M. F. L., Rennó, L. N., Detmann, E., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. C., Moreira, S. S., et al. Performance, metabolic and hormonal responses of grazing Nelore cows to an energy-protein supplementation during the pre-partum phase. *BMC Veterinary Research*, 16:108, 2020.
- Ferreira, M. F. L., Rennó, L. N., Detmann, E., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. C., Fonseca, F. F., et al. *Evaluation of non-linear equations to predict milk yield of beef cows*. Unpublished data, 2021.
- Ferrell, C. L.; Jenkins, T. G. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. *Journal of Animal Science*, 61:725-741, 1985.
- Flatt, W. P.; Moe, P. W.; Munson, A. W.; Cooper, T. Energy utilization by high producing dairy cows. II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. Page 235 in *Energy Metabolism of Farm Animals*, EAAP Publ. 12, Warsaw, Poland. 1967.

- Fonseca, M. A. *Exigências Nutricionais de Vacas e Bezerros Nelore, do nascimento à desmama*. Viçosa, MG: UFV, 2009. 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2009.
- Fonseca, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Henriques, L. T.; Paulino, P. V. R.; Detmann, E.; Fonseca, E. A.; Benedeti, P. D. B.; Silva, L. D. Exigências nutricionais de bezerros Nelore lactentes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:1212-1221, 2012a.
- Fonseca, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Henriques, L. T.; Paulino, P. V. R.; Detmann, E.; Benedeti, P. D. B.; Silva, L. D.; Amaral, P. M. Exigências nutricionais de vacas Nelore primíparas lactantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:1222-1230, 2012b.
- Freetly, H. C.; Nienaber, J. A.; Brandl, T. B. Partitioning of energy during lactation of primiparous beef cows. *Journal of Animal Science*, 84:2157-2162, 2006.
- Institut National de la Recherche Agronomique – INRA. *Alimentation des bovines, ovins, et caprins*. JARRIGE, R. (Ed.) Paris: INRA. 1989.
- Kelly, A. K.; Mcgee, M.; Crews Jr, D. H.; Fahey, A. G.; Wylie, A. R.; Kenny, D. A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. *Journal of Animal Science*, 88:109-123, 2010.
- Lage, B.C., 2019. *Efeito da substituição parcial da proteína bruta do farelo de soja pela proteína bruta da ureia sobre o desempenho de Bezerros nelore lactentes*. Department of Animal Science, Federal University of Viçosa,, Viçosa. Master degree dissertation.
- Lofgreen, G. P.; Garret, W. N. A. System for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 27:793-806, 1968.
- Lopes S. A. *Estratégias de suplementação para vacas de corte gestantes no período seca e suplementação de bezerros de corte lactentes com diferentes níveis de proteína*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 2012.
- Lopes, S. A.; Paulino, M. F.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. C.; Valente, E. E. L.; Barros, L. V.; Cardenas, J. E. G.; Almeida, D. M.; Martins, L. S.; Silva, A. G. Supplementation of suckling beef calves with different levels of crude protein on tropical pasture. *Tropical Animal Health and Production*, 46: 379-384, 2014.
- Lopes S. A. *Estratégias para otimização da performance de bovinos em pastagem tropical*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 2015.
- Lopes, S. A.; Paulino, M. F.; Detmann, E. Valente, E. E. L.; Rennó, L.N.; Valadares R. F. D.; Cardenas, J. E. G.; Almeida, D. M. Evaluation of supplementation plans for suckling beef calves managed on tropical pasture. *Semina-Ciencias Agrarias*, 38: 1027-1040, 2017.
- Lopes, S. A.; Ferreira, M. F. L.; Costa e Silva, L. F.; Valadares Filho, S. C; Rodrigues, I. I. et al. A meta-analysis on evaluation of nonlinear models to predict milk yield and composition of beef cows. *Animal feed Science and Technology*, PRELO.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Valadares, R. F. D.; Paulino, M. F.; Nascimento, F. B.; Fonseca, M. A. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1587-1596, 2009.
- Márquez, D. E. C. *Parâmetros nutricionais e produtivos de bezerras suplementadas e vacas de corte lactantes em pastejo*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 2013.
- Marquez, D. C.; Paulino, M. F.; Marcondes, M. I.; Rennó, L. N.; Barros, L. V.; Martins, L. S.; Ortega, R. M.; Silva, A. G.; Almeida, D. M.; Sotello, D. P.; Moura, F. H. Parâmetros nutricionais e produtivos de bezerras suplementadas a pasto com diferentes fontes de alimentos protéicos. *Semina: Ciências Agrárias*, 35:2709-2722, 2014.
- Martins, L. S. *Efeitos da suplementação sobre desempenho e características nutricionais e metabólicas de vacas e bezerros de corte a pasto*. Viçosa, MG: UFV. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2017.
- Martins, L. S; Paulino, M. F.; Rennó, L. N.; Detmann, E. Almeida, D. M. Ortega, R. M. Moreno, D. P. S. Cardenas, J. E. G. Creep feeding effects on male Nelore calves influencing behavior and performance of their dams. *Tropical Animal Health and Production*, 8: 1-8, 2017. Maynard, L. A.; Loosli, J. K.; Hintz, H. F.; Warner, R. K. *Animal Nutrition*. McGraw-Hill Book Co., New York, USA, 602 p, 1979.
