

Efeito da nutrição materna no terço final da gestação sobre a composição corporal da progênie ao abate

Effects of maternal nutrition in the final third of gestation on performance and body composition of progeny at slaughter

John Lenon Klein¹ , Sander Martinho Adams¹ , Dari Celestino Alves Filho¹ , Ivan Luiz Brondani¹ , Luiz Ângelo Damian Pizutti¹ , Joziane Michelon Cocco¹ 

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

*Autor correspondente: johnlenonklein@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da nutrição materna no terço final da gestação sobre o desempenho ponderal e a composição corporal da progênie. Foram utilizados 41 novilhos de vacas submetidas a diferentes níveis nutricionais durante o terço final de gestação: 13 vacas sem suplementação sob restrição nutricional (RES); 16 vacas suplementadas para atender 100% das exigências (REQ); 12 vacas suplementadas para atender 150% das exigências (HIGH). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. O desempenho da progênie não foi influenciado pela nutrição materna na gestação ($P > 0,05$), porém, animais RES se sobressaem em períodos desafiadores, enquanto que os REQ e HIGH desempenharam melhor em ambientes nutricionalmente favoráveis. A nutrição materna no terço final da gestação não influenciou a participação dos componentes não carcaça (16,42%) e órgãos internos (3,17%). O peso relativo do rúmen foi maior nos novilhos RES e HIGH (2,48%) em relação aos novilhos REQ (2,24%), resultando em maior participação do trato gastrointestinal (8,25 vs 7,63%, respectivamente). As características quantitativas da carcaça foram semelhantes entre os tratamentos ($P > 0,05$), com peso médio de carcaça quente e rendimento equivalente a 304,28 kg e 57,80%. A participação dos cortes primários dianteiro, lateral e traseiro foi de 39,22, 10,64 e 50,67%, respectivamente. Diante do exposto, concluímos que a nutrição materna na gestação afeta a formação fetal de modo a modificar a composição corporal e consequentemente o potencial produtivo dos descendentes.

Palavras-chave: órgãos vitais; peso de abate; rendimento de carcaça; trato gastrointestinal

Abstract

This study aimed to assess how maternal nutrition in the final third of gestation affects progeny weight performance and body composition. Forty-one steers were included, born to cows subjected to different nutritional levels during this period: 13 cows without supplementation and under nutritional restriction (RES), 16 cows supplemented to meet 100% of requirements (REQ), and 12 cows supplemented to meet 150% of requirements (HIGH). The study design was completely randomized. Progeny performance was not influenced by maternal nutrition during gestation ($P > 0.05$). However, RES animals excelled during challenging periods, while REQ and HIGH animals performed better in nutritionally favorable environments. Maternal nutrition in the final third of gestation did not impact the contribution of non-carcass components (16.42%) and internal organs (3.17%). RES and HIGH steers had a higher relative weight of the rumen (2.48%) compared to REQ steers (2.24%), resulting in a greater proportion of the gastrointestinal tract (8.25% vs. 7.63%). Carcass characteristics did not differ significantly between treatments ($P > 0.05$), with an average hot carcass weight and yield of 304.28 kg and 57.80%, respectively. The primary fore, side, and hind cuts represented 39.22%, 10.64%, and 50.67% of the carcass, respectively. Overall, maternal nutrition during gestation affects fetal development, leading to modifications in body composition and, consequently, the productive potential of the offspring.

Keywords: carcass yield; gastrointestinal tract; slaughter weight; vital organs

1. Introdução

Recentemente, tem-se explorado intensamente os efeitos da nutrição materna durante a gestação sobre o desenvolvimento da progênie. Reynolds e Caton ⁽¹⁾ referiram-se a mudanças no ambiente uterino como programação fetal, que pode ter efeitos de longo prazo na

vida da progênie, alterando a estrutura e a função de seus órgãos e tecidos corporais.

A avaliação da composição corporal da progênie é realizada frequentemente no período intruterino e meses iniciais de vida, momento onde os efeitos são mais facilmente perceptíveis ⁽²⁾. Brameld et al. ⁽³⁾ sugerem que, com tempo suficiente durante a vida pós-natal, o animal

Recebido: 11 de dezembro de 2022. Aceito: 8 de maio de 2023. Publicado: 30 de maio de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

seja capaz de superar ou compensar a maioria dessas diferenças iniciais, resultando em apenas pequenos (se houver) efeitos residuais da programação fetal sobre a composição corporal dos descendentes em fases posteriores de crescimento.

