

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Leonel da Silva Rodrigues

**PROGRAMAÇÃO FETAL: IMPACTOS DA VARIAÇÃO DE PESO DA  
VACA GESTANTE SOBRE SUA PROGÊNIE**

Santa Maria, RS  
2019

**Leonel da Silva Rodrigues**

**PROGRAMAÇÃO FETAL: IMPACTOS DA VARIAÇÃO DE PESO DA VACA  
GESTANTE SOBRE SUA PROGÊNIE**

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Dari Celestino Alves Filho

Santa Maria, RS  
2019

Rodrigues, Leonel da Silva  
Programação fetal: impactos da variação de peso da vaca  
gestante sobre sua progênie / Leonel da Silva Rodrigues.  
2019.  
95 p.; 30 cm

Orientador: Dari Celestino Alves Filho  
Coorientador: Ivan Luiz Brondani  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Zootecnia, RS, 2019

1. Carcaça 2. Carne 3. Nutrição fetal 4. Órgão vitais 5.  
Reprodução I. Celestino Alves Filho, Dari II. Luiz  
Brondani, Ivan III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Leonel da Silva Rodrigues. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail:rodrigues\_leonel@hotmail.com

**Leonel da Silva Rodrigues**

**PROGRAMAÇÃO FETAL: IMPACTOS DA VARIAÇÃO DE PESO DA VACA  
GESTANTE SOBRE SUA PROGÊNIE**

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

**Aprovado em 16 de agosto de 2019:**

*Dari Celestino Alves Filho*

**Dari Celestino Alves Filho, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

*Magali Floriano da Silveira*

**Magali Floriano da Silveira, Dra. (UTFPR) – videoconferência**

*Patricia Alessandra Meneguzzi Metz Donicht*  
**Patricia Alessandra Meneguzzi Metz Donicht, Dra. (IFFar – Campus Alegrete)**

*Leonir Luiz Pascoal*  
**Leonir Luiz Pascoal, Dr. (UFSM)**

*Luiz Angelo Damian Pizzuti*  
**Luiz Angelo Damian Pizzuti, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, RS,  
2019

## DEDICATÓRIA

*Dedico essa tese a minha filha Cecília.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a UFSM, pelo ensino de qualidade e gratuito.

A minha família, meus pais, La Hire Fernandes Rodrigues (*in memorian*) e em especial minha mãe Vera Maria da Silva Rodrigues, pela educação, ensinamentos e apoio para minha formação.

A minha esposa e colega de pós-graduação Amanda, por todo carinho, compreensão, dedicação e incentivo durante esse período. Essa conquista também é tua. Te amo!

Ao Professor Dari Celestino Alves Filho, orientador, pela amizade, convivência e ensinamentos que foram fundamentais na elaboração da tese.

Ao Professor Ivan Luiz Brondani, pelas orientações, conversas, conselhos e incentivos sempre buscando o crescimento de seus alunos.

Aos colegas do Laboratório de Bovinocultura de Corte (LBC) da UFSM, muito obrigado pela amizade, companheirismo e troca de conhecimentos.

A todos os alunos e ex-alunos, tanto aos que permanecem quanto aos que passaram pelo LBC, sem a colaboração e esforço de vocês na coleta de tantos anos de informações a execução do trabalho não seria possível.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo que possibilitou a realização do curso de doutorado.

Muito obrigado!

## RESUMO

# PROGRAMAÇÃO FETAL: IMPACTOS DA VARIAÇÃO DE PESO DA VACA GESTANTE SOBRE SUA PROGENIE

AUTOR: Leonel da Silva Rodrigues  
ORIENTADOR: Dari Celestino Alves Filho

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos das variações de peso da matriz durante a gestação no desenvolvimento, nas características de carcaça e carne, nos componentes do corpo vazio e no desempenho reprodutivo da progênie. Foram utilizados dados coletados de vacas de corte e sua prole, nascidos entre os anos de 2002 a 2013, terminados em confinamento aos 24 meses de idade no caso dos machos e acasaladas aos 24 meses de idade no caso das fêmeas. Os tratamentos estudados foram: Ganho de peso (GA): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação. Os maiores pesos de abate foram obtidos nos tratamentos GA e PM, 428 e 424 kg, respectivamente. O menor peso foi registrado no tratamento PS, 406 kg. A perda de peso moderada e severa durante a gestação aumenta o peso relativo de baço da prole masculina, sendo obtidos pesos relativos de 0,36 e 0,34 kg/100 kg de PCVZ para PM e PS, nessa ordem e 0,29 kg/100 kg de PCVZ para o GA. A participação de rins e intestino no peso de corpo vazio é maior na prole masculina de vacas gestantes que perderam peso de forma severa. O peso relativo de rins foi maior no PS (0,23 kg/100 kg do PCVZ) do que no GA (0,20 kg/100 kg PCVZ) e PM (0,21 kg/100 kg de PCVZ). A variação de peso da vaca durante a gestação não influencia a participação de gordura interna na prole masculina. Aos 210 e aos 365 dias de idade os animais do tratamento GA (135,26 e 211,67 kg) e PM (128,89 e 210,98 kg) apresentaram maior peso do que os animais do PS (119,25 e 197,27 kg). Os pesos de abate e de carcaça quente foram maiores nos animais GA (434 e 240 kg) e PM (433 e 238 kg) do que em relação aos animais do PS (407 e 223 kg). O GA e PM apresentaram carcaças com maior compacidade ( $1,90 \text{ kg cm}^{-1}$ ) que o tratamento PS ( $1,80 \text{ kg cm}^{-1}$ ). O ganho de peso da vaca durante a gestação aumenta o grau de marmoreio na carne e a área de *Longissimus dorsi* da prole masculina. A prole feminina de vacas que ganham peso durante a gestação, apresenta maior peso e porcentagem do peso adulto aos 7 e 18 meses de idade. Na primeira estação reprodutiva, o PS apresentou tendência de maior taxa de prenhez (69,8%). Já o GA e PM apresentaram tendência de menor taxa de prenhez (50,0 e 59,9 %). Na segunda estação reprodutiva, a prole de vacas que perderam peso de forma mais acentuada apresenta maior peso ao nascer dos bezerros. Na terceira estação reprodutiva, o GA apresentou tendência de maior taxa de prenhez (64,3%), menor eficiência produtiva (13,5 kg de bezerros/ kg de vaca) e maior índice de produção de bezerros (57,7 kg de bezerro/vaca).

**Palavras-chave:** Carcaça. Carne. Nutrição fetal. Órgão vitais. Reprodução.

## ABSTRACT

### FETAL PROGRAMMING: IMPACTS OF COW WEIGHT VARIATION ON YOUR PROGENY

AUTHOR: Leonel da Silva Rodrigues

ADVISOR: Dari Celestino Alves Filho

The objective of the present study was to evaluate the effects of cow weight changes during development gestation, carcass and meat characteristics, empty body components and progeny reproductive performance. Data collected from beef cows and their offspring, born between 2002 and 2013, were used for confinement at 24 months of age in males and mated at 24 months of age in females. The treatments studied were: Weight gain (GA): pregnant cows that gained from 0.0 to 15.0% of body weight during pregnancy; Moderate weight loss (PM): pregnant cows that lost 0.1 to 15.0% of body weight during pregnancy; Severe weight loss (PS): pregnant cows that lost 15.1 to 30.0% of body weight during pregnancy. The highest slaughter weights were obtained in treatments GA and PM, 428 and 424 kg, respectively. The lowest weight was registered in the PS treatment, 406 kg. Moderate and severe weight loss during pregnancy increases the relative spleen weight of male offspring, with relative weights of 0.36 and 0.34 kg/100 kg of PCVZ for PM and PS, in that order and 0.29 kg/100 kg PCVZ for the GA. Kidney and intestine participation in empty body weight is higher in male offspring of pregnant cows who have severely lost weight. The relative weight of kidneys was higher in PS (0.23 kg/100 kg PCVZ) than in GA (0.20 kg/100 kg PCVZ) and PM (0.21 kg/100 kg PCVZ). Cow weight variation during pregnancy does not influence the internal fat participation in male offspring. At 210 and 365 days of age, the animals from treatment GA (135.26 and 211.67 kg) and PM (128.89 and 210.98 kg) presented higher weight than animals from PS (119.25 and 197.27 kg). Slaughter and hot carcass weights were higher in GA (434 and 240 kg) and PM (433 and 238 kg) animals than in PS (407 and 223 kg) animals. The GA and PM presented carcasses with higher compactness ( $1.90 \text{ kg cm}^{-1}$ ) than the PS treatment ( $1.80 \text{ kg cm}^{-1}$ ). Cow weight gain during pregnancy increases the degree of marbling in the meat and the area of Longissimus dorsi of male offspring. The female offspring of cows that gain weight during pregnancy have higher weight and percentage of adult weight at 7 and 18 months of age. In the first reproductive season, PS showed a tendency of higher pregnancy rate (69.8%). GA and PM showed a lower pregnancy rate (50.0 and 59.9%). In the second reproductive season, the offspring of cows that lost more weight show higher birth weight of calves. In the third breeding season, GA showed a higher pregnancy rate (64.3%), lower productive efficiency (13.5 kg calves/kg cow) and higher calf production index (57.7 kg calf/cow).

**Keywords:** Carcass. Meat. Fetal nutrition. Reproduction. Vital organs.



## LISTA DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO III

- Gráfico 1 - Variação de peso durante a vida reprodutiva da progênie de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....74
- Gráfico 2 - Distribuição das épocas de concepções da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....77

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1 - Efeito da nutrição materna no desenvolvimento do músculo esquelético fetal em bovinos de corte.....18
- Figura 2 - Linha do tempo aproximada para o desenvolvimento do tecido adiposo em bovinos de corte.....20
- Figura 3 - Densidade de células com potencial para adipogênese no musculo esquelético bovino em distintas fases de desenvolvimento.....21

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Pesos e variação de peso de vacas de corte durante a gestação.....	33
Tabela 2 - Peso de abate, carcaça fria, corpo vazio, rendimento de carcaça fria e relação peso de corpo vazio/peso de abate da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	36
Tabela 3 - Peso relativo de órgãos internos e sangue da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	37
Tabela 4 - Peso relativo do trato digestivo da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	38
Tabela 5 - Composição de gorduras internas da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	39

### CAPÍTULO II

Tabela 1- Pesos, variação de peso e distribuição dos partos (%) dentro da época de parição de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	48
Tabela 2- Desenvolvimento da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	52
Tabela 3- Pesos e rendimentos de carcaça da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	53
Tabela 4- Participação relativa dos cortes comerciais e tecidual, expressos em relação ao peso de carcaça fria (PCF) da carcaça da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	54
Tabela 5- Área de <i>Longissimus dorsi</i> , espessura de gordura subcutânea, marmoreio, coloração e textura da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	55

### CAPÍTULO III

Tabela 1 - Pesos, variações de peso e distribuição dos partos (%) dentro da época de parição de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	68
Tabela 2 - Pesos absolutos e relativo ao peso adulto da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	72
Tabela 3 - Desempenho durante as três primeiras estações reprodutivas da prole feminina de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	75
Tabela 4 - Idade ao primeiro parto (IPP), intervalo entre partos médio (IEP) da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.....	77

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1 HISTÓRICO DA PESQUISA SOBRE NUTRIÇÃO MATERNA NO CRESCIMENTO DA PROGÊNIE .....	12
2.2 AMBIENTE MATERNO E CRESCIMENTO FETAL .....	12
2.3 PARTIÇÃO DE NUTRIENTES DURANTE A GESTAÇÃO: HOMEOSTASE E HOMEORRESE .....	14
2.4 HIPERPLASIA, HIPERTROFIA MUSCULAR E ADIPOGÊNESE.....	16
2.5 PROGRAMAÇÃO FETAL E A PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE .....	22
2.6 PROGRAMAÇÃO FETAL E OS ASPECTOS REPRODUTIVOS .....	24
2.7 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BEZERROS NO RIO GRANDE DO SUL .....	27
<b>3. HIPÓTESE E OBJETIVOS</b> .....	29
3.1 HIPÓTESE.....	29
3.2 OBJETIVO GERAL .....	29
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
<b>4. DESENVOLVIMENTO</b> .....	30
4.1 CAPÍTULO I .....	31
Reflexo da variação de peso da vaca durante a gestação em pastagem natural, nos componentes não carcaça de novilhos .....	31
4.2 CAPÍTULO II .....	46
Reflexo da variação de peso da vaca durante a gestação sob pastagem natural na programação fetal de novilhos de corte.....	46
4.3 CAPÍTULO III.....	66
Reflexo da variação de peso da vaca, sob pastagem natural durante a gestação, no desempenho reprodutivo da prole feminina .....	66
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	88
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	90

## 1. INTRODUÇÃO

As pesquisas realizadas em sistemas de produção de bovinos de corte com foco na produção de bezerros normalmente são voltadas para maximização de índices reprodutivos, como taxa de prenhez repetição de cria, números de bezerros produzidos ao longo da vida e idade a primeira concepção das matrizes. Com foco em técnicas que alterem as características mencionadas durante a vida do animal. Porém, recentemente as pesquisas estão sendo voltadas para os efeitos que a nutrição das matrizes durante a gestação pode ter nas características de carcaça e desempenho reprodutivo da progênie.

A produção de bezerros no estado do Rio Grande do Sul é basicamente realizada em pastagens naturais, que apresentam menor crescimento durante o período hibernar, período no qual as matrizes encontram-se em gestação. O que resulta em uma nutrição inferior aos requerimentos nutricionais exigidos por essa categoria, resultando em variação de peso da matriz pela crescente necessidade nutricional demandada pelo feto e a consequente mobilização de reservas da matriz.

Estudos disponíveis mostram que a nutrição materna pode afetar o desenvolvimento do músculo esquelético fetal, exercendo efeitos em longo prazo sobre o desempenho de crescimento da prole (DU et al., 2009; GODFREY e BARKER, 2000). Nesse sentido Zhu et al. (2004) afirmam que o desenvolvimento das fibras musculares na fase de gestação é muito susceptível a perturbações e falta de nutrientes. Dessa forma, bezerros filhos de vacas que sofreram restrição alimentar, e tiveram suprimida oferta de nutrientes durante a gestação, terão progênie com comprometida capacidade de produção de carne (DU et al. 2015), além dos efeitos na condição corporal da matriz ao parto, na função reprodutiva, aumentando o intervalo parto-concepção. Pesquisas recentes demonstram que os efeitos da nutrição da matriz durante a gestação refletem nas características produtivas da progênie (DU et al., 2010; MOISÁ et al., 2015; MOHRHAUSER et al., 2015; MICKE et al., 2010).

A busca por técnicas que apresentam um melhor retorno econômico tanto para o produtor quanto para o frigorífico e que possam melhorar a qualidade do produto final, que é a carne disponibilizada ao consumidor, devem ser um alvo constante da pesquisa. Dessa forma a identificação dos impactos do crescimento fetal reduzido durante a vida produtiva e reprodutiva do animal e nos parâmetros pós-abate são fundamentais para o avanço técnico e produtivo dos sistemas de produção de bovinos de corte.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRICO DA PESQUISA SOBRE NUTRIÇÃO MATERNA NO CRESCIMENTO DA PROGÊNIE

A pesquisa envolvendo os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento e o crescimento da progênie foi proposta pela primeira vez em humanos, baseados em estudos epidemiológicos que investigaram os efeitos da baixa ingestão de nutrientes pelas mães grávidas durante a Segunda Guerra Mundial sob a saúde em longo prazo dos seus filhos. Estando ligado ao baixo peso ao nascer e aumento da incidência de doenças coronárias, acidentes cardiovasculares cerebrais, diabetes e hipertensão (BARKER et al., 2002).

Muitos termos são utilizados para a denominação dessa linha de pesquisa incluindo programação fetal (BARKER E CLARK, 1997), programação neonatal (SPENCER, et al., 2011), programação lactacional (HIND E CAPITANIO, 2010) e programação de desenvolvimento (REYNOLDS et al., 2010). Termos utilizados para definir um período de resposta do organismo do mamífero durante uma janela de desenvolvimento crítico na gestação, afetando o desenvolvimento da progênie com efeitos persistentes (NATHANIELSZ et al., 2007).

Estudos associando a nutrição fetal com o desempenho animal foram iniciadas recentemente. Segundo DU et al. (2009) tanto a desnutrição quanto a supernutrição durante a gestação afetam o desempenho e o crescimento da progênie. Portanto o desenvolvimento adequado do feto é importante para maximizar o crescimento potencial dos animais, tendo reflexos no desempenho futuro. Na fase fetal ocorre o desenvolvimento do músculo esquelético, não havendo nenhum aumento no número de fibras musculares após o nascimento (ZHU et al, 2004).

### 2.2 AMBIENTE MATERNO E CRESCIMENTO FETAL

As influências do desenvolvimento fetal sobre o desenvolvimento e o crescimento da progênie precisam ser vistas ao longo da vida produtiva, que pode ser de meses para animais que são destinados a produção de carne ou de anos para animais destinados a reprodução. Os impactos de um baixo desenvolvimento no período embrionário podem refletir na vida

produtiva. Nesse sentido Godfrey e Barker (2000), afirmam que descendentes de vacas subnutridas durante o período de gestação demonstram ter um baixo desenvolvimento e produtividade e maior susceptibilidade a doenças no decorrer da vida. Segundo Greenwood et al. (2010) acredita-se que fetos após uma restrição nutricional durante a gestação, tenham a capacidade de adaptação metabólica a ambientes pós-natal restrito.

A capacidade de uma fêmea gestante de cuidar o embrião é em grande parte pela forma de como ela divide os nutrientes para permitir o desenvolvimento embrionário, placentário e fetal, juntamente com o seu próprio crescimento, manutenção e produção de leite. Condições intrauterinas pobres podem ocorrer devido a condições de restrição alimentar da vaca, competição por nutrientes entre o feto e as exigências metabólicas da mãe, particularmente em fêmeas de primeira cria (SCHOONMAKER E LADEIRA, 2014).

Alterações no fornecimento de nutrientes antes da concepção pode impactar profundamente na qualidade dos oócitos e no desenvolvimento do embrião (SCHOONMAKER E LADEIRA, 2014). As exigências de nutrientes para o crescimento embrionário são baixas durante o primeiro trimestre de gestação, porém é nessa fase que ocorrem eventos críticos como o estabelecimento da circulação fetal funcional e uteroplacentária, organogênese, miogênese e adipogênese (DU et al., 2010). É nessa fase onde ocorre simultaneamente o início da nova gestação e o meio da lactação da cria ao pé em uma vaca adulta, um ambiente uterino pobre nessa fase pode impactar negativamente o desenvolvimento homeostático no fígado e pâncreas, influenciando a capacidade do feto em metabolizar os nutrientes (SYMONDS, et al. 2010). Afetando na progênie feminina o desenvolvimento ovariano, a capacidade reprodutiva, o desenvolvimento da glândula mamária. Já na masculina o desenvolvimento do tecido muscular e adiposo influenciando nas características da carcaça.

Durante o segundo trimestre de gestação o feto atinge cerca de 25% do peso que terá ao nascer, nesse período as exigências nutricionais da vaca não aumentam substancialmente. No último trimestre de gestação ocorre o maior desenvolvimento do feto, onde um ambiente uterino pobre pode afetar a saúde a longo prazo e o desenvolvimento da prole (SCHOONMAKER E LADEIRA, 2014).

### 2.3 PARTIÇÃO DE NUTRIENTES DURANTE A GESTAÇÃO: HOMEOSTASE E HOMEORRESE

A capacidade da fêmea gestante em manter a gestação está diretamente relacionada como a forma em que a mesma realiza a partição dos nutrientes para o desenvolvimento embrionário, placentário e suas demandas para manutenção das suas atividades metabólicas. Inicialmente Hammond (1947) considerou que os tecidos competiam por nutrientes circulantes com base em suas taxas metabólicas relativas. Essa ideia foi reforçada por altas taxas metabólicas nos tecidos do feto em relação à da matriz (MESCHIA et al., 1980). No entanto, Bauman e Currie (1980) relacionam a partição de nutrientes durante a gestação através de uma regulação endócrina em vez de competição dos tecidos como um mecanismo explicativo geral, com base no conceito de homeorrese e homeostase.