- Matos, E. M. A. *Estimativa do consumo de matéria seca de vacas Nelore lactantes em pastagem* (Tese de Doutorado andamento). Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- Melo, L.P., 2018. *Características produtivas, nutricionais e metabólicas de novilhas nelore submetidas a diferentes estratégias de suplementação durante a gestação*. (Master degree dissertation) Department of Animal Science, Federal University of Viçosa, Viçosa.
- Moreira, S.S., 2022. *Desempenho e respostas metabólicas de fêmeas Nelore em pastejo suplementadas nos períodos pré e pós-desmame*. (Master degree dissertation). Department of Animal Science. Federal University of Viçosa, Viçosa.
- Nascimento, K.S. 2021. *Efeito da suplementação com minerais orgânicos, leveduras e/ou enzimas fibrolíticas no desempenho produtivo e parâmetros reprodutivos de vacas Nelore a pasto*. (Ph.D. thesis) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Brasil.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM), 2016. *Nutrient requirements of beef cattle*. 8th revised edition. National Academy Press, Washington DC, USA.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7 ed. National Academic Press. Washington, D.C. 248p. 1996.
- National Research Council - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed. National Academic Press. Washington, D.C. 381p. 2001.
- Paulino, M. F.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. C.; Silva, A. G.; Cabral, C. H. A.; Valente, E. E. L.; Barros, L. V.; De Paula, N. F.; Lopes, S. A.; Couto, V. R. M. Bovinocultura programada. In: VII Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa. *Anais...* Viçosa: DZO-UFV, 267-297, 2010.
- Paulino, M. F.; Detmann, E.; Silva, A. G.; Almeida, D. M.; Valente, E. E. L.; Maciel, I. F. S.; Nascimento, J. L. M.; Bittencourt, J. A.; Martins, L. S.; Barros, L. V.; De Paula, N. F.; Mendes, R. K. V.; Lopes, S. A.; Carvalho, V. V. Bovinocultura de alto desempenho com sustentabilidade. In: VIII Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa. *Anais...* Viçosa: DZO-UFV, 183-196. 2012.
- Porto, M. O.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Sales, M. F. L.; Couto, V. R. M. Fontes de energia em suplementos múltiplos para bezerros Nelore em creep feeding: desempenho produtivo, consumo e digestibilidade dos nutrientes. *Revista brasileira de Zootecnia*, 38:1329-1339, 2009.
- Prados, L. F., D. F. T. Sathler, B. C. Silva, D. Zanetti, S. C. Valadares Filho, H. M. Alhadad, E. Detmann, S. A. Santos, L. D. S. Mariz, and M. L. Chizzotti. 2017. Reducing mineral usage in feedlot diets for Nelore cattle: II. Impacts of calcium, phosphorus, copper, manganese, and zinc contents on intake, performance, and liver and bone status. *J. Anim. Sci.* 95: 1-11. doi:10.2527/jas2016.1085
- Rodrigues, I.I.L., 2021. *Efeito da ordem de parto sobre o metabolismo e produção de leite de fêmeas Nelore em pastejo*. (Ph.D. Department of Animal Science. Federal University of Viçosa, Viçosa.
- Saraiva, D.T., 2023, *effect of supplement levels on creep-feeding for suckling calves and prepartum Nelore cows on pasture*. (Ph.D. thesis). Department of Animal Science. Federal University of Viçosa, Viçosa.
- Totusek, R., Amett, D.W., Holland, G.L., and Whitman, J.V. Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gain. *Journal of Animal Science*. 37:153, 1973.
- Schroeder, G. F.; Titgemeyer, E. C. Interaction between protein and energy supply on protein utilization in growing cattle: a review. *Livestock Science*, 114:1-10, 2008.
- Souza, W.L., 2021, *Impacto da oferta de forragem durante os Terços médio e final da gestação no Desempenho do par vaca/bezerro nelore até o Desmame*. (Master degree dissertation). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Brasil.
- Valente, E. E. L.; Paulino, M. F.; Barros, L. V.; Almeida, D. M.; Martins, L. S.; Cabral, C. H. A. Effect of calves’ supplementation on performance, nutritional and behavioral characteristics of their dams. *Tropical Animal Health and Production*, 45:487-495, 2013.
- Vital, M.N.F., 2021, *Metabolic, reproductive, and performance evaluation in primiparous Nelore beef cows under grazing with different ages at breeding*. (Master degree dissertation). Department of Animal Science. Federal University of Viçosa, Viçosa.
- Webster, A. J. F. Energy metabolism and requirements. In: Curch, D.C. (Ed.). *Digestive physiology and nutrition of ruminants*. 2 ed. Oregon: Book Stores, p. 210-229. 1979.

Wilmink, J. B. M. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science*, 16:335-348, 1987.

Williams, J.H., Anderson, D.C. and Kress, D.D. Milk production in Hereford cattle. 1. Effects of separation intervals on weigh-suckle-weigh milk production estimates. *Journal of Animal Science*. 49:1438, 1979.