A avaliação da composição corporal torna-se importante para tentar entender de que forma os animais se adaptam a oferta de nutrientes durante o período fetal, afetando o potencial produtivo após o nascimento. Segundo Reynolds et al. ⁽⁴⁾, as mudanças corporais servem para permitir uma rápida adaptação do feto à pressão de seleção uterina no qual está sendo formado. Maior enfoque está sendo dado aos órgãos do trato gastro intestinal, bem como órgãos relacionados com o metabolismo dos nutrientes, uma vez que respondem pela capacidade de digestão, absorção e utilização dos nutrientes. Duarte et al. ⁽⁵⁾ observaram que filhos de vacas submetidas à restrição nutricional apresentam compensação na formação do trato digestório, mais especificamente do intestino delgado, com aumento no comprimento tanto do intestino delgado, como das vilosidades intestinais. Avaliando os efeitos da proteína materna na gestação, Da Cruz et al. ⁽⁶⁾ observaram tendência para maior altura das vilosidades, assim como obtiveram maior expressão de genes relacionados com a absorção dos nutrientes no intestino delgado da progênie de vacas que receberam 75% das exigências proteicas na gestação.

Symonds et al. ⁽⁷⁾ afirmam que o desfavorecimento do ambiente uterino durante a fase inicial de gestação pode resultar em alterações nos mecanismos homeostáticos do fígado e pâncreas, influenciando a capacidade da progênie em metabolizar os nutrientes. Compensação do crescimento do fígado foi registrado por Prezotto et al. ⁽⁸⁾, os quais obtiveram maior peso relativo deste órgão nos fetos restritos no primeiro e/ou segundo trimestre de gestação.

Apesar da organogênese ocorrer mais intensamente no início da gestação, a maturação final dos órgãos ocorre no final de gestação, e também é suscetível às mudanças nutricionais da fêmea gestante. Funston et al. ⁽⁹⁾ afirmam que durante o desenvolvimento fetal na segunda metade de gestação, eventos críticos para o desenvolvimento normal do conceito ocorrem, incluindo organogênese fetal e desenvolvimento placentário. Tendo em vista que essas mudanças podem ser mantidas na vida adulta dos descendentes, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do nível nutricional no terço final de gestação sobre o desempenho ponderal e a composição corporal da progênie ao abate.

2. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Está situado no município de Santa Maria, localizado na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, a uma altitude média de 95 m, com 29° 43' de latitude sul e 53° 42' de longitude oeste. Todos os procedimentos realizados no presente estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Maria sob protocolo 2531070319.

Foram utilizados 41 (quarenta e um) novilhos não-castrados oriundos do cruzamento rotativo alternado contínuo entre as raças Charolês (CH) e Nelore (NE), sendo os animais mestiços pertencentes à quinta e sexta gerações (CH; NE; 21/32 CH; 11/32 CH; 43/64 CH e 21/64 CH). Os animais possuíam aproximadamente 17 meses de idade e 403 kg de peso corporal, e nasceram de vacas submetidas a diferentes níveis nutricionais no terço final de gestação: 13 vacas sem suplementação em pastagem nativa atendendo 75% dos requerimentos de energia e proteína (RES); 16 vacas suplementadas para atender 100% dos requerimentos de energia e proteína (REQ); 12 vacas suplementadas para atender 150% dos requerimentos de energia e proteína (HIGH).

As dietas maternas foram calculadas com base nos requerimentos do National Research Council – NRC ⁽¹⁰⁾ para matrizes de 475 kg durante o terço final de gestação consumindo 2,1% do peso corporal de matéria seca. Cada grupo vacas do tratamento apresentava mesma idade de gestação (190 dias), peso (460 kg) e escore corporal inicial (2,84 pontos) e foi mantido em piquete único conforme o nível nutricional testado. Foi fornecido 0,28 e 0,98% do peso vivo animal de suplementação para os tratamentos REQ e HIGH, respectivamente. Estes planos nutricionais permitiram ganhos diários de peso na ordem de -0,103; 0,025 e 0,207 kg/dia durante o terço final de gestação e escore corporal ao parto de 2,81, 2,92 e 2,99 pontos para os tratamentos RES, REQ e HIGH, respectivamente. O nascimento dos bezerros ocorreu nos meses de outubro e novembro do mesmo ano, os quais foram mantidos sob condições semelhantes para todos os tratamentos após o parto até o abate. Maiores informações da produção materna e desenvolvimento inicial da progênie são obtidas em Klein et al. ⁽¹¹⁾.

Previamente ao período de confinamento, os novilhos passaram pelo controle de prevenção contra o carrapato (*Boophilus microplus*), através do banho de imersão em calda composta pelo produto comercial Colosso FC30[®] (Fenthion + Cipermetrina + 30% de Clorpirifós), seguido pela aplicação de produto do tipo Pour-on Fluatac DUO[®], princípio ativo Fluazuron + Abamectina, utilizando-se a dosagem de 1 mL/10 kg de peso vivo. Além disso, foi realizado o controle estratégico de verminoses através da aplicação do produto comercial Evol[®] (Ivermectina + Sulfóxido de Albendazol), numa dosagem de 1 ml/20 kg de peso corporal.