O conceito de homeostase é definido como a manutenção do equilíbrio fisiológico, ou seja, condições no ambiente interno regulando as funções de forma constante e pré-estabelecidas. Já homeorrese são mudanças orquestradas para as prioridades de um estado fisiológico, ou seja, coordenação do metabolismo em vários tecidos para suportar um estado fisiológico, atuando por mecanismos subjacentes que definem as prioridades e as modifica para o tecido em questão, como no caso da gestação.

Bauman e Currie (1980) citam em sua revisão um exemplo de homeorrese em vacas leiteiras no início da lactação, onde há uma alteração drástica no metabolismo de muitos órgãos maternos em favor do suprimento de nutrientes para as glândulas mamárias para produção de leite.

A gestação impõe um aumento nos requisitos totais de nutrientes, uma vez que no final da gestação são cerca de 75% maiores do que em um animal não gestante do mesmo peso. Devido a isso, são necessárias adaptações maternas para atender a esses requisitos metabólicos e são alcançadas por influências regulatórias decorrentes do feto. De acordo com a partição direcionada de nutrientes, a prioridade passa a ser suprir a necessidade de crescimento do feto e das membranas fetais pelos controles homorréicos. O uso de substratos pelo feto é determinado por mecanismos homeostáticos que atuam dentro do próprio feto, sob efeitos hormonais.

Bauman e Currie (1980) referem-se como as mudanças no metabolismo do tecido adiposo, diminuição da síntese e aumento da mobilização lipídica, no final da gestação como controle homorréico. De acordo com os autores, mesmo nesse período há um controle homeostático ao longo desse período para manter o equilíbrio metabólico frente a diminuição



na circulação de metabólitos por alterações no consumo, por exemplo. Os autores citam a noradrenalina como um regulador homeostático associado ao estresse para indicar taxas máximas de lipólise, associada a um aumento no nível plasmático de ácidos graxos livres. Bauman e Currie (1980) citam ainda que a insulina e a glicose são reguladores homeostáticos do metabolismo lipídico e que a primeira estimula a lipogênese na maioria dos estados fisiológicos, porém, durante a gestação há indícios de que o tecido adiposo diminua a resposta a insulina. Os estrogênios e a progesterona participam do controle homeorrético de partição de nutrientes durante a gestação, uma vez que a alteração na proporção de estrogênio para progesterona pode alterar o fluxo sanguíneo no útero e, portanto, aumentar a disponibilidade de sangue para o feto.

O feto e os tecidos fetais (placenta, membranas fetais associadas e os tecidos uterinos) necessitam extensas demandas de suprimentos maternos de glicose e aminoácidos, principalmente com o avançar da gestação. De acordo com Bell e Ehrhardt (2000) em ovelhas e vacas prenhas durante o último terço da gestação, entre 30 a 40% da energia requerida pelos tecidos fetais é fornecida na forma de glicose e seu metabólito fetal-placentário o lactato e outros 55% são absorvidos na forma de aminoácidos, que é a forma na qual praticamente todo o nitrogênio é fornecido ao feto. De 5 a 10% é fornecido na forma de acetato, cuja transferência placentária é relativamente pequena em relação à sua abundância e importância energética que o mesmo exerce no sistema materno. Já Bauman e Currie (1980) citam que a glicose compreende de 50 a 70 % dos substratos totais utilizados pelo feto, com a 20 a 25% de contribuição do lactato, ainda de acordo com os autores os aminoácidos contribuem com o restante do combustível metabólico, o acetato e a frutose apresentam uma pequena contribuição em condições normais de alimentação materna.

O transporte de glicose da circulação materna para o feto se dá através da placenta por difusão facilitada. Já os aminoácidos absorvidos pela placenta são transportados através de transporte ativo dependente de energia.

A partição de glicose entre o feto e os tecidos maternos em ovelhas bem alimentadas durante o final da gestação é de aproximadamente 30-50% do suprimento materno de glicose, o que explica o aumento induzido pela gestação na produção e consumo de glicose (BELL E EHRHARDT, 2000). Com relação a partição de aminoácidos Bell e Ehrhardt (2000) sugerem que aproximadamente 80% do total de proteína bruta ingerida foi dividida para o útero gravídico, sendo o restante usado para suportar o aumento no metabolismo e deposição líquida de aminoácidos no desenvolvimento de glândulas mamárias e órgãos viscerais da matriz.

A partição de glicose entre o feto e os tecidos maternos no final da gestação é diretamente afetada pela nutrição materna (BELL, 1993). Ovelhas alimentadas com 60% dos requisitos de energia durante 3 semanas, mantiveram as taxas absolutas de absorção uterina de glicose apesar de uma redução de 25% na taxa de entrada de glicose materna. O crescimento fetal não foi prejudicado, mas a perda materna de peso e condição corporal foi elevada. Em contraste, a desnutrição mais grave (30-40% de necessidade de energia por 3 semanas) causou uma diminuição acentuada da absorção uterina de glicose (BELL e EHRHADT, 2000).

Os efeitos da nutrição materna na partição de aminoácidos para o feto em ovelhas que jejuaram durante 5 dias, não afetaram a absorção líquida de aminoácidos apesar da redução das concentrações no sangue materno da maioria dos aminoácidos. Indicando que os aminoácidos foram compensados pela mobilização materna de reservas de proteínas dos tecidos e pelo transporte ativos de aminoácidos pela placenta, resultando em uma mudança importante na partição de aminoácidos maternos para compensar parcialmente os efeitos da deficiência dietética em crescimento fetal (BELL e EHRHADT, 2000).

Uma nutrição materna inadequada além de afetar a partição de nutrientes como mencionado acima, pode ocasionar efeitos indiretos na partição de nutrientes para o feto através de influências no crescimento e na capacidade funcional da placenta (BELL e EHRHADT, 2000). Em contraste ao afirmado anteriormente, Wallace et al. (1999) afirmam que a sobre alimentação pode afetar o crescimento da placenta e retardar o crescimento fetal pelo suprimento inadequado de nutrientes via placenta. A condição corporal da matriz também pode afetar a partição de nutrientes, McNeill et al. (1998) observaram que matrizes com baixa condição corporal no final da gestação apresentaram consumo mais elevado de matéria seca do que matrizes com melhor condição corporal, porém a destinação dos nutrientes extras foi para os tecidos maternos e não para o feto.

#### 2.4 HIPERPLASIA, HIPERTROFIA MUSCULAR E ADIPOGÊNESE

Durante o desenvolvimento da gestação, é essencial que ocorra o desenvolvimento do sistema vascular feto/placenta. No entanto para que ocorra efetivamente a transferência de nutrientes da mãe para o feto é necessário que o sistema uterino esteja devidamente desenvolvido (FORD et al., 2007). Em vacas, a vascularização ocorre em torno de 90 dias de gestação, com um marcado aumento do fluxo sanguíneo e vascular aos 120 dias. Segundo Prior e Laster (1979) o aumento da troca trans-placentária é o que apoia o crescimento exponencial

do feto durante a última metade da gestação. Nesse sentido Zhu et al. (2004) afirmam que o desenvolvimento das fibras musculares na fase de gestação é muito susceptível a perturbações nutricionais. Durante a gestação, na partição de nutrientes, o músculo esquelético é o que tem menor prioridade, quando comparado à órgãos como cérebro, coração e fígado (ZHU et al., 2006).

O crescimento do músculo esquelético envolve aumentos no número de células (hiperplasia) e no tamanho das células (hipertrofia). As fibras musculares são formadas a partir de células mesodérmicas não diferenciadas ainda nos estágios iniciais da gestação. Uma célula mesodérmica se torna uma célula do músculo esquelético através de uma família de proteínas nucleares, chamadas de *MyoD*, que funcionam como ativadores da transcrição do gene específico do músculo e a expressão de qualquer um deles pode converter fibroblastos em células musculares. Os tecidos musculares surgem no embrião a partir do somito mesodérmico, da terceira camada germinal. As células do somito começam a se formar ao longo de cada eixo embrionário entre 2 a 3 semanas após a concepção. Do somito surgem 40 miotomas, que consistem em uma massa de células de formato fusiforme, indiferenciadas (LAWRIE, 2005). Dois tipos de células são formados, umas delas adquirindo a forma de um ramo primitivo de células do tecido conjuntivo e a outra das células musculares primitivas, os mioblastos.

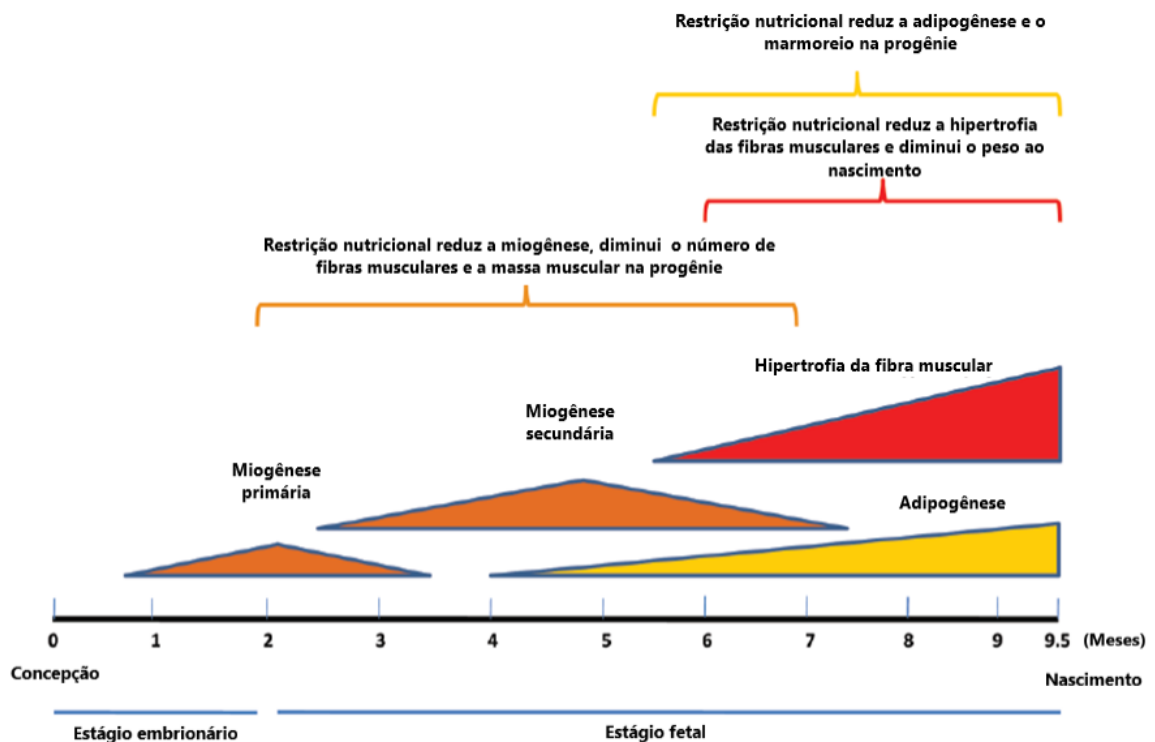
Segundo Karunaratne et al. (2005) após o nascimento não há a formação de novas fibras musculares e sim o aumento no tamanho das fibras pré-estabelecidas durante a gestação, o que é reafirmado por Buttery et al. (2000). Ainda de acordo com o autor, na fase neonatal ocorre ainda um aumento no número de fibras musculares, não pela formação de novas fibras, mas sim pela fusão de células satélites com as fibras musculares já existentes. Os núcleos extra são recrutados para fibras musculares a partir de células miogênicas mononucleares conhecidas como células satélites, que estão fechadas sob a membrana basal das fibras musculares. As células satélites estão localizadas entre a lâmina basal e a sarcolema das fibras musculares maduras, sua proliferação e a fusão com fibras musculares existentes são cruciais para crescimento muscular pós-natal (KUANG et al., 2007). As células satélites são um grupo de células com diferentes graus de compromisso miogênico, uma pequena porcentagem desses as células são multipotentes e podem se diferenciar em adipócitos ou fibroblastos em vez de células miogênica.

A hiperplasia envolve as células precursoras do músculo esquelético mononucleares (mioblastos e células satélites), que posteriormente se tornam pós-mitóticas, alinham e se fundem para formar as fibras musculares multinucleares. As fibras musculares são então

capazes de aumentar o tamanho das células (hipertrofia) através da acumulação de proteínas (BUTTERY et al., 2000).

Segundo DU et al. (2010) existem duas ondas de formação de fibras musculares, as miofibras primárias se formam durante o estágio inicial de miogênese no desenvolvimento embrionário chamada também de primeira onda de miogênese, entre o primeiro e terceiro mês de gestação (Figura 1). Já a miofibras secundárias são formadas durante a segunda onda de miogênese no estágio fetal, do terceiro ao sétimo mês de gestação e contabiliza a maioria das fibras musculares esqueléticas. A formação de miofibras secundárias se sobrepõe parcialmente com a formação de adipócitos e fibroblastos intramusculares. Juntos, esses três tipos de células - miócitos, adipócitos e fibroblastos - produzem a estrutura básica do músculo esquelético, e são derivadas do mesmo grupo de células mesenquimais no músculo fetal.

Figural - Efeito da nutrição materna no desenvolvimento do músculo esquelético fetal em bovinos de corte.



Fonte: adaptado de Du et al. (2010)

Zhu et al. (2004) afirmam que o fornecimento de 50% das exigências nutricionais de ovelhas prenhas dos 28 aos 78 dias de gestação reduziu o número de fibras primárias e secundárias, bem como a relação entre fibras primárias e secundárias. Como consequência, o número de fibras musculares em cordeiros aos oito meses de idade foi menor nos filhos de

ovelhas que receberam dieta restrita quando comparada ao grupo que recebeu 100% de suas exigências. Em suínos a subnutrição no útero resulta em baixo peso ao nascer e diminuição no número de fibras musculares (DWAYER et al., 1994).

Buttery et al. (2000) citam alguns fatores que afetam a hiperplasia e diferenciação. Estudos *in vitro* mostram que a indução da diferenciação das células musculares pode ser estimulada por meio da redução dos inibidores a níveis séricos juntamente com o aumento dos estimuladores, como a insulina. Segundo Pitrie et al. (1996) a falta de zinco inibe a diferenciação do mioblasto, da mesma forma a falta de cálcio podem inibir a fusão das células musculares.

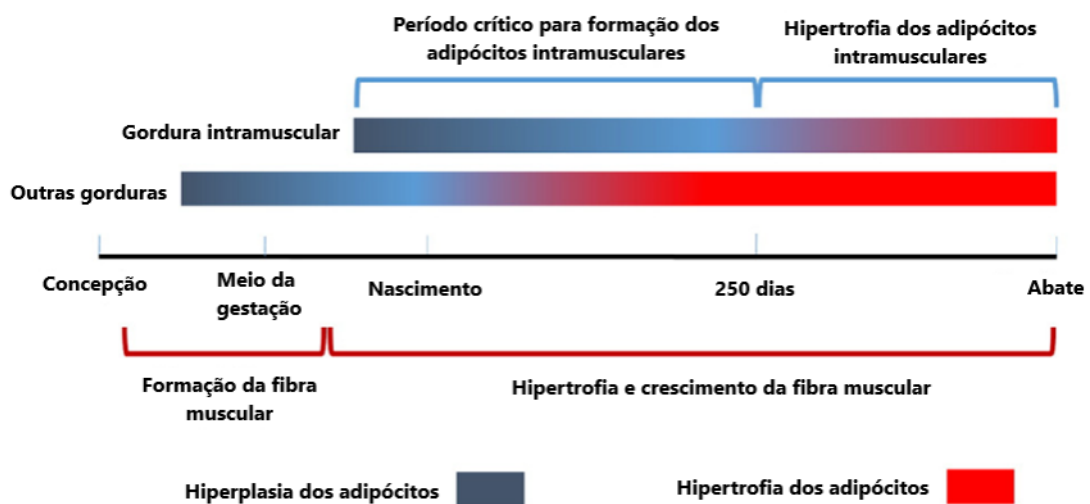
Fatores genéticos também influenciam a hiperplasia, como por exemplo a dupla musculatura que é hereditário e condiciona os animais a terem cerca de 40% a mais de fibras ao nascer em função de uma maior hiperplasia das células musculares antes da diferenciação. Os mioblastos de fetos com dupla musculatura se proliferam mais rapidamente do que fetos normais (QUINN et al., 1990).

A hipertrofia é o acúmulo de conteúdo de DNA muscular ao longo da fase de crescimento do animal devido à proliferação de células satélites, diferenciação e fusão com fibras musculares existentes. Isso é acompanhado por aumento deposição de proteínas dentro das células. A acumulação de proteína muscular é o equilíbrio líquido entre a síntese de proteína muscular, ou seja, transcrição de genes e tradução para proteína, e a proteólise (degradação), resultando em aumento da massa muscular (BUTTERY et al., 2000). Após o nascimento o número de sarcômeros tendem a permanecer constante e o crescimento do comprimento da fibra ocorre pelo aumento da largura dos sarcômeros existentes. Com o avançar da idade ocorre um aumento no grau de sobreposição de filamentos de actina e miosina, para a musculatura em geral a maior taxa de crescimento ocorre no período pós-natal imediato, que tende a diminuir com o avanço da idade (LAWRIE, 2005). O crescimento pós-natal dos músculos é determinado pela maturidade relativa da região na qual o músculo está inserido. Segundo Lawrie (2005) os músculos situados no traseiro possuem maior desenvolvimento que os situados no dianteiro do animal.

A gordura intramuscular é crucial para a palatabilidade da carne, uma vez, que a mesma contribui tanto para o sabor quanto para a suculência. O marmoreio é determinado pelo tamanho e número dos adipócitos intramusculares. Durante o estágio fetal tanto as células musculares esqueléticas, quanto os adipócitos são derivados do mesmo conjunto de células mesenquimais, os quais darão origem aos adipócitos para formar locais de acúmulo de gordura intramuscular

na carne (TONG et al., 2008). A adipogênese é iniciada aproximadamente no meio da gestação, sobrepondo-se ao período de miogênese secundária (FEVE, 2005). Du et al. (2010) afirmam que o estágio fetal é o mais eficiente para aumentar o marmoreio da carne em bovinos de corte (Figura 2). Ainda de acordo com os autores, as técnicas para aumentar o marmoreio serão mais efetivas em estágios iniciais de desenvolvimento devido à presença de uma quantidade abundante de células multipotentes no músculo esquelético, que diminui à medida que os animais amadurecem. Ainda de acordo com os autores, a eficácia do manejo nutricional na alteração do marmoreio é em ordem decrescente: estágio fetal; estágio neonatal; estágio de cria; desmame; e posteriormente estágios mais avançados.

Figura 2 - Linha do tempo aproximada para o desenvolvimento do tecido adiposo em bovinos de corte.

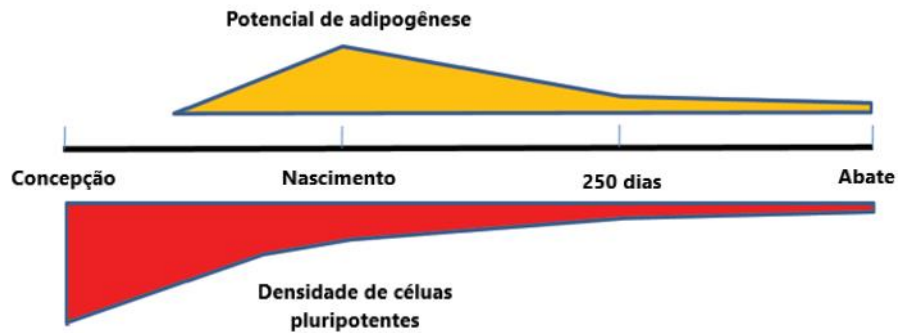


Fonte: adaptado de Du et al. (2015)

Dessa forma, o manejo nutricional materno, melhora o número de células mesenquimais comprometidas para a adipogênese, aumentando o número de adipócitos intramusculares (DU et al., 2010). Corroborando com essa afirmação, Tong et al. (2008) afirmam que o manejo nutricional pode ser a única opção para aumentar o marmoreio em bovinos de corte. Segundo os autores esse fato deve-se pela hipertrofia dos adipócitos durante a fase de terminação. Segundo Du et al. (2015) a deficiência nutricional durante os períodos específicos ilustrados na figura 2, causam efeitos negativos no desenvolvimento muscular e adiposo, reduzindo o número de células (hiperplasia) e o tamanho das células (hipertrofia). Du et al. (2010) afirmam que técnicas para aumentar o marmoreio serão mais efetivas em estágios iniciais de

desenvolvimento devido à presença de uma quantidade abundante de células multipotentes no músculo esquelético, que diminui à medida que os animais amadurecem (Figura 3).