A terminação dos novilhos foi realizada em

sistema de confinamento, iniciando por 14 dias de adaptação, e posteriormente mais 84 dias de avaliação experimental (total de 98 dias). Os novilhos foram mantidos em boxes individuais com aproximadamente 10 m² de área, pavimentados com concreto armado e declividade de 3%. Os boxes são providos de comedouros e bebedouros automáticos regulados por torneira boia. A dieta foi calculada seguindo as recomendações nutricionais do National Research Council – NRC ⁽¹²⁾, utilizando como parâmetros os requerimentos nutricionais para novilhos jovens obterem um ganho de peso diário em torno de 1,50 kg/dia. Foi utilizada a relação volumoso:concentrado de 40:60, com a silagem da planta inteira de milho sendo a fonte de volumoso, conforme apresentado na Tabela 1. O consumo de matéria seca dos novilhos foi registrado diariamente, obtendo consumo médio de 9,68 kg/dia.

Tabela 1. Composição química e participação dos ingredientes na dieta dos novilhos terminados em confinamento.

Ingrediente da dieta	Composição bromatológica %					Participação %
	MS	MM	PB	NDT ¹	FDN	
Silagem da planta de milho	30,40	4,60	5,65	65,70	60,10	42,00
Grão moído de milho	86,70	1,70	9,00	89,80	12,00	33,30
Grão inteiro de aveia branca	87,20	2,55	14,69	71,00	19,60	20,50
Farelo de soja	86,35	7,10	54,20	88,70	12,30	3,60
Calcário calcítico	96,00	99,00	-	-	-	0,40
Sal comum	96,00	99,00	-	-	-	0,20
Dieta total ²	48,70	3,90	10,40	75,30	33,80	100,00

¹ Nutrientes digestíveis totais determinado pela método da matéria orgânica digestível. ² Composição final calculada a partir dos ingredientes e sua participação na dieta.

Foi avaliado o desempenho ponderal dos animais ao longo do ciclo produtivo, com o intuito de identificar os efeitos da programação fetal na adaptabilidade dos descendentes. O desempenho das progênes foi representado pelo ganho médio diário de peso (kg/dia), sendo este índice produtivo calculado pelo quociente do ganho de peso total dos animais, pelo intervalo de dias entre as pesagens.

O abate dos animais foi realizado em frigorífico comercial com inspeção estadual (SIE), localizado a cerca de 20 km da fazenda. Previamente, os animais foram pesados individualmente antes de serem embarcados para o frigorífico, após jejum de sólidos e líquidos de 14 horas, para obtenção do peso de abate. O abate seguiu o fluxo normal do frigorífico comercial, sendo os animais submetidos à banho de aspersão e insensibilização previamente à sangria.

Durante o abate, todas as partes do corpo do animal foram separadas e pesadas individualmente de acordo com as metodologias descritas por Cattellam et al.

⁽¹³⁾ e consistindo em: 1) conjunto de componentes externos: cabeça, patas, orelhas, chifres (quando presentes), testículos, vassoura da cauda e couro; 2) conjunto de órgãos vitais: pulmão, fígado, rins, coração e baço; 3) conjunto de gorduras internas: gordura de toaleta, gordura inguinal, gordura renal, gordura do coração; 4) conjunto do trato digestivo vazio: rúmen + retículo, omaso, abomaso, intestinos (grosso + delgado); 5) sangue. A soma de todas as partes do corpo com o peso de carcaça quente corresponde ao peso de corpo vazio do animal (PCV), o qual foi utilizado como meio de equalizar a comparação da participação de cada conjunto de órgãos no corpo do animal. Adicionalmente, foram aferidos os volumes dos órgãos vitais do organismo (coração, rins e fígado), medindo o deslocamento de água em um recipiente de volume previamente conhecido.