Figura 3 - Densidade de células com potencial para adipogênese no músculo esquelético bovino em distintas fases de desenvolvimento.



Fonte: adaptado de Du et al. (2010)

Os efeitos da modulação de nutrientes variam de acordo com a intensidade da desnutrição materna, mas também pode ser ocasionada pela diminuição do suprimento de sangue uterino (ROBINSON et al., 1999). Dessa forma a hiperplasia prejudicada durante o período fetal tem impactos permanentes no desempenho produtivo do animal, uma vez que o número de fibras musculares é o determinante crítico da massa muscular (BUTTERY et al., 2000). Os animais nascidos com menos fibras musculares permanecem menores durante a vida pós-natal e nunca atingem o mesmo tamanho maduro que animais bem nutridos durante a gestação.

As fibras musculares primárias desenvolvem-se cedo durante a gestação, momento esse de pouca demanda nutricional na mãe (BUTTERY et al., 2000). As fibras musculares primárias geralmente desenvolvem fibras de tipo I (contração lenta) com um metabolismo oxidativo. Os músculos com predominância de fibras de contração lenta tendem a ser menos afetados pela desnutrição devido à menor proporção de fibras secundárias nesses músculos (DWYER et al., 1994). Por outro lado, as fibras musculares secundárias, que se formam em torno das fibras primárias e constituem a maior população de fibras em músculos desenvolvidos, são reduzidas em animais com restrito nível nutricional como resultado da redução da proliferação de mioblastos secundários (DWYER et al., 1994) por serem em sua maioria formados no período em que há maior demanda de nutrientes.

Segundo Funston et al. (2010) a desnutrição da vaca durante os estágios iniciais do desenvolvimento fetal não afeta o mesmo, em virtude da limitada exigência de nutrientes pelo feto para o crescimento e desenvolvimento durante a primeira metade da gestação. O que fica evidenciado pelo fato de que 75% do crescimento fetal ocorre durante os dois últimos meses de gestação. Embora os autores citem que possa haver algum detrimento no desenvolvimento fetal caso não seja estabelecido de forma plena o sistema vascular materno-fetal, prejudicando a transferência de nutrientes e oxigênio para o feto.

Anteriormente foram discutidos os efeitos da nutrição na hiperplasia, porém a nutrição pós-natal também pode afetar o crescimento muscular, a hipertrofia. O aumento na ingestão de proteínas está associado ao aumento do diâmetro das fibras musculares e à diminuição de lipídios intramusculares no músculo *Longissimus dorsi* de suínos. Em geral, o aumento da proteína acima dos níveis de manutenção, quando o fornecimento de energia é adequado, resulta em aumento da síntese e degradação proteica, resultando em uma acumulação de proteína líquida e aumento do diâmetro da fibra muscular (BUTTERY et al., 2000).

Dessa forma pode afirmar que a insuficiência nutricional durante a gestação pode trazer consequências para o crescimento pós-natal como redução do peso ao nascer, na reprodução e qualidade das carcaças. A restrição no início da gestação traz implicações no desenvolvimento da placenta e na vascularidade da mesma afetando as trocas transplacentárias. Enquanto que a restrição no final da gestação afeta o desenvolvimento de órgãos ou a absorção de nutrientes pelos tecidos que são importantes para o crescimento e reprodução.

## 2.5 PROGRAMAÇÃO FETAL E A PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

O desenvolvimento pós-natal e o tamanho adulto alcançado pelo animal são importantes em sistemas de produção de carne, uma vez que a curva de crescimento e o peso de abate podem afetar as características dos produtos comercializáveis.

De acordo com Greenwood et al. (2010) a restrição no desenvolvimento fetal reduz em 26% o peso ao nascimento e pode limitar a capacidade de crescimento dos bezerros, persistindo durante o período pós-natal com um crescimento mais lento dos bezerros até os 30 meses de idade, quando comparado aos animais que foram bem nutridos durante a gestação. Vonnahme et al. (2004) relataram que vacas alimentadas acima de suas exigências nutricionais durante o primeiro terço de gestação, as quais obtiveram um ganho de peso na ordem de 4,25% do peso corporal durante a gestação, obtiveram bezerros mais pesados ao nascimento, porém a longo



prazo não foram observadas diferenças nos pesos dos bezerros quando comparados aos filhos de vacas que apresentaram perda de 6,8% do peso corporal durante a gestação.

Em ovinos o crescimento fetal prejudicado resulta em menor peso ao nascer e maior deposição de gordura na carcaça associada a uma redução da massa óssea de cordeiros abatidos aos 35 kg (GREENWOOD et al., 1999; GREENWOOD et al., 2000). O fornecimento de um baixo nível energético as ovelhas resultaram ainda em um aumento na gordura perirenal, mesentérica e pélvica (GREENWOOD et al., 2000). No mesmo sentido Zhu et al. (2006) observaram que cordeiros filhos de matrizes que sofreram restrição de nutrientes durante a gestação observaram maior quantidade de gordura e tiveram diminuição da relação músculo:gordura.

Greenwood e Cafe (2007) ao avaliarem os efeitos do crescimento fetal nas características de carcaça e carne de animais abatidos aos 30 meses de idade, relatam maior peso de carcaça e rendimento de cortes para os animais com maior crescimento pré-natal. Por outro lado, os animais que tiveram menor crescimento fetal apresentaram maior deposição de gordura na região da picanha e maior ossificação na carcaça. Os autores não observaram diferenças significativas para as variáveis área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea no *Longissimus dorsi*, marmoreio, e pesos absolutos de músculo osso e gordura.

Cafe et al. (2006) não observaram efeitos do desenvolvimento fetal na deposição de gordura e na composição da carcaça de novilhos e novilhas da raça Wagyu ou Piedmontese aos 30 meses de idade. No mesmo sentido Tudor et al. (1980) não observaram diferenças no rendimento de carcaça, peso de órgãos, músculos e ossos de novilhos da raça Hereford abatidos aos 400 Kg, filhos de vacas que sofreram restrição alimentar dos 180 dias de gestação ao parto. No entanto os mesmos autores relatam impacto de 22% no peso ao nascer nos animais cujas mães sofreram restrição alimentar durante a gestação.

Com relação as características qualitativas da carne, Greenwood e Cafe (2007) não observaram diferenças significativas nos aspectos qualitativos nos músculos *Longissimus* ou *Semitendinosus*. Underwood et al. (2008) ao estudarem o fornecimento de pastagem nativa ou melhorada para vacas dos 120 aos 210 dias de gestação relatam um aumento no teor de gordura no músculo *Longissimus dorsi* nos novilhos nascidos de vacas que se alimentaram de pastagem nativa melhorada, indicando que a adipogênese e o marmoreio são influenciados pelo plano nutricional materno.

## 2.6 PROGRAMAÇÃO FETAL E OS ASPECTOS REPRODUTIVOS

Os impactos da programação fetal nas fêmeas são menos conhecidos dos que os impactos na produção de carne nos machos (SHOUP et al., 2017). A desnutrição materna antes ou durante a gestação ou durante a vida pós-natal precoce podem alterar a função reprodutiva da progênie. Os efeitos podem ser expressos em vários estágios de desenvolvimento, desde antes da concepção até o nascimento. Os efeitos exercidos em um estágio de desenvolvimento podem ser expressos mais tarde, mesmo que a influência nutricional já não esteja presente.

De acordo com Rhind (2004) apesar de os requisitos nutricionais do feto serem muito menores durante os estágios iniciais de desenvolvimento, a nutrição materna pode influenciar o desenvolvimento do sistema reprodutivo fetal em todos os estágios de desenvolvimento. Gallaher et al. (1998) mostraram que a subnutrição antes da concepção estava associada a perfis endócrinos alterados, especificamente o padrão de concentrações de IGF-1 (Insulin Growth Factor 1) no plasma fetal de ovinos em estágios posteriores do desenvolvimento fetal, como consequências potenciais para o desenvolvimento de órgãos reprodutivos da progênie.

A hiperplasia e a hipertrofia são os principais processos de desenvolvimento de tecidos. Os ovários do feto representam um tipo de tecido que alta proliferação celular (JUENGEL et al., 2002). Os tecidos do estroma e os vasos sanguíneos fornecem o apoio para desenvolvimento das gônadas, que inclui migração celular, organização e diferenciação (ROBINSON et al. 2001). Os tecidos estromais também expressam receptores de estrogênio, androgênio e progesterona, que provavelmente estão envolvidos na regulação do crescimento fetal do ovário (Juengel et al., 2002).

O crescimento e desenvolvimento de ovários fetal é regulado por numerosos fatores de origem fetal e materna incluindo FSH, LH, estrogênios, ativina, enzimas que controlam esteroidogênese, fator de diferenciação de crescimento, fator de crescimento epidérmico e muitas outras (PEPE et al., 2006). Além dos fatores sintetizados e secretados pelos órgãos fetais, o crescimento e a diferenciação dos ovários fetais podem ser afetados por fatores de origem materna. Demonstrou-se claramente que os fatores ambientais, incluindo a nutrição, podem afetar o crescimento, desenvolvimento e fisiologia na vida fetal e pós-natal dos mamíferos (FOWLER et al. 2008).

Em estudos com ovinos, alguns autores relatam impacto significativo da nutrição materna sobre a capacidade reprodutiva da progênie. Rae et al. (2001) relatam efeitos da desnutrição materna resultam em reduzidas taxas de ovulação em ovinos. Grazul-Bilska et al. (2009) observaram que ovelhas alimentadas com 60% das exigências do Nutrient Requirements

of Beef Cattle (NRC), impactou na redução na taxa de reprodução dos folículos primordiais do que os fetos de ovelhas alimentadas com 100% das exigências, segundo o NRC. O que segundo Funston et al. (2010) pode acarretar em um prejuízo na futura atividade folicular, na fertilidade e na longevidade reprodutiva.

Segundo autores como Long et al. (2010) e Nurmamat et al. (2011) a restrição nutricional materna pode ter influências a longo prazo sobre os níveis plasmáticos de progesterona na progênie, o que pode acarretar em prejuízos na vida reprodutiva da progênie. Martin et al. (2007) observaram que vacas suplementadas com proteína durante o último terço de gestação deram origem a novilhas que apresentaram maior taxa de parição, do que as novilhas filhas de vacas não suplementadas. Já Funston et al. (2008) relatam que a progênie de vacas não suplementadas com proteína durante a gestação apresentou menor porcentagem de animais púberes ao início da primeira estação reprodutiva. No mesmo sentido, Guzman et al. (2006) observaram que novilhas descendentes de vacas com restrição proteica durante a gestação apresentaram menor abertura pélvica e maior tempo para o primeiro estro do que as filhas de vacas suplementadas com proteína.

Algumas pesquisas demonstram que a suplementação das vacas durante a gestação, aumenta o peso ao desmame e a fertilidade das novilhas (STALKER et al., 2006; MARTIN et al., 2007). Funston et al. (2008) relatam maior peso ao desmame e menor idade a puberdade para novilhas filhas de vacas que receberam suplementação proteica durante a gestação. Martin et al. (2007) observaram efeito positivo da suplementação proteica na taxa de prenhez, porém não foi observado efeito significativo no peso ao desmame e na idade a puberdade.

Rhind (2004) afirma que as concentrações plasmáticas de insulina, IGF-1 e leptina aumentam com a melhor condição corporal da vaca (aumento da ingestão alimentar, aumento dos depósitos de gordura corporal) e diminuição com o baixo estado corporal (redução da ingestão alimentar, aumento da mobilização tecidual para sustentar a gestação). Eles demonstraram ter efeitos diretos ou indiretos na função das gônadas em animais adultos, além disso, estes hormônios estão presentes e ativos no cérebro. Ainda de acordo com os autores, coletivamente isso significa que eles têm potencial para influenciar a programação do cérebro feto e, em particular, o hipotálamo, com consequências para o desenvolvimento e função das gônadas. As concentrações circulantes de outros hormônios metabólicos, como hormônio do crescimento, cortisol, glucagon, prolactina também mudam com o estado nutricional. Embora estes não tenham sido diretamente relacionados com efeitos sobre a função e desenvolvimento das gônadas ou cerebral.

Rhind et al. (2001) afirmam que a puberdade e a eficiência produtiva podem ser alteradas pela disponibilidade de energia materna, pois a foliculogênese no feto bovino não é completada até o final da gestação. Em outra pesquisa Long et al. (2010) relataram que a progênie de ovelhas que sofreram restrição nutricional durante o meio da gestação teve reduzidas as concentrações de progesterona durante a fase lútea do seu ciclo estral. A progesterona apresenta papel fundamental na reprodução, segundo Ferreira (2002) a mesma atua na preparação do endométrio para a manutenção da prenhez, aumentando a atividade secretora das glândulas locais, auxilia no desenvolvimento do tecido secretor da glândula mamária, inibe o cio e o pico pré-ovulatório de LH.

Funston et al. (2010) afirmam que a dieta materna apresenta interferência no desenvolvimento dos tecidos reprodutivos da progênie. Rae et al. (2001) relatam que os efeitos da desnutrição materna resultam em reduzidas taxas de ovulação em ovinos. Grazul-Bilska et al. (2009) observaram que ovelhas alimentadas com 60% das exigências do NRC, impactou na redução na taxa de reprodução dos folículos primordiais do que os fetos de ovelhas alimentadas com 100% das exigências, segundo o NRC. O que segundo Funston et al. (2010) pode acarretar em um prejuízo na futura atividade folicular, na fertilidade e na longevidade reprodutiva. Ainda de acordo com Grazul-Bilska et al. (2009), esses resultados indicam que o plano de nutrição materna está envolvido na regulação da foliculogênese precoce e crescimento do tecido ovariano fetal. De fato, a restrição alimentar tende a suprimir a proliferação celular em folículos primordiais e vasos sanguíneos. Assim, os efeitos da restrição da dieta materna sobre o crescimento fetal parecem depender no nível e duração da restrição.

Segundo autores como Long et al. (2010) e Nurmatamat et al. (2011) a restrição nutricional materna pode ter influências a longo prazo sobre os níveis plasmáticos de progesterona na progênie, o que pode acarretar em prejuízos na vida reprodutiva. Martin et al. (2007) observaram que vacas suplementadas com proteína durante o último terço de gestação deram origem a novilhas que apresentaram maior taxa de parição, do que as novilhas filhas de vacas não suplementadas. Já Funston et al. (2008) relatam que a progênie de vacas não suplementadas com proteína durante a gestação apresentou menor porcentagem de animais púberes ao início da primeira estação reprodutiva.

No que diz respeito a suplementação proteica a vaca prenha a suplementação com 28% de proteína bruta ao final da gestação aumentou a probabilidade da progênie atingir a puberdade antes do primeiro ano de criação, quando comparado com a progênie de vacas que não receberam o suplemento (FUNSTON et al., 2010).

Dessa forma é possível afirmar que como relatado acima, um baixo plano nutricional durante a gestação pode acarretar prejuízos no desenvolvimento reprodutivo da progênie como: redução na taxa de reprodução dos folículos primordiais, prejuízo na futura atividade folicular, menor níveis plasmáticos de progesterona na progênie, menor taxa de parição, menor porcentagem de animais púberes ao início da primeira estação reprodutiva.

## 2.7 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BEZERROS NO RIO GRANDE DO SUL

No Rio Grande do Sul, as pastagens naturais são o principal recurso forrageiro para a produção de bovinos de corte, segundo Hasenack et al. (2007) cobrem uma área pastoril útil de 46,6% e em cerca de 90% das unidades produtivas de bovinos de corte do Rio Grande do Sul, os rebanhos são manejados exclusivamente neste ambiente (SEBRAE, SENAR e FARSUL, 2005). Dessa forma os sistemas de produção de cria no Rio Grande do Sul estão na grande maioria susceptíveis a variações climáticas, com influência na produção e disponibilidade de forragem aos animais, principalmente pela sazonalidade da produção forrageira das pastagens naturais, onde o período de maior produção forrageira é na estação quente, englobando as estações primavera e verão (PELLEGRINI et al., 2010). Os rebanhos de cria normalmente são mantidos em áreas de solos de menor fertilidade e, mantidos com alta carga animal, incompatível com capacidade de suporte da pastagem natural (QUADROS E LOBATO, 1996), ocasionando variação no peso e na condição corporal dos animais.

Os sistemas de produção de bovinos de corte no Rio Grande do Sul apresentam baixa eficiência econômica (SEBRAE, SENAR e FARSUL, 2005), resultando em idade elevada dos animais por ocasião do primeiro acasalamento, baixa taxa de natalidade e baixa repetição de prenhez das vacas, principalmente primíparas.

Segundo Du et al. (2010) no sistema de produção de bezerros nos Estados Unidos, períodos de seca, comum em muitas áreas produtoras no referido país, resultam em uma redução significativa na produção de forragem e devido à natureza sazonal da reprodução das vacas, as mesmas apresentam deficiência de nutrientes durante a gestação devido à pouca disponibilidade de forragem nas fazendas, devido à baixa qualidade da forragem e porque a suplementação nutricional raramente é usada durante o período inicial e metade da gestação (ENK et al., 2001; JENSEN et al., 2002).

Como discutido anteriormente, a deficiência nutricional das matrizes durante a gestação pode afetar o desenvolvimento do músculo esquelético fetal e influenciar o número de fibras

musculares e o grau de marmoreio. Portanto o estudo do impacto da variação do peso das matrizes durante o período de gestação nas características de desenvolvimento, carcaça, carne, corpo vazio e no desempenho reprodutivo da progênie, se faz necessário.

### **3. HIPÓTESE E OBJETIVOS**

#### **3.1 HIPÓTESE**

A perda de peso da vaca durante a gestação influencia negativamente o desenvolvimento corporal, as características de carcaça e carne, os componentes não carcaça e o desempenho reprodutivo da prole.

#### **3.2 OBJETIVO GERAL**

Avaliar os efeitos das variações de peso da vaca durante a gestação no desenvolvimento corporal, nas características de carcaça e carne, nos componentes não carcaça e no desempenho reprodutivo da prole.

#### **3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Estudar o peso ao nascer, sete, doze, dezoito e vinte e quatro meses de idade da prole de vacas com diferentes intensidades de variação de peso durante a gestação.

Avaliar os efeitos das diferentes intensidades de variação de peso da vaca durante a gestação nas características quantitativas da carcaça da prole masculina.

Avaliar as características da carne da prole masculina de vacas com diferentes intensidades de variação de peso da vaca durante a gestação.

Avaliar os efeitos das diferentes intensidades de variação de peso da matriz durante a gestação nos componentes não carcaça da prole masculina.

Estudar o desempenho reprodutivo da prole feminina de vacas com diferentes desempenhos durante a gestação.

#### **4. DESENVOLVIMENTO**

Essa tese foi desenvolvida na forma de artigos formatados conforme as normas do Manual de Dissertações e Teses, publicado em 2015, da Universidade Federal de Santa Maria.