Previamente à entrada das carcaças na câmara de resfriamento, as duas meias-carcaças foram identificadas e pesadas para obtenção do peso de carcaça quente. Após resfriadas por 24 horas, com temperatura oscilando entre 0 e 1°C, estas foram novamente pesadas para obtenção do peso de carcaça fria. Através destes parâmetros foram determinados os rendimentos de carcaça quente e fria, assim como a quebra ao resfriamento. Após as pesagens, a meia-carcaça esquerda foi separada em cortes comerciais primários: dianteiro, costilhar (ponta-de-agulha) e serrote (traseiro especial), seguindo as metodologias de Müller ⁽¹⁴⁾. Cada peça foi pesada, para posterior determinação da sua participação em relação à carcaça fria.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e número variado de repetições. A normalidade dos resíduos foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo realizadas transformações e eliminação de outliers quando necessário. As seguintes variáveis foram transformadas: vassoura da cola (logaritmo), testículos (inversa), e intestinos (segunda potência). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, através do procedimento PROC GLM, e quando constatada significância, foi realizada a comparação de médias (TCM) pelo teste de Tukey à nível de 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas pelo método dos quadrados mínimos. As análises estatísticas foram realizadas através do pacote estatístico SAS® Studio University Edition ⁽¹⁵⁾, utilizando o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + Z_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde: γ_{ijk} : variáveis dependentes; μ : média de todas as observações; N_i : efeito do i -ésimo nível nutricional pré-parto; Z_j : efeito da co-variável percentagem da raça nelore nas vacas; ε_{ij} : efeito do erro aleatório residual (erro b).

3. Resultados

A Figura 1 mostra o desempenho dos animais e ilustra a resposta produtiva da progênie em diferentes fases de crescimento até o abate. Isso destaca o impacto do desenvolvimento fetal durante a gravidez no potencial de produção e adaptação em diversos ambientes.

Durante a transição forrageira e adaptação inicial ao confinamento, os animais RES exibiram uma vantagem produtiva. Por outro lado, animais REQ e HIGH programados mostraram seu potencial de produção em condições nutricionalmente favoráveis, como em confinamento. Nessas situações, os ganhos diários de peso foram de 1,384 kg/dia, 1,398 kg/dia e 1,503 kg/dia para os tratamentos RES, REQ e HIGH, respectivamente.

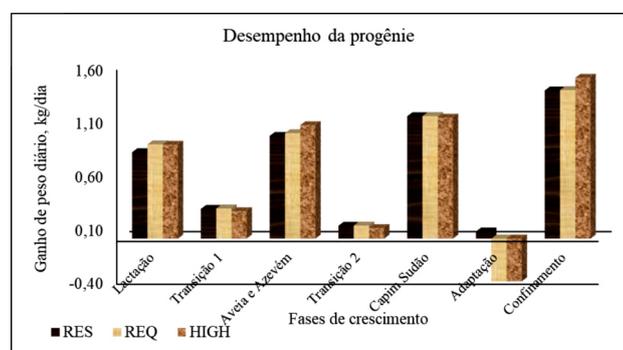


Figura 1. Desempenho ao longo das fases de crescimento da progênie de vacas de corte submetidas a diferentes níveis nutricionais no terço final de gestação.

¹ período de aleitamento (165 dias); ² período pós-desmame até entrada na pastagem de Aveia + Azevém (105 dias); ³ período em pastagem de Aveia + Azevém (65 dias); ⁴ período após pastagem de Aveia + Azevém até entrada na pastagem de Capim Sudão (50 dias); ⁵ período em pastagem de Capim Sudão (110 dias); ⁶ período após pastagem de Capim Sudão até início do período experimental (15 dias); ⁷ período de terminação em confinamento (88 dias); ⁸ desempenho total após o nascimento (600 dias).

Os componentes não integrantes da carcaça estão apresentados na Tabela 2. A nutrição materna no terço final de gestação não influenciou ($P > 0,05$) a participação das partes não integrantes da carcaça quando em relação ao peso de corpo vazio (PCV). O PCV é representado pelo somatório de todas as partes do animal com o peso de carcaça quente (PCQ), com valor médio de 449 kg. O total de componentes não-carcaça representou em média 16,42% em relação ao PCV.

RES, vacas sem suplementação em pastagem nativa sob restrição nutricional; REQ, vacas suplementadas para atender 100% dos requerimentos; HIGH, vacas suplementadas para atender 150% dos requerimentos.

Os componentes não integrantes da carcaça estão expressos em relação ao peso de corpo vazio.

Tabela 2. Componentes não-carcaça da progênie de vacas de corte submetidas a diferentes níveis nutricionais no terço final de gestação

Componentes não-carcaça	Nível nutricional materno			SEM	P - valor
	RES	REQ	HIGH		
Peso de corpo vazio, kg	446	455	447	6,38	0,7641
Sangue, %	2,62	2,47	2,54	0,06	0,6540
Patás, %	2,33	2,43	2,45	0,03	0,6465
Orelhas, %	0,15	0,14	0,14	0,01	0,6274
Vassoura da cola, %	0,06	0,07	0,05	0,01	0,1405
Testículos, %	0,27	0,26	0,28	0,01	0,5490
Couro, %	10,02	9,87	9,71	0,15	0,6720
Cabeça, %	3,62	3,64	3,72	0,07	0,9239
Total componentes externos, %	16,47	16,27	16,53	0,15	0,7451

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

Similarmente, a participação dos órgãos internos da carcaça dos novilhos não foi influenciada pela nutrição materna no terço final de gestação (Tabela 3). Os pesos relativos do coração, rins e fígado foram respectivamente de 0,32, 0,19 e 1,11% em relação ao PCV. O volume destes órgãos foi medido pelo deslocamento de água em recipiente de volume conhecido, e não foram influenciados pela nutrição materna na gestação ($P > 0,05$). Conjunto de órgãos internos e as gorduras internas representam 3,17 e 1,86% do PCV, respectivamente.

Tabela 3. Órgãos internos da carcaça da progênie de vacas de corte submetidas a diferentes níveis nutricionais no terço final de gestação.

Órgãos internos	Nível nutricional materno			SEM	P - valor
	RES	REQ	HIGH		
Coração, %	0,31	0,31	0,33	0,01	0,3347
Gordura coração, %	0,05	0,05	0,05	0,01	0,8256
Rins, %	0,19	0,19	0,20	0,01	0,1264
Gordura renal, %	0,74	0,71	0,78	0,03	0,5947
Pulmões, %	1,24	1,20	1,26	0,02	0,4835
Baço, %	0,29	0,30	0,30	0,01	0,7980
Fígado, %	1,11	1,10	1,12	0,01	0,8558
Gordura inguinal, %	0,53	0,49	0,56	0,02	0,2383
Gordura de toaleta, %	0,57	0,53	0,57	0,02	0,5537
Órgãos internos, %	3,15	3,14	3,23	0,03	0,5561
Gorduras, %	1,89	1,76	1,93	0,05	0,3925
Total componentes internos, %	5,05	4,90	5,16	0,06	0,2540
Volume do coração, cm ³	132,61	139,95	143,80	2,94	0,3979
Volume renal, cm ³	84,60	88,45	91,92	1,92	0,2648
Volume do fígado, cm ³	454,46	472,06	480,67	8,87	0,5719

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). RES, vacas sem suplementação em pastagem nativa sob restrição nutricional; REQ, vacas suplementadas para atender 100% dos requerimentos; HIGH, vacas suplementadas para atender 150% dos requerimentos. Os órgãos internos da carcaça estão expressos em relação ao peso de corpo vazio.

O peso relativo do trato gastrointestinal e seus constituintes foi influenciado pela nutrição materna no terço final de gestação (Tabela 4). Novilhos REQ apresentaram menor peso relativo de rúmen em relação

aos novilhos RES e HIGH (2,24 vs 2,45 e 2,50%, respectivamente). Além disso, observamos uma tendência ($P = 0,0622$) para menor peso de abomaso para os novilhos REQ (0,80% do PCV), enquanto que os novilhos HIGH tiveram o abomaso representando 0,94% do peso de corpo vazio. Assim, a participação dos órgãos que compõem o trato gastrointestinal foi menor nos novilhos REQ em relação aos novilhos RES e HIGH, com valores respectivamente de 7,63 vs 8,22 e 8,28% ($P = 0,0184$).

Tabela 4. Trato gastrointestinal da progênie de vacas de corte submetidas a diferentes níveis nutricionais no terço final de gestação.

Trato gastrointestinal	Nível nutricional materno			SEM	P - valor
	RES	REQ	HIGH		
Rúmen %	2,45a	2,24b	2,50a	0,03	0,0015
Omaso %	1,04	0,98	0,99	0,02	0,3683
Abomaso %	0,89	0,80	0,94	0,02	0,0622
Intestinos %	3,84	3,60	3,84	0,06	0,2485
Total trato gastrointestinal %	8,22a	7,63b	8,28a	0,10	0,0184

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). RES, vacas sem suplementação em pastagem nativa sob restrição nutricional; REQ, vacas suplementadas para atender 100% dos requerimentos; HIGH, vacas suplementadas para atender 150% dos requerimentos. Os componentes internos da carcaça estão expressos em relação ao peso de corpo vazio.

O peso de abate foi de 526,13 kg ($P > 0,05$), com pesos de carcaça quente (PCQ) e fria (PCF) respectivamente de 304,28 e 296,08 kg. Observamos uma tendência para maior rendimento de carcaça quente ($P = 0,1071$) e de carcaça fria ($P = 0,1038$) para os novilhos REQ, com rendimentos de 58,51 e 56,92%, respectivamente. A quebra de peso ao resfriamento das carcaças foi de 2,67%.

Tabela 5. Características quantitativas da carcaça da progênie de vacas de corte submetidas a diferentes níveis nutricionais no terço final de gestação.