## 4.1 CAPÍTULO I

### **Programação fetal: efeito da variação de peso da vaca gestante nos componentes não carcaça de novilhos**

**Resumo:** O objetivo do presente estudo é avaliar o impacto da variação de peso da vaca durante a gestação nos componentes não-integrantes da carcaça de novilhos abatidos aos vinte e quatro meses de idade. Foram utilizadas 255 vacas e sua prole masculina, terminados em confinamento aos 24 meses de idade. Os tratamentos foram definidos em função da classe de variação de peso vivo da matriz durante a gestação determinada como o percentual de variação do peso de cada matriz durante a gestação. Sendo os tratamentos: Ganho de peso (GA;  $n= 42$  animais): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM;  $n= 156$  animais): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS;  $n= 57$  animais): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação. Os maiores pesos de abate foram obtidos nos tratamentos GA e PM, 428 e 424 kg, respectivamente. O menor peso foi registrado no tratamento PS, 406 kg. O peso de carcaça fria foi maior nos tratamentos GA e PM, 231 e 228 kg, nessa ordem, do que no tratamento PS, 215 kg. O peso de corpo vazio (PCVZ) foi maior nos tratamentos GA (384 kg) e PM (383 kg) do que no tratamento PS (363 kg). Não foi verificada diferença no peso relativo dos órgãos internos coração, pulmão e fígado. O peso do baço foi influenciado significativamente, sendo obtidos pesos relativos de 0,36 e 0,34 kg/100 kg de PCVZ para PM e PS, nessa ordem e 0,29 kg/100 kg de PCVZ para o GA. O peso relativo de rins foi maior no PS (0,23 kg/100 kg do PCVZ) do que no GA (0,20 kg/100 kg PCVZ) e PM (0,21 kg/100 kg de PCVZ). A participação relativa do rúmen-retículo, abomaso e omaso não foram influenciados. Porém, o intestino em relação ao peso de corpo vazio foi maior no tratamento PS, 1,79 kg/100 kg de PCVZ, quando comparado ao PM, 1,59 kg/100 kg de PCVZ. A gordura cardíaca, inguinal, renal, ruminal, abomasal e intestinal não foram influenciadas. Foram obtidos pesos de gordura cardíaca de 0,05; 0,06 e 0,06 kg/100 kg de PCVZ para os tratamentos GA, PM e PS, nessa ordem. Com relação a participação das gorduras inguinal, renal foram obtidos valores médios de 0,70 e 1,27 kg/100 kg de PCVZ, respectivamente. O ganho de peso ou a perda moderada de peso de vacas de corte gestantes influencia positivamente o peso de abate e de carcaça fria da prole masculina. A perda de peso moderada e severa durante a gestação aumenta o peso relativo de baço da prole masculina. A participação de rins e intestino no peso de corpo vazio é maior na prole masculina de vacas gestantes que perderam peso de forma severa. A variação de peso da vaca durante a gestação não influencia a participação de gordura interna na prole masculina.

**Palavras-chave:** Gorduras internas. Nutrição fetal. Órgãos internos. Trato gastrointestinal.

#### **Introdução**

Estudos associando a nutrição fetal com o desempenho animal foram iniciadas recentemente. Muitos termos são utilizados para a denominação dessa linha de pesquisa incluindo programação fetal (BARKER E CLARK, 1997), programação neonatal (SPENCER,

et al., 2011), programação lactacional (HIND E CAPITANIO, 2010) e programação de desenvolvimento (REYNOLDS et al., 2010). Termos utilizados para definir um período de resposta do organismo do mamífero durante uma janela de desenvolvimento crítico na gestação, afetando o desenvolvimento da prole com efeitos persistentes (NATHANIELSZ et al. 2007).

Segundo Du et al. (2009) tanto a desnutrição quanto a supernutrição durante a gestação afetam o desempenho e o crescimento da prole. Greenwood e Cafe (2007) observaram que bovinos que sofreram severa restrição de nutrientes durante a gestação, produzem menores pesos corporais ao abate e menores pesos de carcaça quente. Portanto o desenvolvimento adequado do feto é importante para maximizar o crescimento potencial dos animais, tendo reflexos no desempenho futuro. Na fase fetal ocorre o desenvolvimento do músculo esquelético, não havendo nenhum aumento no número de fibras musculares após o nascimento (ZHU et al, 2004).

De acordo com Symonds et al. (2010), a formação dos órgãos do feto ocorre no início da gestação, uma das primeiras janelas críticas de desenvolvimento de órgãos em ruminantes refere-se ao período que abrange a fixação uterina, ou implante, e o crescimento rápido da placenta, seguido pelo estabelecimento da placenta e morfogênese do feto, onde ocorre a formação da circulação fetal e os sistemas de órgãos vitais. Ainda de acordo com os autores, mudanças na dieta materna em estágios definidos de gestação coincidentes com diferentes estágios de desenvolvimento fetal podem ter efeitos pronunciados sobre a função de órgãos e tecidos mais tarde na vida.

São poucos os estudos disponíveis na literatura que abordam os efeitos da programação fetal nos componentes não-integrantes da carcaça de bovinos. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é avaliar o impacto da variação de peso da vaca durante a gestação nos componentes não-integrantes da carcaça da prole, abatida aos vinte e quatro meses de idade.

## **Material e métodos**

### *Área experimental e animais*

Os dados utilizados são oriundos do rebanho experimental do Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria. O qual possui área total de 495 ha, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com altitude de 95 m, latitude 29° 43' Sul e longitude 53° 42' Oeste.

O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) conforme classificação de Köppen, a temperatura média anual varia de 14,3 a 25,2 °C, com temperaturas mínimas registradas 9,7°C

no mês de agosto e máximas de 29,9°C no mês de janeiro. A precipitação média anual é de 1650,9 mm (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (STRECK, 2008).

Foram utilizados dados coletados de 255 vacas de corte (idade média de  $5,96 \pm 2,25$  anos) e sua prole masculina, nascida entre os anos de 2002 a 2013, terminados em confinamento aos 24 meses de idade. A composição genética do rebanho estudado foi oriunda do cruzamento das raças Charolês e Nelore.

#### *Tratamentos*

Os tratamentos estudados foram definidos em função da classe de variação de peso vivo da matriz durante a gestação determinada como o percentual de variação do peso de cada matriz durante a gestação em relação ao peso que a mesma apresentava ao final do período de reprodução. Sendo os tratamentos: Ganho de peso (GA;  $n= 42$  animais): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM;  $n= 156$  animais): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS;  $n= 57$  animais): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação.

Na Tabela 1, são apresentados os dados referentes ao desempenho das vacas durante a gestação.

Tabela 1 – Pesos e variação de peso de vacas de corte durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>		
	GA	PM	PS
Peso final da reprodução, kg	397	424	428
Peso ao parto, kg	409	400	352
Variação de peso, kg	14,1	-29,9	-84,6
Ganho de peso, kg dia <sup>-1</sup>	0,053	-0,124	-0,388

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação.

### *Manejo do rebanho*

A composição do rebanho de cria da fazenda foi estável com aproximadamente 240 vacas de cria. Todas receberam manejo sanitário e alimentar semelhantes, sem distinção entre categorias. A alimentação do rebanho foi a base de pastagem natural e sal mineral (80 g kg<sup>-1</sup> de fósforo) a vontade. As vacas permaneceram em uma área de 324 ha, com taxa de lotação média de 333 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo, o que representa 0,74 unidade animal por hectare, estando dentro da recomendação de manejo para pastagens naturais no Bioma Pampa, 350 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo (NABINGER et al., 2009). A pastagem natural foi caracterizada pela dominância de espécies de hábito de crescimento cespitoso como *Erianthus angustifolius* e *Andropogon lateralis* que dão aspecto a fisionomia da pastagem, além de espécies como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* e *Desmodium incanum*. A área experimental foi caracterizada também pela presença considerável da gramínea invasora *Eragrostis plana* Nees, que é conhecida por seu baixo valor nutricional e hábito de crescimento e colonização muito agressivos. Mais informações sobre o sistema produtivo e da pastagem natural utilizadas na fazenda, estão disponíveis em Alves Filho et al. (1998), Cerdotes et al. (2004) e Silveira et al. (2014).

Todos os bezerros foram desmamados precocemente com idade média de 75 dias e recriados, em pastagem tropical (*Pennisetum purpureum*, *Pennisetum americanum* ou Tifton 85), recebendo a quantidade de 1% do peso corporal de ração (base em matéria seca) com teor de proteína bruta de 18%. Durante o primeiro inverno os novilhos foram recriados em pastagem de *Avena strigosa* e *Lolium multiflorum*, manejado com taxa de lotação média de 800 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo. Após o período de recria os animais foram mantidos em pastagem nativa, com composição botânica e carga animal semelhante à qual é manejada as matrizes, recebendo suplementação mineral até a entrada na terminação em confinamento.

### *Manejo reprodutivo*

A estação de monta é compreendida entre os dias 01 de dezembro a 01 de março, independentemente da categoria de matrizes. Composta por 45 dias de inseminação artificial e 45 dias de repasse através de monta natural, com a utilização de 4% de touros. Por consequência, o período de parição ocorre entre os dias, 15 de setembro a 7 de dezembro. Após o parto, vaca e bezerro são conduzidos ao centro de manejo, para realização da pesagem e identificação do bezerro e pesagem e avaliação do escore de condição corporal da matriz, realizada por avaliadores treinados.

### *Abate e análises de corpo vazio*

A prole masculina após o período de engorda em confinamento seguiu o mesmo protocolo de abate e mensuração dos componentes da carcaça. Para a obtenção do peso de fazenda os animais foram submetidos a jejum de sólidos e líquidos por quatorze horas. Posteriormente foram carregados para abate em frigorífico comercial, seguindo os procedimentos e fluxo normal de abate do estabelecimento.

Durante o abate, todas as partes do corpo do animal foram separadas e pesadas individualmente, e consistiram de: conjunto de componentes externos – cabeça, patas, orelhas, vassoura da cauda e couro; conjunto de órgãos vitais – pulmão, fígado, rins, coração e baço; conjunto do trato gastrintestinal vazio: rúmen-retículo, omaso, abomaso, intestinos (grosso + delgado); conjunto de gorduras do trato gastrintestinal; conjunto de gorduras cardíaca, pélvica e renal; gordura de toalete; e sangue. Antes de serem encaminhadas à câmara de resfriamento, as duas meias-carcaças foram identificadas e pesadas, obtendo-se o peso de carcaça quente. Pelo somatório do peso de carcaça quente, sangue e de todos os componentes agrupados conforme citado anteriormente foi obtido o peso de corpo vazio (PCVZ).

Após o período de resfriamento das carcaças por 24 horas em temperatura oscilando entre 0 e 1°C, foram novamente pesadas para obtenção do peso de carcaça fria e determinação dos rendimentos de carcaça fria, referente ao peso de corpo vazio.

### *Análises estatísticas*

Os dados primeiramente foram submetidos ao teste *t* student, utilizando como critério de exclusão de observações acima de 2 e abaixo de -2 para a identificação de outliers. Posteriormente foram submetidos a teste de normalidade, pelo teste Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. As variáveis foram submetidas à análise de modelos mistos, em nível de significância de 5% utilizando o procedimento MIXED (Statistical Analysis System, SAS Studio University Edition, versão 3.5), utilizando-se o Ano como efeito aleatório (*random*) e como covariável a ordem de nascimento dentro de cada estação de parição. As covariáveis idade da vaca ao parto e grupo genético foram testados quanto sua influência nos dados e retirados por não apresentarem efeitos significativos. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância. O modelo matemático adotado foi:

$$\gamma_{ijk} = \mu + T_j + A + OP + r(T) + \epsilon_{jk}$$

Onde:  $\gamma_{jk}$  = variáveis dependentes;  $\mu$  = média de todas as observações;  $T_j$  = efeito do  $j$ -ésimo tratamento;  $A$  = ano de coleta dos dados;  $OP$  = ordem de nascimento da prole;  $\epsilon_{jk}$  = erro aleatório residual.

## Resultados

O peso de abate foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 2). Os maiores valores foram obtidos nos tratamentos GA e PM, 428 e 424 kg, respectivamente, enquanto o menor peso foi registrado no tratamento PS, 406 kg. Seguindo a mesma tendência, o PCF foi maior nos tratamentos GA e PM, 231 e 228 kg, do que no PS, 215 kg. O PCVZ foi influenciado pelo desempenho materno durante a gestação, sendo obtidos pesos de 384 kg para GA, 383 para PM e 363 para o PS. A relação PCVZ/PAB foi de 0,87 para os tratamentos GA e PM e 0,86 para o PS, não sendo verificadas diferenças significativas.

Tabela 2 - Peso de abate, carcaça fria, corpo vazio, rendimento de carcaça fria e relação peso de corpo vazio/peso de abate da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de $P^2$
	GA	PM	PS	
Peso de abate, kg	428 <sup>a</sup> ± 7,08 <sup>3</sup>	424 <sup>a</sup> ± 5,39	406 <sup>b</sup> ± 7,20	0,01
Peso de carcaça fria, kg	231 <sup>a</sup> ± 3,95	228 <sup>a</sup> ± 2,81	215 <sup>b</sup> ± 4,04	0,004
Peso de corpo vazio, kg	384 <sup>a</sup> ± 11,80	383 <sup>a</sup> ± 9,50	363 <sup>b</sup> ± 11,33	0,05
RCF, % PCVZ	63,1 ± 0,62	62,7 ± 0,55	62,2 ± 0,69	0,31
PCVZ/PAB	0,87 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,86 ± 0,01	0,25

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação;

<sup>2</sup> $P \leq 0,05$  diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão.

Não foi verificada diferença significativa no peso relativo de coração, pulmão e fígado (Tabela 3). Foi obtido em média para todos os tratamentos peso de 0,41; 1,18 e 1,54 kg/100 kg de PCVZ para coração, pulmão e fígado, respectivamente.

A participação de baço foi influenciado significativamente, os animais filhos de vacas que perderam peso durante a gestação (0,34 e 0,36 kg/100 kg de PCVZ para PM e PS, nessa ordem) apresentaram maior peso do que a prole de vacas ganharam peso (0,29 kg/100 kg de PCVZ para o tratamento GA). A participação relativa de rins foi maior no PS (0,23 kg/100 kg do PCVZ) do que no GA (0,20 kg/100 kg PCVZ) e PM (0,21 kg/100 kg de PCVZ). O total de órgãos internos e sangue não diferiu entre os tratamentos, sendo obtida participação igual para todos os tratamentos de 3,7 kg/100 kg de PCVZ. Com relação ao sangue foram obtidos valores de 2,8; 2,8; 2,7 kg/100 kg de PCVZ para os tratamentos GA, PM e PS, respectivamente.

Tabela 3 - Peso relativo de órgãos internos e sangue da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
Coração, kg/100 kg de PCVZ	0,40 ± 0,01 <sup>3</sup>	0,41 ± 0,01	0,43 ± 0,02	0,26
Rins, kg/100 kg de PCVZ	0,20 <sup>b</sup> ± 0,006	0,21 <sup>b</sup> ± 0,002	0,23 <sup>a</sup> ± 0,06	0,02
Pulmão, kg/100 kg de PCVZ	1,17 ± 0,05	1,20 ± 0,04	1,18 ± 0,05	0,72
Fígado, kg/100 kg de PCVZ	1,55 ± 0,05	1,53 ± 0,04	1,54 ± 0,05	0,81
Baço, kg/100 kg de PCVZ	0,29 <sup>b</sup> ± 0,01	0,34 <sup>a</sup> ± 0,01	0,36 <sup>a</sup> ± 0,01	0,0004
Órgãos Int., kg/100 kg de PCVZ	3,7 ± 0,08	3,7 ± 0,06	3,7 ± 0,08	0,60
Sangue, kg/100 kg de PCVZ	2,8 ± 0,14	2,8 ± 0,12	2,7 ± 0,14	0,63

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação;

<sup>2</sup>P ≤ 0,05 diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM = erro padrão.

O efeito na variação de peso da vaca durante a gestação sobre os pesos relativos do trato gastrointestinal da prole é apresentado na Tabela 4. O rúmen-retículo, abomaso e omaso não foram influenciados. Foi obtida participação média de rúmen-retículo de 1,74; 1,71 e 1,74 kg/100 kg de PCVZ para os tratamentos GA, PM e PS, respectivamente. Para o abomaso os pesos foram de 0,36; 0,35; 0,36 kg/100 kg de PCVZ para GA, PM e PS, nessa ordem.

O peso de intestino foi influenciado pelo desempenho da vaca durante a vida intrauterina da prole. O maior peso foi verificado no tratamento PS, 1,79 kg/100 kg de PCVZ, quando comparado ao PM, 1,59 kg/100 kg de PCVZ, já o GA não diferiu dos demais tratamentos (1,70

kg/100 kg de PCVZ). Não foi observada diferença significativa na participação total do trato digestivo no peso de corpo vazio, sendo observados valores de 4,8; 4,7; 4,8 kg/100 kg de PCVZ para os tratamentos GA, PM e PS, nessa ordem.

Tabela 4 - Peso relativo do trato digestivo da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
Rúmen-retículo, kg/100 kg de PCVZ	1,74 ± 0,04 <sup>3</sup>	1,71 ± 0,05	1,74 ± 0,03	0,60
Omaso, kg/100 kg de PCVZ	1,10 ± 0,07	1,19 ± 0,05	1,13 ± 0,06	0,14
Abomaso, kg/100 kg de PCVZ	0,36 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,50
Intestinos, kg/100 kg de PCVZ	1,70 <sup>ab</sup> ± 0,13	1,59 <sup>b</sup> ± 0,10	1,79 <sup>a</sup> ± 0,14	0,04
Trato digestivo, kg/100 kg de PCVZ	4,8 ± 0,19	4,7 ± 0,15	4,8 ± 0,18	0,30

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P ≤ 0,05 diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM = erro padrão.

As gorduras internas não foram influenciadas pelos tratamentos estudados (Tabela 5). Foram obtidos pesos de gordura cardíaca de 0,05; 0,06 e 0,06 kg/100 kg de PCVZ para os tratamentos GA, PM e PS, nessa ordem. Com relação a participação das gorduras inguinal, renal foram obtidos valores médios de 0,70 e 1,27 kg/100 kg de PCVZ, respectivamente. A participação das gorduras ruminal, abomasal e intestinal no PCVZ não foram diferentes estatisticamente.



Tabela 5 - Composição de gorduras internas da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
Cardíaca, kg/100 kg de PCVZ	0,05 ± 0,005 <sup>3</sup>	0,06 ± 0,005	0,06 ± 0,003	0,89
Inguinal, kg/100 kg de PCVZ	0,74 ± 0,04	0,70 ± 0,03	0,66 ± 0,04	0,19
Renal, kg/100 kg de PCVZ	1,25 ± 0,14	1,31 ± 0,11	1,25 ± 0,12	0,74
Ruminal, kg/100 kg de PCVZ	1,20 ± 0,08	1,18 ± 0,06	1,12 ± 0,08	0,57
Abomasal, kg/100 kg de PCVZ	0,51 ± 0,02	0,47 ± 0,01	0,48 ± 0,02	0,24
Intestinal, kg/100 kg de PCVZ	1,83 ± 0,12	1,71 ± 0,10	1,83 ± 0,12	0,17
Gordura total, kg/100 kg de PCVZ	6,0± 0,29	5,7± 0,23	5,7± 0,28	0,39

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P≤0,05diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão.

## Discussão

Os resultados obtidos de peso de abate permitem a reflexão de que a perda de peso mais acentuada da vaca durante a gestação, como visualizado no tratamento PS (-76,88 kg) influenciou de forma negativa o desenvolvimento das células musculares durante o período fetal, acarretando em prejuízos durante a vida pós-natal. A análise inversa também é possível, pois os novilhos filhos de vacas que apresentaram ganho ou até mesmo uma perda de peso moderada durante a gestação, como no caso dos tratamentos GA (+10,68 kg) e PM (-29,39 kg), apresentaram maior peso de abate e de carcaça fria.

O que está de acordo com a literatura, pois segundo Du et al. (2010) a restrição nutricional da vaca durante a gestação reduz a miogênese, diminui o número de fibras musculares e a massa muscular da prole. Ainda de acordo com os autores, existem duas ondas de formação de fibras musculares, as miofibras primárias se formam durante o estágio inicial de miogênese no desenvolvimento embrionário, chamada também de primeira onda de miogênese, entre o primeiro e terceiro mês de gestação. Já as miofibras secundárias são formadas durante a segunda onda de miogênese no estágio fetal, do terceiro ao sétimo mês de gestação e contabiliza a maioria das fibras musculares esqueléticas.

Era esperado que o PCVZ seguisse o mesmo comportamento visualizado para PA e PCF, uma vez que diversos autores relatam em seus estudos uma alta correlação entre PAB e PCV (KUSS et al., 2009; CATTELAN et al., 2011; MACHADO et al., 2018). No presente estudo verificou-se diferença de 21 kg do GA frente ao PS e de 20 kg do PM em comparação ao PS, o que refletiu na equidade da relação PCVZ/PAB.

O RCF não foi alterado em função dos tratamentos estudados. Os resultados apresentados demonstram que concomitantemente ao aumento do peso de carcaça dos tratamentos GA e PM, ocorre proporcional aumento dos componentes não carcaça, não alterando o rendimento de carcaça em função do peso de corpo vazio.

Em decorrência da função que cada órgão apresenta no metabolismo, o resultado semelhante entre os pesos do coração e pulmão é justificado pela função que exercem no metabolismo, sendo o coração responsável por bombear o sangue oxigenado dos pulmões para corpo do animal, uma vez que o volume relativo de sangue foi semelhante entre os tratamentos.

Já no caso do fígado, que apresenta alta taxa metabólicas por participarem ativamente do metabolismo dos nutrientes (OWENS et al., 1993), sendo, portanto responsivo a circulação de nutrientes, poderia ser esperado maior peso do órgão nos tratamentos GA e PM em função do maior peso de abate nos referidos tratamentos. Os resultados indicam que animais com nutrição prejudicada durante a fase fetal (PM e PS) no caso do baço e em maior intensidade (PS) no caso dos rins, apresentaram maior atividade funcional do que os animais que as vacas ganharam peso durante a gestação. Os rins, entre outras funções, atuam na filtração do sangue eliminando substâncias nocivas ao organismo. Já o baço é um órgão que atua no sistema imunológico do animal, produzindo anticorpos e linfócitos. Dessa forma é possível afirmar que a nutrição prejudicada durante a gestação estimula o maior desenvolvimento do sistema imunológico do feto na vida pós-natal.

Cabe ressaltar que a magnitude dos resultados obtidos estão dentro do relatado na literatura para animais terminados em confinamento e de idade e composição racial similares (MACHADO et al. 2018; CATTELAN et al. 2011; MENEZES et al. 2011).

A formação dos órgãos do feto ocorre no início da gestação, segundo Symonds et al. (2010) uma das primeiras janelas críticas de desenvolvimento de órgãos em ruminantes refere-se ao período que abrange a fixação uterina, ou implante, e o crescimento rápido da placenta, seguido pelo estabelecimento da placenta e morfogênese do feto, onde ocorre a formação da circulação fetal e os sistemas de órgãos vitais. Dessa forma, a restrição nutricional da vaca no início da gestação apresenta impacto significativo na formação dos órgãos internos da prole.

Segundo Symonds et al. (2010) mudanças na dieta materna em estágios definidos de gestação coincidentes com diferentes estágios de desenvolvimento fetal podem ter efeitos pronunciados sobre a função de órgãos e tecidos mais tarde na vida. O uso da energia disponível ao animal apresenta diferentes ordens de prioridade em relação a sua utilização, sendo em ordem decrescente o metabolismo basal, atividades, crescimento, reservas de energia, gestação, lactação, reservas energéticas adicionais e por último o ciclo estral (SHORT et al. 1990).

Long et al. (2009) ao estudarem os efeitos da restrição alimentar dos 30 aos 125 dias de gestação em vacas de corte, observaram que vacas que sofreram restrição alimentar (68% de energia metabolizável e 87% das demandas de proteína bruta, segundo NRC) durante o referido período produziram fetos com menor peso de cérebro e coração do que fetos produzidos por vacas tendo suas necessidades supridas durante a gestação. Os autores não relatam influência do plano nutricional das vacas gestantes no peso de órgãos dos fetos como: pulmão, fígado, pâncreas e rins.

A não existência de diferenças na participação de rúmen-retículo e abomaso (Tabela 4), pode ser justificado pela equidade nas dietas entre os tratamentos, resultando em semelhante aporte de nutrientes. O aumento de peso do abomaso está associado ao maior consumo de nutrientes, uma vez que o mesmo participa ativamente da digestão e absorção (FERREIRA et al., 2000). Por outro lado, Missio et al. (2013) ao estudarem o efeito de diferentes pesos de abate nos componentes do corpo vazio de vacas de descarte, relatam aumento linear no peso do rúmen-retículo com o aumento no peso de abate. Ao que os autores justificam como sendo uma resposta ao aumento no consumo de energia para atender as exigências nutricionais para depósitos dos tecidos corporais.

As diferenças visualizadas no peso relativo de intestino, pode ser atribuído ao menor peso de PCVZ do tratamento PS. De acordo com Ferrell (1976) os maiores pesos destes compartimentos estão associados ao maior consumo de alimentos e ao maior aporte de nutrientes, já que os mesmos participam ativamente da digestão e absorção, o que pode ser atribuído a uma adaptação dos animais que passaram por restrição nutricional mais acentuada durante a gestação, aumentando a eficiência na utilização de alimentos.

O omaso apresenta função de absorção de água e realiza seleção do material que entra no abomaso, retendo a porção mais fibrosa (VAN SOEST, 1994). Assim, não era esperado que houvesse diferenças significativas entre os tratamentos estudados, uma vez que a dieta ofertada aos animais foi a mesma. Segundo Rohr e Daenicke (1984) o trato gastrointestinal é

principalmente influenciado por fatores como raça, peso corporal e estado fisiológico do animal, tipo de dieta e número de horas em jejum pré-abate que os animais são submetidos.

As gorduras cardíacas, inguinal, renal, ruminal, abomasal e intestinal foram semelhantes nos tratamentos estudados, assim como o total de gorduras internas. Era esperado que os animais dos tratamentos GA e PM, por apresentarem maior peso de abate, apresentassem maior quantidade de gordura interna do que os animais do tratamento PS. Tal similaridade na quantidade de gordura interna colaborou para a equidade dos resultados de rendimento de carcaça. Pois segundo Missio et al. (2013), a quantidade de gordura interna está relacionada negativamente com o rendimento da carcaça, visto que, a gordura interna em excesso é contabilizada no peso de abate, não agregando peso à carcaça após ser retirada, diminuindo assim a participação da carcaça frente ao peso de abate.

Existe uma teoria baseada na ideia de que animais que sofreram restrição nutricional durante a fase fetal estariam mais susceptíveis a obesidade do que animais nutridos adequadamente. Segundo Greenwood et al. (2010) acredita-se que fetos após uma restrição nutricional durante a gestação, tenham a capacidade de adaptação metabólica a ambientes pós-natal restrito. Hales et al. (2001) denominaram de “fenótipo poupador”, ou seja, a nutrição fetal deficitária estabelece mecanismos de treinamento de economia nutricional, que tem um impacto diferenciado no crescimento de órgãos, alterando permanentemente a estrutura e função do corpo. No presente estudo, ao abate aos 24 meses de idade, a prole de vacas que ganharam peso durante a gestação (GA) apresentou equivalente quantidade de gordura interna do que a prole de vacas que perderam peso em diferentes intensidades (PM e PS) durante a gestação.

## **Conclusões**

O ganho de peso ou a perda moderada de peso de vacas de corte gestantes influencia positivamente o peso de abate e de carcaça fria da prole masculina.

A perda de peso moderada e severa durante a gestação aumenta o peso relativo de baço da prole masculina.

A participação de rins e intestino no peso de corpo vazio é maior na prole masculina de vacas gestantes que perderam peso de forma severa.

A variação de peso da vaca durante a gestação não influencia a participação de gordura interna na prole masculina.

## **Referências**

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J. Variação anual do peso e estado corporal de vacas de corte de diferentes grupos genéticos-I. Vacas paridas e com prenhez positiva na sequência. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 19, n. 1, p. 54-59, 1998.

BARKER, D. J. P.; CLARK, L. P.; PHILLIPA M. Fetal under nutrition and disease in later life. **Reviews of Reproduction**, v.2, n.2, p.105-112, 1997.

CATTELAM, J. et al. Órgãos internos e trato digestório de novilhos superprecoces não castrados ou castrados, de dois grupos genéticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 5, p. 1167-1174, 2011.

CERDÓTES, L. et al. Produção e composição do leite de vacas de quatro grupos genéticos submetidas a dois manejos alimentares no período de lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 610-622, 2004.

DU, M. et al. Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. **Biology of Reproduction**, v.82, p.4-12, 2009.

DU, M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, v.88, p.E51-E60, 2010.

FERRELL, C.L.; GARRETT, W.N.; HINMAN, N. Estimation of body composition in pregnant and non pregnant heifers. **Journal of Animal Science**, v.42, p.1158-1166, 1976.

GREENWOOD, P.L.; THOMPSON, A.N.; FORD, S.P. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. GREENWOOD, P.L. et al. (ed.). **Managing the prenatal environment to handle livestock productivity**. Dordrecht: Springer Science and Business Media B.V., 2010.

HALES, C. N.; BARKER, D. J. The thrifty phenotype hypothesis: Type 2 diabetes. **British Medical Bulletin**, v.60, n.1, p.5-20, 2001.

HINDE, K.; CAPITANIO, J. P. Lactational programming: Mother's milk energy predicts infant behavior and temperament in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). **American Journal of Primatology**, v.72, p.522-529, 2010.

KUSS, F. et al. Componentes não-integrantes da carcaça de novilhos não-castrados ou castrados terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1829-1836, 2008.

KUSS, F. et al. Características da carcaça de novilhos não-castrados ou castrados terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.3, p.515-522, 2009.

LONG, N. M. et al. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placentomal composition in the bovine. **Journal of Animal Science**, v.87, n.6, p.1950-1959, 2009.

LONG, N.M. et al. The impact of early to mid-gestational nutrient restriction on female offspring fertility and hypothalamic pituitary-adrenal axis response to stress. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2029–2037, 2010.

MACHADO, D. S. et al. Componentes não carcaça de novilhos de corte submetidos à castração cirúrgica ou imunológica. **Ciência Animal Brasileira**, v.19, p.1-16, 2018.

MENEZES, L. F. et al. Características dos componentes não integrantes da carcaça de novilhos superjovens da raça Devon, terminados em diferentes sistemas de alimentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p.372-381, 2011.

MISSIO, R.L. et al. Componentes do corpo vazio de vacas da raça Purunã abatidas com pesos distintos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, 2013.

NABINGER, C. et al. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V.P. et al. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**, Brasília: MMA, 2009, 403 p.

NATHANIELSZ, P.W.; POSTON, L.; TAYLOR, P.D. In útero exposure to maternal obesity and diabetes: animal models that identify and characterize implications for future health. **Clinics in Perinatology**, v.34, n.4, p.515-526, 2007.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71; p.3138-3150, 1993.

ROHR, K. R.; DAENICKE, R. Nutritional effects on the distribution of live weight as gastrointestinal tract fill and tissue components in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 38, n. 3, p. 753-765, 1984.

SAATH, K.C.O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil. **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**, v.56, n.2, p. 195-212, 2018.

SILVEIRA, M.F. et al. Suplementação com gordura protegida para vacas de corte desmamadas precocemente mantidas em pastagem natural. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 809-817, 2014.

SHORT, R.E. et al. Physiological mechanisms controlling estrus and infertility in post partum beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p. 799-816, 1990.

SPENCER, S. J.; GALIC, M. A.; PITTMAN, Q. J. Neonatal programming of innate immune function. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v.300, n.1, p.E11-E18, 2011.

STRECK, E. V. et al. 2008. Solos do Rio Grande do Sul. p.222. UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia.

SYMONDS, M.E.; SEBERT, S.P.; BUDGE, H. Nutritional regulation of fetal growth and implications for productive life in ruminants. **Animal**, v.4, n.7, p.1075-1083, 2010.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University, 1994. 476p.

WALLACE, L. R. The growth of lambs before and after birth in relation to the level of nutrition. **The Journal of Agricultural Science**, v. 38, n. 3, p. 243-302, 1948.

ZHU, M. J. et al. Effect of maternal nutrient restriction in sheep on the development of fetal skeletal muscle. **Biology of Reproduction**, v.71, p.1968–1973, 2004.

## 4.2 CAPITULO II

### **Programação fetal: reflexo da variação de peso da vaca, sob pastagem natural durante a gestação, nas características de carcaça e carne de novilhos**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o impacto da variação de peso da vaca durante a gestação no desempenho produtivo da prole masculina abatida aos 24 meses de idade. Foram utilizados dados coletados de 309 vacas de corte e sua prole, nascidos entre os anos de 2002 a 2013. Os tratamentos avaliados foram determinados de acordo com a variação de peso da matriz durante a gestação, expresso em porcentagem do peso vivo da vaca no final do período de reprodução. Os tratamentos: Ganho de peso (GA;  $n= 49$  animais): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM;  $n= 191$  animais): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS;  $n= 69$  animais): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação. O peso ao nascer foi semelhante para todos os tratamentos (31,47; 32,41; 33,82 kg para GA, PM e PS, respectivamente). Aos 210 e aos 365 dias de idade os animais do tratamento GA (135,26 e 211,67 kg) e PM (128,89 e 210,98 kg) apresentaram maior peso do que os animais do PS (119,25 e 197,27 kg). Os pesos de abate e de carcaça quente foram maiores nos animais GA (434 e 240 kg) e PM (433 e 238 kg) do que em relação aos animais do PS (407 e 223 kg). O GA e PM apresentaram carcaças com maior compactidade ( $1,90 \text{ kg cm}^{-1}$ ) que o tratamento PS ( $1,80 \text{ kg cm}^{-1}$ ). Não houve influência dos tratamentos estudados nos pesos relativos e absolutos de órgãos internos, sangue, componentes externos, trato digestivo e gordura. A participação relativa de traseiro, dianteiro, costilhar, músculo, gordura e osso não diferiram entre os tratamentos. O tratamento GA apresentou maior AOL,  $63,8 \text{ cm}^2$ , do que o tratamento PS,  $58,8 \text{ cm}^2$ . O maior grau de marmoreio foi obtido no GA (4,2 pontos), sendo obtidos valores intermediários para o PM (3,7 pontos) e menores valores para o PS (3,3 pontos). A espessura de gordura subcutânea foi semelhante entre os tratamentos. As características sensoriais da carne não foram influenciadas pela variação de peso da vaca durante a gestação. O ganho ou a perda moderada de peso da vaca durante a gestação aumenta o peso da prole masculina aos 210 e 365 dias de idade, ao abate, além de produzir carcaças com maior compactidade e peso. O ganho de peso da vaca durante a gestação aumenta o grau de marmoreio na carne e a área de *Longissimus dorsi* da prole masculina.

**Palavras-chave:** Área de *Longissimus dorsi*. Gordura. Musculo. Marmoreio.

#### **Introdução**

Existem diversas pesquisas que apontam os efeitos a curto e a longo prazo da nutrição materna durante o período fetal no desenvolvimento pós-natal (DU et al., 2010; YAN et al., 2013). Originalmente o conceito de programação fetal foi desenvolvido a partir de pesquisas em humanos, os quais apontavam as causas do baixo peso ao nascer e o aumento na incidências de doenças em adultos à má nutrição durante o período fetal, além de aumento a predisposição a diabetes e obesidade (DU et al., 2010; ZHU et al., 2006).



Estudos disponíveis mostram que a nutrição materna pode afetar o desenvolvimento do músculo esquelético fetal, exercendo efeitos em longo prazo sobre o desempenho de crescimento da prole (DU et al., 2009; FUNSTON et al., 2010). Segundo Du et al. (2015) bezerros filhos de vacas que sofreram restrição alimentar durante a gestação, terão proles com inferior capacidade de produção de carne.

De acordo com Funston et al. (2010), a desnutrição da vaca durante os estágios iniciais do desenvolvimento fetal não afeta o mesmo, em virtude da limitada exigência de nutrientes pelo feto para o crescimento e desenvolvimento durante a primeira metade da gestação. O que fica evidenciado pelo fato de que 75% do crescimento fetal ocorre durante os dois últimos meses de gestação. Segundo DU et al. (2010), existem duas ondas de formação de fibras musculares, as miofibras primárias se formam durante o estágio inicial de miogênese, também chamada de primeira onda de miogênese, entre o primeiro e terceiro mês de gestação. Já a miofibras secundárias são formadas durante a segunda onda de miogênese no estágio fetal, do terceiro ao sétimo mês de gestação e contabiliza a maioria das fibras musculares esqueléticas.

Normalmente, em sistemas de produção de bezerros, as vacas de cria são mantidas extensivamente em pastagens de menor qualidade nutricional e em área de solo de menor fertilidade. As pastagens naturais apresentam características sazonais de produção, pela marcada sazonalidade das temperaturas em determinadas épocas do ano que diminuem a taxa de crescimento do pasto, períodos esses que coincidem com o terço médio e final da gestação das vacas, o que impacta diretamente no status nutricional, resultando em nutrição inferior aos requerimentos nutricionais exigidos por essa categoria, e variação de peso da matriz pela crescente necessidade nutricional demandada pelo feto e a consequente mobilização de reservas.

Sendo assim, é relevante a realização de pesquisas que abordem os efeitos da programação fetal ao longo da vida produtiva dos animais em sistemas produtivos nacionais, porém ainda são escassos na literatura estudos que investiguem tais efeitos em sistemas extensivos de criação, onde a base alimentar dos animais sejam pastagens naturais.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo é investigar os efeitos da variação positiva ou negativa no peso de vacas gestantes mantidas em pastagem natural, no desenvolvimento e nas características de carcaça e carne da prole.

## **Material e métodos**

### *Área experimental e animais*

Os dados utilizados são oriundos do rebanho experimental do Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria. O qual possui área total de 495 ha, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com altitude de 95 m, latitude 29° 43' Sul e longitude 53° 42' Oeste.

O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) conforme classificação de Köppen, a temperatura média anual varia de 14,3 a 25,2 °C, com temperaturas mínimas registradas 9,7°C no mês de agosto e máximas de 29,9°C no mês de janeiro. A precipitação média anual é de 1650,9 mm (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (STRECK, 2008), apresentando relevo levemente ondulado, com solos profundos e texturas superficiais arenosas, bem drenados e naturalmente ácidos.

Foram utilizados dados coletados de 309 vacas de corte (idade média de  $5,96 \pm 2,25$  anos) e sua prole masculina, nascidos entre os anos de 2002 a 2013, terminados em confinamento aos 24 meses de idade. A composição genética do rebanho estudado foi oriunda do cruzamento das raças Charolês e Nelore.

### *Tratamentos*

Os tratamentos estudados foram definidos em função da classe de variação de peso vivo da matriz durante a gestação determinada como o percentual de variação do peso (expresso em porcentagem) de cada matriz durante a gestação em relação ao peso que a mesma apresentava ao final do período de reprodução. Sendo os tratamentos: Ganho de peso (GA;  $n= 49$  animais): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM;  $n= 191$  animais): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS;  $n= 69$  animais): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação. Na Tabela 1, é apresentada a distribuição dos partos dos tratamentos de acordo com o subperíodo de parição.

Tabela 1- Pesos, variação de peso e distribuição dos partos (%) dentro da época de parição de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Subépoca	Tratamento <sup>1</sup>		
	GA	PM	PS
----- <i>Desempenho na gestação</i> -----			
Peso final da reprodução, kg	397	424	428
Peso ao parto, kg	409	400	352
Variação de peso, kg	14,1	-29,9	-84,6
Variação de peso, kg dia <sup>-1</sup>	0,053	-0,124	-0,388
----- <i>Distribuição dos partos</i> -----			
Setembro (1° ao 30° dia)	3	10	35
Outubro (31° ao 61° dia)	11	22	42
Novembro (62° ao 90° dia)	86	69	24

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação.

### *Manejo do rebanho*

A composição do rebanho de cria da fazenda foi estável com aproximadamente 240 vacas de cria. Todas receberam manejo sanitário e alimentar semelhantes, sem distinção entre categorias. A alimentação do rebanho foi a base de pastagem natural e sal mineral (80 g kg<sup>-1</sup> de fósforo) a vontade. As vacas permaneceram em uma área de 324 ha, com taxa de lotação média de 333 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo, o que representa 0,74 unidade animal por hectare, estando dentro da recomendação de manejo para pastagens naturais no Bioma Pampa, 350 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo (NABINGER et al., 2009). A pastagem natural foi caracterizada pela dominância de espécies de hábito de crescimento cespitoso como *Erianthus angustifolius* e *Andropogon lateralis* que dão aspecto a fisionomia da pastagem, além de espécies como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* e *Desmodium incanum*. A área experimental foi caracterizada também pela presença considerável da gramínea invasora *Eragrostis plana* Nees, que é conhecida por seu baixo valor nutricional e hábito de crescimento e colonização muito agressivos. Mais informações sobre o sistema produtivo e da pastagem natural utilizadas na fazenda, estão disponíveis em Alves Filho et al. (1998), Cerdotes et al. (2004) e Silveira et al. (2014).

A estação de monta foi compreendida entre os dias 01 de dezembro a 01 de março, independentemente da categoria de matrizes. Composta por 45 dias de inseminação artificial e 45 dias de repasse através de monta natural, com a utilização de 4% de touros. Por consequência, o período de parição ocorre entre os dias, 15 de setembro a 7 de dezembro. Após o parto, vaca e bezerro foram conduzidos ao centro de manejo, para realização da pesagem e identificação do bezerro e pesagem e avaliação do escore de condição corporal da matriz, realizada por avaliadores treinados.