Características	Nível nutricional materno			SEM	P - valor
	RES	REQ	HIGH		
Peso de abate, kg	522,38	532,44	523,58	7,72	0,7744
Peso de carcaça quente, kg	300,47	311,80	300,59	4,91	0,5023
Peso de carcaça fria, kg	292,55	303,36	292,34	4,80	0,5044
Quebra ao resfriamento, %	2,67	2,71	2,65	0,02	0,6400
Rendimento de carcaça quente, %	57,49	58,51	57,41	0,23	0,1071
Rendimento de carcaça fria, %	55,97	56,92	55,82	0,22	0,1018
Dianteiro, kg	114,32	120,21	114,25	2,16	0,4052
Costilhar, kg	31,15	31,89	31,45	0,57	0,8547
Traseiro, kg	148,74	152,80	148,27	2,33	0,5956
Dianteiro, %	39,04	39,55	39,08	0,20	0,5643
Costilhar, %	10,66	10,52	10,74	0,10	0,7140
Traseiro, %	50,84	50,42	50,75	0,18	0,6421

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). RES, vacas sem suplementação em pastagem nativa sob restrição nutricional; REQ, vacas suplementadas para atender 100% dos requerimentos; HIGH, vacas suplementadas para atender 150% dos requerimentos. Os cortes primários estão expressos em relação ao peso de carcaça fria.

A nutrição materna no terço final da gestação não influenciou os cortes primários da carcaça dos novilhos (Tabela 5). As percentagens de dianteiro, costilhar e de traseiro na carcaça fria foram respectivamente 39,22, 10,64 e 50,67%.

4. Discussão

Estudos anteriores usaram análises de componentes corporais para avaliar o impacto da programação fetal no desenvolvimento de órgãos e tecidos na prole e sua associação com o potencial de produção. Segundo Reynolds et al. ⁽⁴⁾, observaram que a nutrição materna durante a gravidez influencia a formação de órgãos, os processos de maturação e a função fisiológica da prole, permitindo uma rápida adaptação às pressões ambientais uterinas.

Em nosso estudo, avaliamos a composição corporal da progênie de vacas RES, REQ e HIGH no momento do abate e não observamos mudanças significativas. Hytel et al. ⁽¹⁶⁾ sugeriram que a programação fetal afeta principalmente a organogênese durante a primeira metade da gestação, sendo o terço final responsável pela maturação das funções dos órgãos e sistemas. Além disso, pode ocorrer crescimento compensatório e adaptações ^(17,18), tornando muitas vezes necessárias avaliações mais precisas em idades mais jovens.

Nosso estudo demonstra efeitos mínimos da programação fetal na composição corporal da progênie no momento do abate. No entanto, a nutrição materna durante o terço final da gravidez pode induzir mudanças significativas que preparam o feto para vários desafios na vida pós-natal, facilitando a rápida adaptação ao ambiente uterino ⁽⁴⁾.

Essas adaptações fetais ao ambiente uterino influenciaram a adaptabilidade ambiental pós-natal, resultando em diferentes respostas produtivas ao longo dos estágios de desenvolvimento. A restrição nutricional durante a gestação favoreceu a progênie RES durante os períodos nutricionais menos favoráveis, como transição de forragem e adaptação inicial ao confinamento (Figura 1), enquanto as fases nutricionais favoráveis melhoraram o desempenho dos animais REQ e HIGH. O ganho médio diário durante a fase de pós-adaptação ao confinamento até o abate foi de 1.384, 1.388 e 1.503 kg/dia, respectivamente.

Essas diferenças na capacidade de resposta da progênie ao ambiente ou sistema de criação podem estar fortemente ligadas à formação e desenvolvimento de órgãos. Apesar dos pesos relativos semelhantes (Tabela 3), novilhos HIGH exibiram volumes de coração, rim e fígado 8,43%, 8,65% e 5,76% maiores, respectivamente, em comparação com RES, o que pode estar associado à maior produtividade da progênie

criada em confinamento. Esses resultados sugerem maior desenvolvimento e maturação desses órgãos, podendo contribuir para uma maior capacidade metabólica desses animais em sistemas de alimentação intensiva. Vaag et al. ⁽¹⁹⁾ corroboram essa noção, afirmando que a progênie exposta à restrição nutricional durante a gestação enfrenta desafios no metabolismo de nutrientes em sistemas intensivos, aumentando o risco de doenças metabólicas.

A literatura geralmente indica um desenvolvimento relativamente maior de órgãos vitais em progênie restrita durante a gestação, pois esses órgãos têm prioridade sobre outros sistemas do corpo. Prezotto et al. ⁽⁸⁾ encontraram aumento do peso do fígado aos 254 dias de gestação em fetos de vacas submetidas à restrição nutricional durante o primeiro e/ou segundo trimestre, demonstrando compensação no crescimento do fígado em relação ao crescimento corporal. Da mesma forma, Duarte et al. ⁽⁵⁾, ao testar diferentes níveis nutricionais durante a gestação, observaram efeitos compensatórios na formação do trato digestivo da progênie de vacas submetidas à restrição nutricional, incluindo aumento do comprimento do intestino delgado e das vilosidades intestinais.