Todos os bezerros foram desmamados precocemente com idade média de 75 dias e recriados, em pastagem tropical (*Pennisetum purpureum*, *Pennisetum americanum* ou Tifton 85), recebendo a quantidade de 1% do peso corporal de ração (base em matéria seca) com teor de proteína bruta de 18%. Durante o primeiro inverno os novilhos foram recriados em pastagem de *Avena strigosa* e *Lolium multiflorum*, manejado com taxa de lotação média de 800 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo. Após o período de recria os animais são mantidos em pastagem nativa, com composição botânica e carga animal semelhante a qual é manejada as matrizes, recebendo suplementação mineral até a entrada na terminação em confinamento.

#### *Desenvolvimento da prole*

Foi avaliado o desempenho da prole através dos pesos ao nascer, sete, doze e aos dezoito meses de idade. Sendo os mesmos ajustados em função da idade de cada animal através da fórmula:

$$P_{aj} = ((P_2 - P_1) / (N^\circ \text{dias})) \times N^\circ \text{dias} + P_1$$

Onde: P1= peso do animal na primeira pesagem; P2= peso do animal na segunda pesagem; N°dias= número de dias entre as pesagens.

O ganho de peso diário em cada fase do crescimento do animal (intervalo entre as pesagens) foi calculado através da divisão do ganho de peso total em cada intervalo de pesagem pelo número de dias decorridos entre as pesagens. Dessa forma foram obtidas as variáveis, peso ajustado aos sete; doze; dezoito meses, o ganho de peso total e diário entre o nascimento e sete meses; dos sete aos doze meses; dos doze aos dezoito meses.

#### *Abate e avaliação das características de carcaça*

Os animais após o período de engorda em confinamento seguiram o mesmo protocolo de abate e mensuração dos componentes da carcaça. Para a obtenção do peso de fazenda os animais foram submetidos a jejum de sólidos e líquidos por quatorze horas. Posteriormente foram carregados para abate em frigorífico comercial, seguindo os procedimentos e fluxo normal de abate do estabelecimento.

Antes da entrada das carcaças na câmara de resfriamento foi obtido o peso de carcaça quente. Após vinte e quatro horas de resfriamento, as carcaças foram novamente pesadas para a obtenção do peso de carcaça fria. Os rendimentos de carcaça quente e fria serão obtidos através da divisão do peso da carcaça (kg) pelo peso vivo de abate do animal e multiplicando por 100.

A conformação e maturidade fisiológica das carcaças foram avaliadas segundo metodologia proposta por Müller (1987), através da avaliação das duas meias-carcaças resfriadas. Posteriormente, na meia-carcaça fria esquerda foram separados os cortes comerciais traseiro, dianteiro e costilhar e pesados individualmente para determinação das suas proporções em relação à carcaça. Na meia carcaça fria direita foram obtidas as características métricas: comprimento de carcaça e espessura de coxão. A compacidade da carcaça foi obtida através da divisão do peso de carcaça quente pelo comprimento de carcaça.

Foi retirada uma amostra da carcaça denominada de “seção HH”, na região da 10<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costela, conforme metodologia proposta por Müller et al. (1987) com o intuito de expor o músculo *Longissimus dorsi* para mensuração da área do referido músculo (cm<sup>2</sup>), espessura de gordura subcutânea (mm), grau de marmorização, coloração e textura da carne. Na sequência, a “seção HH” foi destinada a separação física para posterior determinação das percentagens de músculo, osso e gordura através das equações propostas por Hankins e Howe (1946) e cálculos da quantidade relativa dos tecidos ósseo, muscular e adiposo em relação ao peso de carcaça fria.

#### *Avaliação das características sensoriais da carne*

Para a avaliação das características sensoriais da carne a amostra de músculo *Longissimus dorsi*, após um período de congelamento de aproximadamente trinta dias, e com as amostras ainda congeladas, foram retiradas duas fatias (A e B) de 2,5 cm de espessura. A fatia “A” foi submetida ao cozimento até atingir a temperatura interna de 70 °C, após, foram retiradas cinco amostras no sentido perpendicular às fibras musculares, para determinação da maciez pelo aparelho Warner Bratzler Shear, obtendo-se a força de cisalhamento (kgf cm<sup>-3</sup>). A fatia “B” foi cozida nas mesmas condições da fatia “A”, porém destinadas a avaliação sensorial da carne (maciez, palatabilidade e suculência) por painel de degustadores treinados, seguindo metodologia descrita por Müller (1987).

#### *Análises estatísticas*

Os dados primeiramente foram submetidos ao teste *rstudent*, utilizando como critério de exclusão de observações acima de 2 e abaixo de -2 para a identificação de outliers.

Posteriormente foram submetidos a teste de normalidade, pelo teste Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. As variáveis foram submetidas à análise de modelos mistos, em nível de significância de 5% utilizando o procedimento MIXED (Statistical Analysis System, SAS Studio University Edition, versão 3.5), utilizando-se o ano como efeito aleatório (*random*) e como covariável a ordem de nascimento dentro de cada estação de parição. As covariáveis idade da vaca ao parto e grupo genético foram testados quanto sua influência nos dados e retirados por não apresentarem efeitos significativos. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância. O modelo matemático adotado foi:

$$\gamma_{ijk} = \mu + T_j + A + OP + r(T) + \varepsilon_{jk}$$

Onde:  $\gamma_{jk}$  = variáveis dependentes;  $\mu$  = média de todas as observações;  $T_j$  = efeito do j-ésimo tratamento; A = ano de coleta dos dados; OP = ordem de nascimento da prole;  $\varepsilon_{jk}$  = erro aleatório residual.

## Resultados

Na Tabela 2 são apresentadas as variáveis referentes ao desenvolvimento da prole. O peso ao nascer foi semelhante para todos os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Aos 210 dias de idade os animais do tratamento GA e PM apresentaram maior peso do que os animais do PS, fruto do maior GMD desde o nascimento, 0,494 e 0,461 kg dia<sup>-1</sup> para GA e PM, respectivamente, e 0,410 kg dia<sup>-1</sup> para o PS. Aos 365 dias de idade a diferença observada na fase anterior se manteve, os tratamentos GA e PM foram mais pesados do que os animais do PS, porém o GMD entre os 210 e os 365 dias foi semelhante. O peso dos bezerras aos 540 dias de idade foi semelhante entre os tratamentos, e a diferença observada nas fases anteriores de desenvolvimento não foi mais observada. Embora o GMD tenha sido semelhante estatisticamente ( $P > 0,05$ ), o tratamento PS apresentou ganho de 39 gramas dia<sup>-1</sup> superior ao GA e 20 gramas dia<sup>-1</sup> em relação ao PM.

Tabela 2– Desenvolvimento da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de p <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
----- <i>Pesos em diferentes idades, kg</i> -----				
Peso ao nascer	31,5 ± 1,09 <sup>3</sup>	32,4 ± 0,76	33,8 ± 1,00	0,09
Peso aos 210 dias	135 <sup>a</sup> ± 5,06	129 <sup>a</sup> ± 3,75	119 <sup>b</sup> ± 4,79	0,004
Peso aos 365 dias	212 <sup>a</sup> ± 6,56	211 <sup>a</sup> ± 4,84	197 <sup>b</sup> ± 6,23	0,01
Peso aos 540 dias	279 ± 8,33	281 ± 6,06	272 ± 7,84	0,31
----- <i>Ganho de peso, kg dia<sup>-1</sup></i> -----				
0 aos 210 dias	0,49 <sup>a</sup> ± 0,02	0,46 <sup>a</sup> ± 0,02	0,41 <sup>b</sup> ± 0,02	0,0005
210 aos 365 dias	0,49 ± 0,03	0,53 ± 0,04	0,52 ± 0,03	0,31
365 aos 540 dias	0,39 ± 0,03	0,41 ± 0,01	0,43 ± 0,02	0,41

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P≤0,05diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média.

O PA e PCQ (Tabela 3) foram maiores nos animais GA (434 e 240 kg) e PM (433 e 238 kg) do que em relação aos animais do PS (407 e 223 kg). O RCQ e a quebra ao resfriamento foram semelhantes entre os tratamentos. Seguindo a mesma tendência, não foram observadas diferenças significativas na conformação, comprimento de carcaça e espessura de coxão. Os novilhos dos tratamentos GA e PM apresentaram carcaças com maior compacidade (1,90 kg cm<sup>-1</sup>) que o tratamento PS (1,80 kg cm<sup>-1</sup>).

Tabela 3 – Pesos e rendimentos de carcaça da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
Peso de abate, kg	434 <sup>a</sup> ± 8,58 <sup>3</sup>	433 <sup>a</sup> ± 6,28	407 <sup>b</sup> ± 8,65	0,003
Peso carcaça quente, kg	240 <sup>a</sup> ± 4,32	238 <sup>a</sup> ± 2,10	223 <sup>b</sup> ± 3,96	0,005
Rendimento de carcaça quente, %	54,9 ± 0,44	55,2 ± 0,32	55,3 ± 0,44	0,83
Quebra ao resfriamento, %	2,4 ± 0,06	2,4 ± 0,03	2,5 ± 0,06	0,38
Conformação	9,1 ± 0,27	9,6 ± 0,19	9,4 ± 0,26	0,74
Comprimento de carcaça, cm	124 ± 0,86	124 ± 0,61	122 ± 0,84	0,16
Espessura de coxão, cm	24,2 ± 0,37	24,5 ± 0,25	24,1 ± 0,36	0,32
Índice de compactidade, kg cm <sup>-1</sup>	1,9 <sup>a</sup> ± 0,06	1,9 <sup>a</sup> ± 0,03	1,8 <sup>b</sup> ± 0,05	0,002

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P ≤ 0,05 diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média.

A composição de cortes comerciais e tecidual da carcaça dos novilhos são apresentados na Tabela 4. Não foram observados efeitos dos tratamentos na quantidade relativa à carcaça fria dos cortes comerciais e na composição tecidual da carcaça. Em média para todos os tratamentos foram observados valores de 50,5 kg 100 kg<sup>-1</sup> PCF de traseiro, 37,9 kg 100 kg<sup>-1</sup> PCF de dianteiro e 11,4 kg 100 kg<sup>-1</sup> PCF de costilhar. Com relação a composição tecidual da carcaça, o tratamento GA apresentou participação na carcaça de 62,2; 20,1; 17,3 kg 100 kg<sup>-1</sup> PCF para músculo, osso e gordura, respectivamente. O PM por sua vez, apresentou os seguintes valores para músculo, osso e gordura: 63,2; 19,2; 17,5 kg 100 kg<sup>-1</sup> PCF, nessa ordem. Já para o tratamento PS foram observados valores de 62,6; 19,6; 18,1 kg 100 kg<sup>-1</sup> PCF para as porções de músculo, osso e gordura, respectivamente.



Tabela 4 – Participação relativa dos cortes comerciais e tecidual, expressos em relação ao peso de carcaça fria (PCF) da carcaça da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
Traseiro, kg 100 kg <sup>-1</sup> PCF	50,3 ± 0,26	50,5 ± 0,18	50,6 ± 0,24	0,59
Dianteiro, kg 100 kg <sup>-1</sup> PCF	37,8 ± 0,21	37,9 ± 0,15	37,9 ± 0,21	0,88
Costilhar, kg 100 kg <sup>-1</sup> PCF	11,5 ± 0,18	11,4 ± 0,11	11,2 ± 0,16	0,33
Músculo, kg 100 kg <sup>-1</sup> PCF	62,2 ± 0,96	63,2 ± 0,71	62,6 ± 0,96	0,40
Gordura, kg 100 kg <sup>-1</sup> PCF	20,1 ± 1,02	19,2 ± 0,75	19,6 ± 1,02	0,40
Ossos, kg 100 kg <sup>-1</sup> PCF	17,3 ± 0,36	17,5 ± 0,17	18,1 ± 0,32	0,18

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P≤0,05diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média.

A prole das vacas do tratamento GA apresentou maior AOL (63,8 cm<sup>2</sup>) do que o tratamento PS (58,8 cm<sup>2</sup>), não diferindo dos novilhos do PM (61,4 cm<sup>2</sup>) (Tabela 5). O maior grau de marmoreio na carne foi obtido nos animais do GA (4,2 pontos), sendo obtidos valores intermediários para o PM (3,7 pontos) e menores valores para o PS (3,3 pontos). A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi semelhante entre os tratamentos, o mesmo foi verificado para as variáveis coloração, textura, maciez, palatabilidade, suculência e força de cisalhamento. A coloração, textura, maciez, palatabilidade, suculência e força de cisalhamento não diferiram entre os tratamentos estudados (P>0,05).

Tabela 5 - Área de *Longissimusdorsi*, espessura de gordura subcutânea, marmoreio, coloração e textura da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
Área de <i>Longissimus dorsi</i> , cm <sup>2</sup>	63,8 <sup>a</sup> ± 1,21 <sup>3</sup>	61,4 <sup>ab</sup> ± 0,59	58,8 <sup>b</sup> ± 1,09	0,02
Esp. de gordura subcutânea, mm	3,2 ± 0,17	3,1 ± 0,08	3,0 ± 0,15	0,66
Marmoreio <sup>4</sup>	4,2 <sup>a</sup> ± 0,22	3,7 <sup>ab</sup> ± 0,11	3,3 <sup>b</sup> ± 0,20	0,03
Coloração <sup>5</sup>	3,6 ± 0,14	3,3 ± 0,11	3,4 ± 0,15	0,08
Textura <sup>6</sup>	3,5 ± 0,13	3,5 ± 0,10	3,6 ± 0,13	0,79
Maciez <sup>7</sup>	6,9 ± 0,16	6,8 ± 0,11	6,8 ± 0,16	0,85
Palatabilidade <sup>7</sup>	6,1 ± 0,11	6,1 ± 0,08	6,4 ± 0,11	0,09
Suculência <sup>7</sup>	6,1 ± 0,11	6,2 ± 0,05	6,3 ± 0,11	0,22
Força de cisalhamento	4,5 ± 0,24	4,4 ± 0,18	4,5 ± 0,26	0,29

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P≤0,05diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média; <sup>4</sup> Marmoreio: 1 a 3 = traços; 4 a 6 = leve; 7 a 9 = pequeno; 10 a 12 = médio; 13 a 15 = moderado; 16 a 18 = abundante; <sup>5</sup> Cor: 1 = escura; 2 = vermelho-escura; 3 = vermelho levemente escura; 4 = vermelha; 5 = vermelho vivo; <sup>6</sup> Textura: 1 = muito grosseira; 2 = grosseira; 3 = levemente grosseira; 4 = fina; 5 = muito fina; <sup>7</sup> 1 = extremamente dura, extremamente sem sabor ou extremamente sem suculência; 2 = muito dura, deficiente em sabor ou deficiente em suculência; 3= dura, pouco saborosa ou pouco suculenta; 4 = levemente abaixo da média; 5 = média; 6 = levemente acima da média; 7 = macia, saborosa ou suculenta;8 = muito macia, muito saborosa ou muito suculenta; 9 = extremamente macia, extremamente saborosa ou extremamente suculenta

## Discussão

As variações de peso verificadas entre os tratamentos estão relacionadas com a distribuição dos partos dentro da sub época de parição (Tabela 1). O tratamento que ganhou peso (GA) foi o que pariu mais tarde (89% dos partos ocorreram no último subperíodo), o que está relacionado a melhor qualidade nutricional das pastagens naturais coincidindo com o período de maior exigência nutricional da vaca prenha, que é o terço final da gestação. Já para o PS é possível fazer a análise inversa, onde os partos foram mais concentrados nos dois primeiros subperíodos da estação de parição (35 e 42% no primeiro e segundo subperíodos,

nessa ordem), resultando na concomitância entre o terço final de gestação com período de baixa qualidade nutricional das pastagens naturais. Já o PM concentrou os partos nos dois últimos terços da estação de parição apresentou desempenho intermediário (22% no segundo período de parição e 69% no último período de parição).

Cerdótes et al. (2004) ao realizarem pesquisa na mesma área experimental do presente estudo descrevem a qualidade bromatológica da pastagem nativa, as alterações mais marcantes que ocorrem são o aumento na digestibilidade da matéria orgânica (14,05; 27,72 e 35,01% para os meses de setembro, outubro e novembro, nessa ordem) e diminuição no teor de matéria seca (54,15; 42,21 e 46,36% nos meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente).

A variação de peso observada nos tratamentos estudados pode ter impactado na partição de nutrientes entre a vaca e o feto. Uma vez que a gestação acarreta em um aumento nos requisitos totais de nutrientes, no final da gestação são cerca de 75% maiores do que em um animal não gestante do mesmo peso. Devido a isso, são necessárias adaptações maternas para atender a esses requisitos metabólicos, estando diretamente relacionada com a forma em que é realizada a partição de nutrientes para o desenvolvimento embrionário, placentário e suas demandas para manutenção e atividades metabólicas. Bauman e Currie (1980) relacionam a partição de nutrientes durante a gestação através de uma regulação endócrina com base no conceito de homeorrese e homeostase. Ainda de acordo com os autores, o conceito de homeostase é definido como a manutenção do equilíbrio fisiológico. Já homeorrese são mudanças orquestradas para as prioridades de um estado fisiológico, ou seja, coordenação do metabolismo em vários tecidos para suportar um estado fisiológico, como no caso da gestação.

No PS a partição de nutrientes entre a vaca e o feto pode ter sido prejudicada, uma vez que para manter o metabolismo homeorréico no final da gestação, podem ocorrer mudanças no metabolismo do tecido adiposo, diminuição da síntese, aumento da mobilização lipídica e mobilização de aminoácidos do tecido muscular (BAUMAN e CURRIE, 1980) o que pode estar relacionado com a acentuada perda de peso visualizada. Já no PM, apesar da perda de peso durante a gestação, as vacas apresentavam maior PFR, o que pode ter resultado em uma maior resiliência na partição de nutrientes entre vaca e feto durante a gestação, devido a uma maior capacidade de mobilização de reservas corporais dos animais do referido tratamento afim de manter o controle homeorréico. No GA, as necessidades nutricionais da gestação foram supridas, uma vez que houve ganho de peso durante a gestação.

A diferença de peso dos bezerros aos 210 dias de idade que era na ordem de 9,7% a favor dos GA e PM quando comparado ao PS, aos 365 dias caiu para 6,6%. Nas duas primeiras

fases de desenvolvimento, do nascimento aos 210 dias e dos 210 dias aos 365 dias, os animais foram recriados, primeiramente em pastagem cultivada de verão e posteriormente em pastagem cultivada de inverno, com boa qualidade nutricional. Onde foi possível, os animais que receberam melhor nutrição durante o período fetal, expressar seu maior potencial de crescimento. Segundo Du et al. (2010) no estágio fetal ocorre a formação do músculo esquelético, segundo os autores é nessa fase que poderá ser definido o potencial produtivo que o bezerro irá atingir, uma vez que após o nascimento não há a formação de novas fibras musculares e sim o aumento no tamanho das fibras pré-estabelecidas durante a gestação.

Após os 365 dias de idade os animais foram recriados até a entrada em confinamento em pastagem nativa com qualidade bromatológica e carga animal semelhante à qual foi manejada as matrizes, o que possivelmente prejudicou o ganho de peso dos animais do GA e PM, que nas fases anteriores apresentavam superioridade. O que vai de encontro ao afirmado por Greenwood et al. (2010), onde fetos após uma restrição nutricional durante a gestação, tenham a capacidade de adaptação metabólica a ambientes pós-natal restrito.

Após os 540 dias de idade os animais foram destinados a um período de engorda em confinamento, para serem abatidos em média aos 24 meses de idade. No referido período, o manejo nutricional é controlado e todas as exigências nutricionais são atendidas para maximizar o desempenho individual. Como discutido anteriormente, quando as condições nutricionais são melhores os animais que receberam durante o período fetal uma melhor nutrição se sobressaem em relação aos que sofreram restrição no referido período. É o que podemos observar na Tabela 3, onde os animais do GA e PM apresentaram maior PA, PCQ, PCF do que em relação ao PS. O que vai de encontro com o relatado na literatura, segundo Du et al. (2010) a restrição nutricional no período fetal reduz a miogênese, diminui o número de fibras musculares e a massa muscular da prole. Nesse sentido Underwood et al. (2010) relatam maior peso aos 205 dias, PA, PCQ em filhos de vacas mantidas em pastagem melhorada 256,2; 543,9; 348,2 kg, nessa ordem, do que filhos de vacas mantidas em pastagem nativa 242,1; 520,6; 329,50 kg, respectivamente.