Achados semelhantes foram relatados por Da Cruz et al. ⁽⁶⁾, que observaram uma inclinação para maior comprimento de vilo e aumento da expressão de genes associados à absorção de nutrientes no intestino delgado da progênie de vacas submetidas à restrição protéica durante a gestação. Esses resultados ajudam a elucidar a absorção compensatória de nutrientes exibida pela progênie restrita durante a gestação, o que pode ter permitido sua adaptação a ambientes pós-natais mais desafiadores, contribuindo para ganhos compensatórios e diferenças mínimas no desempenho da progênie no abate ⁽²⁰⁾.

Geralmente, a restrição nutricional durante a gestação leva ao desenvolvimento de um fenótipo fetal conservador, caracterizado por uma constituição corporal capaz de suportar carências alimentares prolongadas. Du et al. ⁽²¹⁾ observaram que a formação de gordura visceral se inicia no segundo trimestre e continua até o nascimento, com hiperplasia dos adipócitos influenciada pela nutrição materna. Consequentemente, uma nutrição inadequada durante a gestação promove a formação de células lipogênicas que armazenam eficientemente energia no corpo do animal. O ligeiro aumento na deposição de gordura visceral observado na progênie RES pode ser atribuído ao seu instinto de sobrevivência.

Mohrhauser et al. ⁽¹⁷⁾ sugeriram que as mudanças na composição do tecido adiposo refletem o desenvolvimento de um fenótipo “econômico”, permitindo que a progênie se prepare para períodos pós-

parto desafiadores e estabeleça uma composição corporal mais eficiente para armazenar energia prontamente disponível. Esses achados vão ao encontro da hipótese proposta por Maresca et al. ⁽²²⁾, que sugeriram que a alteração na composição da carcaça poderia ser consequência da maior deposição de gordura abdominal na progênie de vacas submetidas à restrição protéica durante a gestação.

Vários fatores podem contribuir para a ausência de diferenças na composição corporal da progênie. A adaptação fetal e a compensação materna aos desafios nutricionais, alcançadas por meio de maior mobilização de reservas corporais e perda de peso em vacas prenhes durante a restrição nutricional ⁽¹⁸⁾, são provavelmente influentes. Além disso, Klein et al. ⁽²⁾ mencionaram em uma revisão da literatura que os efeitos da programação fetal são mais proeminentes durante os primeiros meses de vida da progênie, e o crescimento compensatório na progênie restrita, conforme discutido anteriormente, também pode desempenhar um papel.

Para entender de forma abrangente as mudanças fisiológicas e funcionais induzidas por insultos nutricionais durante a gravidez, mais estudos avançados são necessários. Tal pesquisa elucidaria os efeitos desses insultos nas taxas de crescimento, eficiência produtiva e qualidade do produto final na progênie.

5. Conclusão

Durante o terço final da gestação, a nutrição materna não afeta os componentes não-carcaça ou a contribuição dos órgãos internos para a composição corporal geral dos animais. No entanto, influencia a formação do corpo, que por sua vez afeta o potencial de produção da prole durante as fases de criação. Quando 100% das exigências energéticas e protéicas (REQ) são atendidas ao final da gestação, há uma diminuição no peso ruminal relativo da prole. É importante ressaltar que a nutrição materna durante a gestação não altera as métricas de carcaça nem a composição dos cortes primários comerciais no terço final da gestação.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflitos de interesse a declarar.

Contribuições do autor

Conceituação: J. L. Klein. *Curadoria de Dados:* J. L. Klein, S. M. Adams and J. M. Cocco. *Investigação:* J. L. Klein, S. M. Adams and J. M. Cocco. *Metodologia:* S. M. Adams and J. M. Cocco. *Administração do projeto:* D. C. A. Filho, I. L. Brondani and Luiz Â. D. Pizzuti. *Software:* J. L. Klein. *Validação:* D. C. A. Filho, I. L. Brondani and Luiz Â. D. Pizzuti. *Visualização:* I. L. Brondani. *Supervisão:* D. C. A. Filho, I. L. Brondani and Luiz Â. D. Pizzuti. *Redação (esboço original, revisão e edição):* J. L. Klein