Cabe ressaltar que a amplitude de diferença de peso no desenvolvimento dos animais (Tabela 2: 9,7% aos 210 dias; 6,6% aos 365 dias) manteve a mesma tendência nas características de carcaça entre os GA e PM comparado ao PS, 6,06 e 6,57% no PA e PCQ, o que permite inferir que animais que sofreram restrição alimentar durante o período fetal sofrerão as consequências durante o desenvolvimento pós-natal e no desempenho produtivo.

A quebra ao resfriamento igual em todos os tratamentos é reflexo da equidade verificada na espessura de gordura subcutânea entre os tratamentos, uma vez que a espessura de gordura

que recobre a carcaça reduz as perdas por desidratação durante o resfriamento, uma vez que esta funciona como isolante térmico (MENEZES et al., 2014). Era esperado que houvesse diferença significativa tanto na conformação quanto na espessura de coxão, uma vez que ambas as variáveis refletem o grau de musculosidade das carcaças (HIRAI et al., 2014). No entanto, observou-se que outras variáveis que expressam a musculosidade foram afetadas, onde animais GA e PM apresentaram maior peso de carcaça e maior quantidade de músculo e traseiro, em relação a prole das vacas do tratamento PS.

A maior compacidade dos animais melhores nutridos durante a gestação expressa o maior grau de hipertrofia muscular das carcaças, segundo Karunaratne et al. (2005) após o nascimento não há a formação de novas fibras musculares e sim o aumento no tamanho das fibras pré-estabelecidas durante a gestação. O crescimento do músculo esquelético envolve aumentos no número de células (hiperplasia) e no tamanho das células (hipertrofia). A hiperplasia envolve as células precursoras do músculo esquelético mononucleares (mioblastos e células satélites), que posteriormente se tornam pós-mitóticas, alinham e se fundem para formar as fibras musculares multinucleares. As fibras musculares são capazes de aumentar o tamanho das células (hipertrofia) através da acumulação de mais proteínas (BUTTERY et al., 2000).

O reflexo da equidade de respostas dos componentes não integrantes da carcaça é visto nos rendimentos de carcaça, uma vez que foram semelhantes nos tratamentos estudados. O músculo esquelético tem baixa prioridade na partição de nutrientes quando comparado com o cérebro e o coração, em resposta a futuros desafios que o feto possa ser submetido durante o seu desenvolvimento (FUNSTON et al., 2010). LONG et al. (2012) ao estudarem os efeitos da restrição de nutrientes, não observaram diferenças significativas no peso de coração, pulmão, rins e pâncreas da prole de vacas que ganharam peso (46,9 e 25,1 kg) ou perderam peso (12,4 kg) durante a gestação. Ainda segundo os autores não foram verificadas influências no conteúdo de gordura pélvica, cardíaca e renal. O mesmo é relatado por Larson et al. (2009) em vacas que ganharam ou perderam peso durante a gestação, em distintos sistemas alimentares recebendo ou não suplementação proteica.

Os maiores PA e PCQ visualizado para os tratamentos GA e PM não refletiram na participação relativa dos cortes comerciais e tecidual da carcaça em relação ao PCF. O que pode ser atribuído ao aumento dos pesos dos cortes comerciais e a da composição tecidual acompanhou o aumento do PA e PCQ.

Cabe ressaltar que as diferenças visualizadas entre os GA e PM frente ao PS nos pesos aos 210 dias (9,7%), aos 365 dias (6,6%), peso ao abate (6,06%) permite inferir a maior hiperplasia durante o período fetal reflete em maior número de células musculares e a maior hipertrofia muscular. Segundo DU et al. (2010) existem duas ondas de formação de fibras musculares, as miofibras primárias se formam durante o estágio inicial de miogênese no desenvolvimento embrionário, chamada também de primeira onda de miogênese, entre o primeiro e terceiro mês de gestação. Já a miofibras secundárias são formadas durante a segunda onda de miogênese no estágio fetal, do terceiro ao sétimo mês de gestação e contabiliza a maioria das fibras musculares esqueléticas. A formação de miofibras secundárias se sobrepõe parcialmente com a formação de adipócitos e fibroblastos intramusculares. Juntos, esses três tipos de células, os mioblastos, adipócitos e fibroblastos, produzem a estrutura básica do músculo esquelético, e são derivadas do mesmo grupo de células mesenquimais no músculo fetal.

Corroborando com o exposto acima, novilhos filhos de vacas que ganharam peso durante a gestação, tratamento GA, apresentaram maior AOL do que o tratamento PS, não diferindo dos novilhos do PM. A variável AOL é diretamente relacionada a proporção de músculo da carcaça (KLEIN et al., 2018), seguindo a mesma tendência dos resultados visualizados no peso de abate, peso de carcaça quente. Maresca et al. (2019a) ao estudarem os efeitos de alto ou baixo nível proteico na dietas de vacas em terço final de gestação, onde as vacas que receberam altos níveis de proteína ganharam 21 kg durante o terço final da gestação e as vacas que receberam baixo nível de proteína perderam 7 kg durante o final da gestação, relatam maior AOL na prole de vacas que ganharam peso durante a gestação. No mesmo sentido, Maresca et al. (2019b) relatam maior AOL ao abate para novilhos filhos de vacas que receberam maior nível proteico no final da gestação. Em contraponto ao verificado no presente estudo, autores como Larson et al. (2009), Long et al. (2012), Bonhert et al. (2013) e Mohrhauser et al. (2015) ao estudarem efeito do status nutricional da vaca durante a gestação, resultando em diferentes intensidades de variação de peso, não observaram efeito significativo na AOL.

Com relação a gordura intramuscular da carne, os resultados observados estão de acordo com a teoria proposta por Du et al. (2015), onde o estágio fetal é o mais eficiente para aumentar o marmoreio da carne de bovinos. Um adequado plano nutricional nessa fase, aumenta o número de células mesenquimais comprometidas com a adipogênese, aumentando o número de adipócitos intramusculares. A gordura intramuscular é crucial para a palatabilidade da carne, uma vez, que a mesma contribui tanto para o sabor quanto para a suculência. O marmoreio é

determinado pelo tamanho e número dos adipócitos intramusculares. Durante o estágio fetal tanto as células musculares esqueléticas, quanto os adipócitos são derivados do mesmo conjunto de células mesenquimais, os quais darão origem aos adipócitos para formar locais de acúmulo de gordura intramuscular na carne (TONG et al., 2008). A adipogênese é iniciada aproximadamente no meio da gestação, sobrepondo-se ao período de miogênese secundária (FEVE, 2005). Autores como Larson et al. (2009) relatam aumento no grau de marmoreio na carne de novilhos filhos de vacas que receberam suplementação proteica no final da gestação. Underwood et al. (2008) ao compararem o fornecimento de pastagem melhorada ou nativas para vacas dos 120 aos 210 dias de gestação, afirmam que houve aumento no teor de gordura intramuscular nos novilhos oriundos de vacas que se alimentaram de pastagem melhorada.

Acredita-se que os resultados visualizados nos tratamentos GA e PM, produzindo carcaças mais pesadas, com maior compacidade, maior participação de músculo, maior área de olho de lombo e maior grau de marmoreio, seja em função da melhor nutrição do feto no final do período gestacional, que como relatado acima, coincide com a segunda onda de miogênese e formação de adipócitos.

Em estudos nesse tema, resultados de equidade na EGS são amplamente relatados, como por exemplo na pesquisa de Mohrhauser et al. (2015), que ao estudarem o status energético da vaca durante a gestação, verificaram ganho de peso na ordem de 63 kg durante a gestação para o status positivo e perda de 29 kg no status negativo, relatando resultados semelhantes para EGS. O que também é afirmado por Mulliniks et al. (2013), Mulliniks et al. (2012), Larson et al. (2009).

Em função dos diferentes graus de marmoreio verificados entre os tratamentos, era esperado uma menor palatabilidade no tratamento PS, uma vez que a palatabilidade e suculência da carne está diretamente ligada ao conteúdo de gordura intramuscular (LAWRIE, 2005), porém não foram observadas diferenças entre os tratamentos, sendo obtidos valores de 6,15; 6,13 e 6,36 pontos para GA, PM e PS nessa ordem. Os valores médios obtidos de maciez (6,83 pontos), palatabilidade (6,2 pontos) e suculência (6,2 pontos) enquadram a carne dos novilhos como levemente acima da média. Com relação a coloração, a carne dos novilhos foi classificada como vermelho levemente escura (3,43 pontos). A qualidade sensorial obtida na carne dos novilhos estudados, está de acordo com o relatado na literatura para a categoria animal e sistema de engorda utilizados (ALVES FILHO et al., 2016; CATTELAN et al., 2013).

## Conclusões

O ganho ou a perda moderada de peso da vaca durante a gestação aumenta o peso da prole masculina aos 210 e 365 dias de idade, ao abate, além de produzir carcaças com maior compactidade e peso.

O ganho de peso da vaca durante a gestação aumenta o grau de marmoreio na carne e a área de *Longissimus dorsi* da prole masculina.

## Referências

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J. Variação anual do peso e estado corporal de vacas de corte de diferentes grupos genéticos-I. Vacas paridas e com prenhez positiva na sequência. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 19, n. 1, p. 54-59, 1998.

ALVES FILHO, D. C. et al. Características da carcaça de novilhos terminados em confinamento com inclusão parcial na dieta de silagem de girassol. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. v.24, n.3, p. 139-148, 2016.

BAUMAN, D.E.; CURRIE, W.B. Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1514-1529, 1980.

BUTTERY, P.J.; BRAMELD, J.M.; DAWSON, J.M. Control and Manipulation of Hyperplasia and Hypertrophy in Muscle Tissue. In: **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth, and reproduction**. Ed. CRONJE, P. CAB International, 2000, 474p.

BOHNERT, D. W. et al. Late gestation supplementation of beef cows differing in body condition score: Effects on cow and calf performance. **Journal of Animal Science**, v.91, n.11, p.5485-5491, 2013.

CATTELAM, J. et al. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos confinados em diferentes espaços individuais. **Ciência Animal Brasileira**, v.14, n.2, p. 185-198, 2013.

CERDÓTES, L. et al. Produção e composição do leite de vacas de quatro grupos genéticos submetidas a dois manejos alimentares no período de lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 610-622, 2004.

FEVE, B. Adipogenesis: Cellular and molecular aspects. **Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.19, p.483–499, 2005.



FUNSTON, R.N.; LARSON, D.M.; VONNAHME, K.A. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, p.E205–E215, 2010.

DU, M. et al. Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. **Biology of Reproduction**, v.82, p.4–12, 2009.

DU, M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, v.88, p.E51-E60, 2010.

DU, M. et al. Fetal programming in meat production. **Meat Science**, v.109, p. 40–47, 2015.

GREENWOOD, P. L.; CAFE, L.M. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: Long-term consequences for beef production. **Animal**, v.1, n.9, p.1283–1296, 2007.

GREENWOOD, P.L.; THOMPSON, A.N.; FORD, S.P. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. GREENWOOD, P.L. et al. (ed.). **Managing the prenatal environment to handle livestock productivity**. Dordrecht: Springer Science and Business Media B.V., 2010.

HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. 1946. **Estimation of the composition of beef carcass and cuts**. Washington: United States Department of Agriculture (Technical Bulletin, 926).

HIRAI, M. M. G. et al. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos terminados em pastagem de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, 2014.

KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of Anatomy**, v.207, p.763–768, 2005.

KLEIN, J. L. et al. Bionutritional efficiency and carcass characteristics of confined steers receiving different nitrogen sources with whole or milled corn. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2541-2554, 2018.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6° ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2005, 384p.

LARSON, D. M. et al. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.87, n.3, 1147-1155, 2009.

LONG, N. M. et al. Effects of early-to mid-gestational undernutrition with or without protein supplementation on offspring growth, carcass characteristics, and adipocyte size in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 1, p. 197-206, 2012

MENEZES, L. F. G. et al. Aspectos qualitativos da carcaça e carne de novilhos superjovens da raça Devon, terminados em pastagem tropical, recebendo diferentes níveis de concentrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1557-1568, 2014.

MOHRHAUSER, D. A. et al. The influence of maternal energy status during midgestation on beef offspring carcass characteristics and meat quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.93, n.2, p.786-793, 2015.

MULLINIKS, J. T. et al. Winter protein management during late gestation alters range cow and steer progeny performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.90, n.13, p.5099-5106, 2012.

MULLINIKS, J. T. et al. Supplementation strategy during late gestation alters steer progeny health in the feedlot without affecting cow performance. **Animal Feed Science and Technology**, v.185, n.3-4, p.126-132, 2013.

MARESCA, S. et al. Late-gestation protein restriction negatively impacts muscle growth and glucose regulation in steer progeny. **Domestic Animal Endocrinology**, In Press, 2019.

MARESCA, S. et al. The influence of protein restriction during mid-to late gestation on beef offspring growth, carcass characteristic and meat quality. **Meat Science**, In Press, 2019.

MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, Imprensa Universitária 31p.,1987.

NABINGER, C. et al. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V.P. et al. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**, Brasília: MMA, 2009, 403 p.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al. **Nutrient requirements of beef cattle**. National Academies Press, 2016. 494 p.

PELLEGRINI, L. G. D. et al. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e à adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p. 2380-2388, 2010.

PELLEGRINI, C. B.; LOPES, L. F. D. Comportamento reprodutivo de vacas de corte manejadas em pastagem natural com duas cargas animais e duas idades à desmama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.11, p.2606-2612, 2011.

SILVEIRA, M.F. et al. Suplementação com gordura protegida para vacas de corte desmamadas precocemente mantidas em pastagem natural. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 809-817, 2014.

STRECK, E. V. et al. 2008. **Solos do Rio Grande do Sul**. p.222. UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia.

TONG, J. et al. AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3-L1 cells. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1296-1305, 2008.

UNDERWOOD, K. R. et al. Gestational nutrition affects growth and adipose tissue deposition in steers. In: PROCEEDING WESTERN SECTION, AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE. *Proceedings...* 2008. p. 29-32.

UNDERWOOD, K. R. et al. Nutrition during mid to late gestation affects growth, adipose tissue deposition, and tenderness in cross-bred beef steers. **Meat Science**, v.86, n.3, p.588-593, 2010.

YAN, X. et al. Developmental programming of fetal skeletal muscle and adipose tissue development. **Journal of genomics**, v. 1, p. 29, 2013.

ZHU, M. J. et al. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. **Journal of Physiology**, v.575, p.241–250, 2006.

### 4.3 CAPÍTULO III

#### **Programação fetal: efeito da variação de peso da vaca, sob pastagem natural durante a gestação, no desempenho reprodutivo da prole feminina**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o impacto da variação de peso da vaca durante a gestação no desempenho reprodutivo nas três primeiras estações reprodutivas da progênie submetida a reprodução aos 24 meses de idade. Foram utilizados dados coletados de 355 vacas de corte e sua progênie, nascidos entre os anos de 2002 a 2013. Os tratamentos avaliados foram determinados de acordo com a variação de peso da matriz durante a gestação, expresso em porcentagem do peso vivo da matriz no final do período de reprodução. Os tratamentos foram: Ganho de peso (GA;  $n= 73$  animais): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM;  $n= 209$  animais): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS;  $n= 73$  animais): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação. Não foi observada diferença no peso ao nascer, porém aos 7 meses de idade o GA apresentou o maior peso (144 kg), o menor peso foi verificado no PS (124 kg), já o tratamento PM apresentou peso intermediário (136 kg). Aos 18 meses de idade foi obtido maior peso para os animais do GA, 276 kg, porém na referida fase PM e PS apresentaram pesos semelhantes, 266 e 254 kg, nessa ordem. Na primeira estação reprodutiva, o PS apresentou tendência de maior taxa de prenhez (69,8%), maior peso ao nascer dos bezerros (32,3 kg) e maior índice de produção de bezerros (50,4 kg de bezerro/vaca). Já o GA e PM apresentaram tendência de menor taxa de prenhez (50,0 e 59,9 %), menor peso dos bezerros ao nascer (30,9 e 30,4 kg). O GA teve o menor índice de produção de bezerros (37,3 kg de bezerro/vaca). Na segunda estação reprodutiva, não foram verificadas diferenças na taxa de prenhez, na eficiência produtiva e no índice de produção de bezerros. O PS apresentou maior peso ao nascer dos bezerros (37,1 kg). Na terceira estação reprodutiva, o GA apresentou tendência de maior taxa de prenhez (64,3%), menor eficiência produtiva (13,5 kg de bezerros/ kg de vaca) e maior índice de produção de bezerros (57,7 kg de bezerro/vaca). O PM apresentou índice de produção de bezerros e taxa de prenhez intermediária. O peso ao desmame dos bezerros não diferiu nas estações reprodutivas estudadas. A idade ao primeiro parto e o intervalo entre partos não diferiram entre os tratamentos, sendo obtidos valores de 39,7 e 16,2 meses para GA, 39,8 e 17,0 meses para PM e 39,4 e 16,1 meses para o PS. A prole feminina de vacas que ganham peso durante a gestação, apresenta maior peso e porcentagem do peso adulto aos 7 e 18 meses de idade. Na primeira estação reprodutiva, a prole de vacas que perderam peso de forma mais acentuada durante a gestação apresenta melhor desempenho reprodutivo. Na segunda estação reprodutiva, a prole de vacas que perderam peso de forma mais acentuada apresenta maior peso ao nascer dos bezerros. Na terceira estação reprodutiva, a prole de vacas que ganharam peso na gestação, apresenta maior desempenho reprodutivo.

**Palavras-chave:** Eficiência produtiva. Novilhas. Reprodução. Puberdade. Taxa de prenhez.

## Introdução

A programação fetal é um conceito no qual é definido por um período de resposta do organismo do mamífero durante uma janela de desenvolvimento crítico na gestação, afetando o desenvolvimento da progênie com efeitos persistentes (DU et al., 2010).

Em bovinos de corte, os principais efeitos da subnutrição materna durante a gestação são no tamanho e número de fibras musculares e número de adipócitos (DU et al., 2013). Por outro lado, os impactos da programação fetal na prole feminina são menos conhecidos dos que os impactos na produção de carne nos machos. Autores como Rae et al. (2001), Long et al. (2010) e Nurmatamat et al. (2011) relatam que a desnutrição materna durante a gestação resulta em reduzidas taxas de ovulação em ovinos. Segundo os autores a restrição nutricional materna pode ter influências a longo prazo sobre os níveis plasmáticos de progesterona na progênie, o que pode acarretar prejuízos na vida reprodutiva da progênie.

O crescimento e desenvolvimento dos ovários é regulado por numerosos fatores de origem fetal e materna incluindo FSH, LH, estrogênios, enzimas que controlam esteroidogênese, fator de diferenciação de crescimento, fator de crescimento epidérmico e muitas outras (PEPE et al., 2006). Rhind (2004) afirma que as concentrações plasmáticas de insulina, IGF-1 e leptina aumentam com a melhor condição corporal da vaca e diminuem com o baixo estado corporal.

Segundo o ANUALPEC (2018), em 2018 o rebanho brasileiro de vacas era de 96 milhões e o contingente de bezerros produzidos foi de 53 milhões, o que resulta em uma taxa de natalidade de 54%, podemos considerar a eficiência produtiva nacional baixa. O que se justifica pela condição onde são manejados os rebanhos de cria, que normalmente são mantidos em sistemas extensivos em áreas de solos de menor fertilidade e, na maioria das vezes, com alta carga animal, incompatível com capacidade de suporte (PELLEGRINI e LOPES, 2011), tendo como base alimentar forrageiras que estão sujeitas a oscilações no valor nutritivo e na produção de forragem, seja pela ocorrência sazonal das chuvas ou por temperaturas baixas em determinadas épocas do ano, que muitas vezes coincidem com o período gestacional das vacas (SILVEIRA et al., 2014). Ou seja, a baixa taxa de prenhez verificada sinaliza que as condições de manejo dos rebanhos de cria brasileiros implicam em deficiências nutricionais que impactam a nutrição fetal.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo é verificar os efeitos da variação de peso da vaca, mantida em pastagem natural durante a gestação, na vida reprodutiva da prole feminina.

## Material e métodos

### *Área experimental e animais*

Os dados utilizados são oriundos do rebanho experimental do Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria. O qual possui área total de 495 ha, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com altitude de 95 m, latitude 29° 43' Sul e longitude 53° 42' Oeste.