Referências

1. Reynolds LP, Caton JS. Role of the pre- and post-natal environment in developmental programming of health and productivity. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2012; 354 (1): 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.11.013>
2. Klein JL, Machado DS, Adam SM, Alves Filho DC, Brondani IL. Efeitos da nutrição materna na gestação sobre a qualidade da progênie - uma revisão. *Research, Society and Development*. 2021; 10 (2): e45710212654. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12654>
3. Brameld JM, Greenwood PL, Bell AW. Biological Mechanisms of Fetal Development Relating to Postnatal Growth, Efficiency and Carcass Characteristics in Ruminants. In: Greenwood PL, Bell AW, Vercoe PE, Viljoen GJ (editors). *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York; 2010. p. 93-120. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3135-8>
4. Reynolds LP, Borowicz PP, Caton JS, Crouse, MS, Dahlen CR, Ward AK. Developmental programming of fetal growth and development. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2019; 35 (1): 229-247. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.02.006>
5. Duarte MS, Gionbelli MP, Paulino PVR, Serão NVL, Martins TS, Tótaro PIS, Neves CA, Valadares Filho SC, Dodson, MV, Zhu M, Du M. Effects of maternal nutrition on development of gastrointestinal tract of bovine fetus at different stages of gestation. *Livestock Science*. 2013; 153 (1): 60-65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.01.006>
6. Da Cruz WFG, Schoonmaker JP, Resende FD, Siqueira GR, Rodrigues LM et al. Effects of maternal protein supplementation and inclusion of rumen-protected fat in the finishing diet on nutrient digestibility and expression of intestinal genes in Nelore steers. *Animal Science Journal* 2019; 90 (1): 1200-1211. <https://doi.org/10.1111/asi.13273>
7. Symonds ME, Seibert SP, Budge H. Nutritional regulation of fetal growth and implications for productive life in ruminants. *Animal*. 2010; 4 (7): 1075-1083. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000479>
8. Prezotto LD, Camacho LE, Lemley CO, Keomanivong FE, Caton JS, Vonnahme KA, Swanson KC. Nutrient restriction and realimentation in beef cows during early and mid-gestation and maternal and fetal hepatic and small intestinal in vitro oxygen consumption. *Animal*. 2016; 10 (5): 829-837. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002645>
9. Funston RN, Martin JL, Adams DC, Larson DM. Winter grazing system and supplementation of beef cows during late gestation influence heifer progeny. *Journal of Animal Science*. 2010; 88 (1): 4094-4101. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3039>
10. NRC - National Research Council. *Nutrient requirements of beef cattle*. Washington: National Academy Press. 1998. 24p.
11. Klein JL, Adam SM, De Moura AF, Alves Filho DC, Maidana FM, Brondani IL, Cocco JM, Rodrigues LDS, Pizzuti LAD, Da Silva MB. Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *Animal*. 2021; 15 (1): 100089. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>
12. NRC - National Research Council. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th ed. Washington: National Academy Press. 2000. 249p.
13. Cattalam J, Brondani IL, Alves Filho DC, Argenta FM, Siqueira Junior V, Martini PM. Efeito heterótico nas partes não-integrantes a carcaça de novilhos terminados em confinamento. *Ciência Animal Brasileira*. 2014; 15 (2): 174-186. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v15i228081>
14. Müller L. *Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos*. 2th ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 1987. 31p.
15. SAS - Statistical Analysis Systems Institute. *User's guide version 3.5 SAS™ Studio University Edition*. Cary, New York, USA, 2016.
16. Hyttel P, Sinowatz F, Vejlsted M. *Embriologia veterinária*. 1th ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2012. 455p.
17. Mohrhauser DA, Taylor AR, Underwood KR, Pritchard RH, Wertz-Lutz AE, Blair AD. The influence of maternal energy status during midgestation on beef offspring carcass characteristics and meat quality. *Journal of Animal Science*. 2015; 93 (1): 786-793. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.017>
18. Webb MJ, Block JJ, Funston RN, Underwood KR, Legako JF, Harty AA, Salverson RR, Olson KC, Blair AD. Influence of maternal protein restriction in primiparous heifers during mid and/or late-gestation on meat quality and fatty acid profile of progeny. *Meat Science*. 2019; 152 (1): 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.006>
19. Vaag AA, Grunnet LG, Arora GP, Brons C. The thrifty phenotype hypothesis revisited. *Diabetologia*. 2012; 55 (1): 2085-2088. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2589-y>
20. Ramírez M, Testa LM, Valiente SL, Latorre ME, Long NM, Rodríguez AM, Pavan E, Maresca S. Maternal energy status during late gestation: Effects on growth performance, carcass characteristics and meat quality of steers progeny. *Meat Science*. 2020; 164 (1): e 108095. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108095>
21. Du M, Huang Y, Das AK, Yang Q, Duarte MS, Dodson MV, Zhu MJ. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2013; 91 (3): 1419-1427. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5670>
22. Maresca S, Valiente SL, Rodríguez AM, Testa LM, Long NM, Quintans GI, Pavan E. The influence of protein restriction during mid to late gestation on beef offspring growth, carcass characteristic and meat quality. *Meat Science*. 2019; 153 (1): 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.014>