O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) conforme classificação de Köppen, a temperatura média anual varia de 14,3 a 25,2 °C, com temperaturas mínimas registradas 9,7°C no mês de agosto e máximas de 29,9°C no mês de janeiro. A precipitação média anual é de 1650,9 mm (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (STRECK, 2008), apresentando relevo levemente ondulado, com solos profundos e texturas superficiais arenosas, bem drenados e naturalmente ácidos.

Foram utilizados dados coletados de 355 vacas de corte (idade média de  $5,67 \pm 2,19$  anos) e sua progênie, nascidos entre os anos de 2002 a 2013, acasaladas aos 24 meses de idade. A composição genética do rebanho estudado foi oriunda do cruzamento das raças Charolês e Nelore.

### *Tratamentos*

Os tratamentos estudados foram definidos em função da classe de variação de peso vivo da matriz durante a gestação determinada como o percentual de variação do peso de cada matriz durante a gestação em relação ao peso que a mesma apresentava ao final do período de reprodução. Sendo os tratamentos: Ganho de peso (GA;  $n= 73$  animais): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda moderada de peso (PM;  $n= 209$  animais): vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; Perda severa de peso (PS;  $n= 73$  animais): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação. Na Tabela 1, é apresentado os pesos, a variação de peso e a distribuição dos partos dos tratamentos de acordo com o subperíodo de parição.

Tabela 1- Pesos, variações de peso e distribuição dos partos (%) dentro da época de parição de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variável	Tratamento <sup>1</sup>		
	GA	PM	PS
-----Desempenho na gestação-----			
Peso ao final da reprodução, kg	392	417	423
Peso ao parto, kg	407	386	352
Variação de peso, kg	16,8	-29,2	-69,3
Ganho de peso, kg dia <sup>-1</sup>	0,04	-0,12	-0,30
-----Sub-época de parição-----			
Setembro (1° ao 30° dia)	0	14	49
Outubro (31° ao 61° dia)	5	29	37
Novembro (62° ao 90° dia)	95	57	14

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação.

### *Manejo do rebanho*

O rebanho de cria da fazenda foi estável com aproximadamente 240 vacas de cria. Todas receberam manejo sanitário e alimentar semelhantes, sem distinção entre categorias. A alimentação do rebanho foi a base de pastagem natural e sal mineral (80 g kg<sup>-1</sup> de fósforo) a vontade. As vacas permaneceram em uma área de 324 ha, com taxa de lotação média de 333 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo, o que representa 0,74 unidade animal por hectare, estando dentro da recomendação de manejo para pastagens naturais no Bioma Pampa, 350 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo (NABINGER et al., 2009). A pastagem natural foi caracterizada pela dominância de espécies de hábito de crescimento cespitoso como *Erianthus angustifolius* e *Andropogon lateralis* que dão aspecto a fisionomia da pastagem, além de espécies como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* e *Desmodium incanum*. A área experimental é caracterizada também pela presença considerável da gramínea invasora *Eragrostis plana* Nees, que é conhecida por seu baixo valor nutricional e hábito de crescimento e colonização muito agressivos. Mais informações sobre o sistema produtivo e da pastagem natural utilizadas na fazenda, estão disponíveis em Alves Filho et al. (1998), Cerdotes et al. (2004) e Silveira et al. (2014).

### *Manejo reprodutivo das matrizes*

A estação de monta foi compreendida entre os dias 01 de dezembro a 01 de março, independentemente da categoria de matrizes. Composta por 45 dias de inseminação artificial e 45 dias de repasse através de monta natural, com a utilização de 4% de touros. Por consequência, o período de parição ocorreu entre os dias, 15 de setembro a 7 de dezembro. Após o parto, vaca e bezerra foram conduzidos ao centro de manejo, para realização da pesagem e identificação da bezerra e pesagem e avaliação do escore de condição corporal da matriz, realizada por avaliadores treinados.

Todas as bezerras foram desmamadas precocemente com idade média de 75 dias e recriadas, em pastagem tropical (*Pennisetum purpureum*, *Pennisetum americanum* ou Tifton 85), recebendo a quantidade de 1% do peso corporal (base matéria seca) de ração com teor de proteína bruta de 18%. Durante o primeiro inverno as novilhas foram recriadas em pastagem de *Avena strigosa* e *Lolium multiflorum*, manejada com taxa de lotação média de 800 kg ha<sup>-1</sup> de peso vivo. Após o período de recria os animais foram mantidos em pastagem nativa, com composição botânica e carga animal semelhante à qual foram manejada as matrizes, recebendo suplementação mineral até a entrada em reprodução.

#### *Desenvolvimento da progênie*

Foi avaliado o desempenho da prole feminina através dos pesos ao nascer, sete, doze, dezoito e vinte e quatro meses de idade. Sendo os mesmos ajustados em função da idade de cada animal através da fórmula:  $P_{aj} = ((P_2 - P_1) / (N^\circ \text{dias})) \times N^\circ \text{dias} + P_1$

Onde: P1= peso do animal na primeira pesagem; P2= peso do animal na segunda pesagem; N°dias= número de dias entre as pesagens.

O ganho de peso diário em cada fase do crescimento do animal (intervalo entre as pesagens) foi calculado através da divisão do ganho de peso total em cada intervalo de pesagem pelo número de dias decorridos entre as pesagens. Dessa forma foram obtidas as variáveis, peso ajustado ao nascer, sete; doze; dezoito meses e vinte e quatro meses, o ganho de peso total e diário entre o nascimento e sete meses; dos sete aos doze meses; dos doze aos dezoito meses; dos dezoito aos vinte e quatro meses.

#### *Avaliação do desempenho reprodutivo*

Para análise do desempenho reprodutivo da prole feminina, foram consideradas as informações dos animais submetidos ao primeiro acasalamento aos vinte e quatro meses de idade até a terceira estação reprodutiva, ou seja, até o quinto ano de vida da fêmea. As fêmeas foram submetidas ao mesmo manejo do rebanho de vacas de cria da fazenda experimental.

As variáveis utilizadas na análise foram o PFM (obtido imediatamente após o término da estação reprodutiva), o peso e escore de condição corporal ao parto (coletado em até 24 horas



após o nascimento do bezerro) e ao desmame (75 dias de idade do bezerro, por ocasião do desmame precoce), o diagnóstico de gestação (realizado entre 30 e 60 dias após o término da estação reprodutiva), os pesos ao nascer e a desmama da progênie (aos 75 dias de idade, na ocasião do desmame precoce).

A taxa de prenhez foi determinada pela porcentagem de animais que foram identificadas como prenhas no diagnóstico de gestação, em relação ao total de animais submetidos ao acasalamento, dentro de cada tratamento. Para o estudo na estação reprodutiva subsequente, foram considerados apenas os animais que repetiram prenhez.

Foi calculado o ganho de peso total e diário dos 24 meses ao final da monta e ao parto, o ganho de peso do final da monta ao parto. Foi obtido a idade média ao primeiro parto, o intervalo entre partos até a terceira estação reprodutiva da fêmea.

O desempenho produtivo e reprodutivo da prole das vacas dos diferentes tratamentos foi mensurado nas três primeiras estações reprodutivas. Os pesos do bezerro e da vaca utilizados para o cálculo foram obtidos ao desmame precoce (75 dias de idade). As variáveis utilizadas foram Eficiência Produtiva = (peso do bezerro ao desmame/peso da vaca ao desmame) \* taxa de prenhez e Índice de produção de bezerras = (peso do bezerro ao desmame\*taxa de prenhez) / 100, ambas fórmulas descritas por Vaz et al. (2010):

#### *Análises estatísticas*

Os dados primeiramente foram submetidos ao teste *rstudent*, utilizando como critério de exclusão de observações acima de 2 e abaixo de -2 para a identificação de outliers. Posteriormente foram submetidos a teste de normalidade, pelo teste Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. As variáveis foram submetidas à análise de modelos mistos, em nível de significância de 5% utilizando o procedimento MIXED (Statistical Analysis System, SAS Studio University Edition, versão 3.5), utilizando-se o Ano como efeito aleatório (*random*) e como covariável a ordem de nascimento dentro de cada estação de parição e grupo genético da prole. As covariáveis idade da vaca ao parto e grupo genético da vaca foram testados quanto sua influência nos dados e retirados por não apresentarem efeitos significativos. As médias foram consideradas diferentes estatisticamente quando o valor de  $P \leq 0,05$  e com tendência de diferença significativa se o valor de  $P \leq 0,10$ , sendo comparadas através do teste de Tukey. O modelo matemático adotado foi:

$$\gamma_{ijk} = \mu + T_j + A + OP + GG + r(T) + \epsilon_{jk}$$

Onde:  $\gamma_{jk}$  = variáveis dependentes;  $\mu$  = média de todas as observações;  $T_j$  = efeito do j-ésimo tratamento; A = ano de coleta dos dados; OP = ordem de parição da progênie; GG=

participação de sangue nelore no genótipo da prole;  $\epsilon_{jk}$  = erro aleatório residual. A taxa de prenhez foi analisada através do procedimento FREQ (Statistical Analysis System, SAS Studio University Edition, versão 3.5), através da análise de Qui-quadrado.

## **Resultados**

Na Tabela 2 são apresentadas as variáveis referentes ao desenvolvimento corporal das bezerras durante a recria. Não foi observada diferença no peso ao nascer, porém aos 7 meses de idade o GA apresentou o maior peso (144 kg) reflexo do maior ( $P < 0,0001$ ) ganho de peso diário ( $0,497 \text{ kg dia}^{-1}$ ). O menor peso foi verificado no PS (124 kg) que da mesma forma apresentou o menor ganho diário ( $0,399 \text{ kg dia}^{-1}$ ), já o tratamento PM apresentou peso intermediário (136 kg), o que refletiu o ganho de peso diário intermediário ( $0,458 \text{ kg dia}^{-1}$ ). No mesmo sentido, aos 18 meses de idade foi obtido maior peso para os animais do GA, 276 kg, porém na referida fase PM e PS apresentaram pesos semelhantes, 266 e 254 kg, nessa ordem. A porcentagem do peso adulto apresentou comportamento semelhante as diferenças verificadas nos pesos absolutos aos 7 e 18 meses de idade. Aos 7 meses a diferença entre os tratamentos GA e PS foi na ordem de 4,9%, já aos 18 meses a mesma foi de 5,6%. Quando a comparação é realizada entre os tratamentos GA e PM, verifica-se diferenças de 2,2 e 3,7% aos 7 e 18 meses, respectivamente.

Os pesos aos 12 e 24 meses não diferiram. Dos 7 aos 12 meses de idade o PS apresentou maior ( $P=0,0008$ ) ganho de peso diário ( $0,498 \text{ kg dia}^{-1}$ ) o que resultou na equidade dos pesos aos 12 meses, 191; 194; 195 kg para GA, PM e PS, respectivamente. O peso aos 24 meses de idade, início do período reprodutivo, foi semelhante, 288; 289; 280 kg de peso corporal para GA, PM e PS, nessa ordem.

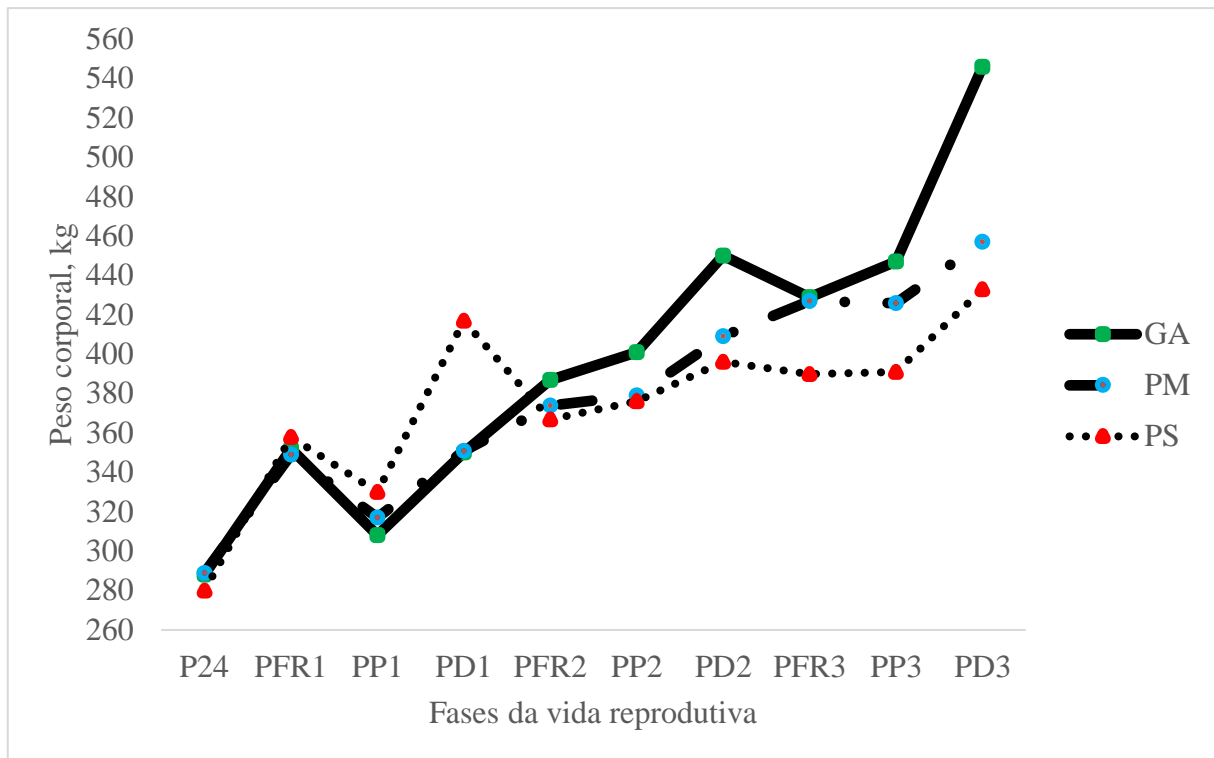
Tabela 2 – Pesos absolutos e relativo ao peso adulto da prole feminina de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
----- <i>Peso corporal, kg</i> -----				
Nascer	31,0 ± 0,56 <sup>3</sup>	31,5 ± 0,29	31,0 ± 0,55	0,63
7 meses	144 <sup>a</sup> ±4,19	136 <sup>b</sup> ±3,29	124 <sup>c</sup> ±4,67	0,0006
12 meses	191 ±6,90	194 ±5,17	195 ±6,86	0,86
18 meses	276 <sup>a</sup> ±6,90	266 <sup>a</sup> ±5,35	254 <sup>b</sup> ±7,41	0,02
24 meses	288 ±9,90	289 ±7,57	280 ±10,63	0,63
----- <i>Porcentagens de peso adulto em cada fase de desenvolvimento, %</i> -----				
Nascer	6,4 ±0,11	6,4 ±0,06	6,3 ±0,11	0,69
7 meses	30,1 <sup>a</sup> ±0,80	27,9 <sup>b</sup> ±0,63	25,2 <sup>c</sup> ±0,90	0,0001
12 meses	39,6 ±1,34	39,8 ±1,01	39,8 ±1,34	0,98
18 meses	55,3 <sup>a</sup> ±1,27	51,6 <sup>b</sup> ±0,99	49,7 <sup>b</sup> ±1,38	0,002
24 meses	60,0 ±1,89	59,1 ±1,45	57,0 ±2,05	0,44

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>2</sup>P<0,05diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média.

No Gráfico 1 é apresentada a variação de peso da progênie ao longo da vida reprodutiva. O PFR1 não diferiu, 352; 349 e 358 kg para GA, PM e PS, respectivamente. Os tratamentos GA e PM, demonstraram tendência (P=0,07) de perda de peso mais intensa durante a gestação, de 73,5 kg para o GA e de 58,7 kg para o PM. Já o tratamento PS apresentou a perda de peso menos intensa durante a gestação, 43,6 kg. Porém o PP1 foi semelhante estatisticamente (P=0,11), 308 kg para o GA, 317 kg para o PM e 330 kg para o PS. O PD1 diferiu foi maior para o PS, 417 kg, em relação ao GA e PM, 350 e 351 kg. Ao FPR2, PP2 e PD2 todos tratamentos apresentavam peso semelhante.

Gráfico 1 - Variação de peso durante a vida reprodutiva da prole feminina de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.



\* Médias diferem à nível de 5% de significância; P24= peso aos 24 meses de idade; PFR1= peso ao final da primeira estação reprodutiva; PP1= peso ao parto na primeira estação reprodutiva; PD1= peso ao desmame na primeira estação reprodutiva; PFR2= peso ao final da segunda estação reprodutiva; PP2= peso ao parto na segunda estação reprodutiva; PD2= peso ao desmame na segunda estação reprodutiva; PFR3= peso ao final da terceira estação reprodutiva; PP3= peso ao parto na terceira estação reprodutiva; PD3= peso ao desmame na terceira estação reprodutiva;

Durante a terceira estação reprodutiva, o tratamento PS foi o mais leve, 390 kg, do que em relação ao GA e PM, 429 e 427 kg, respectivamente. Em relação ao PP3, apesar da diferença numérica de 56 kg entre GA e PS e 35 kg entre PM e PS, não foi verificada diferenças significativas estatisticamente ( $P=0,45$ ). O PD3 foi maior ( $P=0,04$ ) para o GA do que em relação ao PM e PS, sendo verificados valores de 546 kg para GA e 457 e 433 kg para PM e PS, nessa ordem.

Na Tabela 3 é apresentado o desempenho produtivo e reprodutivo durante as três primeiras estações reprodutivas da prole feminina. As taxas de prenhez na primeira (PER) e terceira estação reprodutiva (TER) apresentaram tendência significativa ( $P>0,10$ ), na segunda estação reprodutiva (SER) os tratamentos apresentaram desempenho semelhante. Durante a PER foi observada a menor taxa de prenhez para o GA (50,0%), já para PM e PS foram

verificados índices de 59,9 e 69,8% para PM e PS, nessa ordem, sendo superiores ao primeiro tratamento. Apesar de não ter sido detectada diferença estatisticamente significativa ( $P>0,05$ ), houve superioridade numérica de 18,4% para o tratamento PS e 10,0% para o PM quando comparado ao GA. O que refletiu no índice de produção de bezerros das novilhas, onde o PS foi o mais eficiente (50,4 kg de bezerro/vaca), seguido do PM (43,7 kg de bezerro/vaca) e por último o GA (37,3 kg de bezerro/vaca), uma vez que o peso ao desmame dos bezerros foi semelhante.

Na TER os índices reprodutivos foram na ordem de 64,3% para o GA, 47,3% para o PM, sendo superiores ao do PS, 28%. Em comportamento inverso ao verificado na PER, o tratamento PS apresentou tendência inferior ao GA e PM, na ordem de 36,3% para o primeiro e 19,3% em relação ao segundo. Sendo assim o índice de produção de bezerros foi maior no GA, 57,7 kg de bezerro/vaca, intermediário no PM, 44,3 kg de bezerro/vaca e inferior no PS, 24,9 kg de bezerro/vaca. O índice de produção de bezerros médio, durante as três estações reprodutivas foi semelhante, reflexo do comportamento contrastante dos tratamentos GA e PS na primeira e terceira estações reprodutivas, e os resultados intermediários no PM.

O peso ao nascer dos bezerros na PER, demonstrou tendência ( $P=0,09$ ) de maiores pesos no PS, com 32,3 kg do que em relação ao PM, 30,4 kg. Por sua vez, o GA apresentou peso intermediário, 30,9 kg. Já na SER houve diferença significativa ( $P=0,02$ ), onde novamente os bezerros do PS foram mais pesados do que os do PM (37,1 vs 33,0 kg), o tratamento GA apresentou comportamento intermediário. Na terceira estação reprodutiva, não foram verificadas diferenças significativas nos pesos ao nascer.

O peso ao desmame precoce dos bezerros foi semelhante nas três estações reprodutivas, e na média dos tratamentos ao longo dos três anos estudados, sendo verificados valores de 87,9 kg para o GA, 84,7 kg para o PM e 82,5 kg para o PS. O que refletiu na resposta semelhante de eficiência produtiva na PER e SER. Porém, ao desmame da TER, as vacas do GA foram 113 kg mais pesadas que as do PS e 89 kg que as do PM, o que apontou em tendência ( $P=0,09$ ) de menor eficiência reprodutiva para o GA do que em relação aos demais tratamentos.

Tabela 3: Desempenho durante as três primeiras estações reprodutivas da prole feminina de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

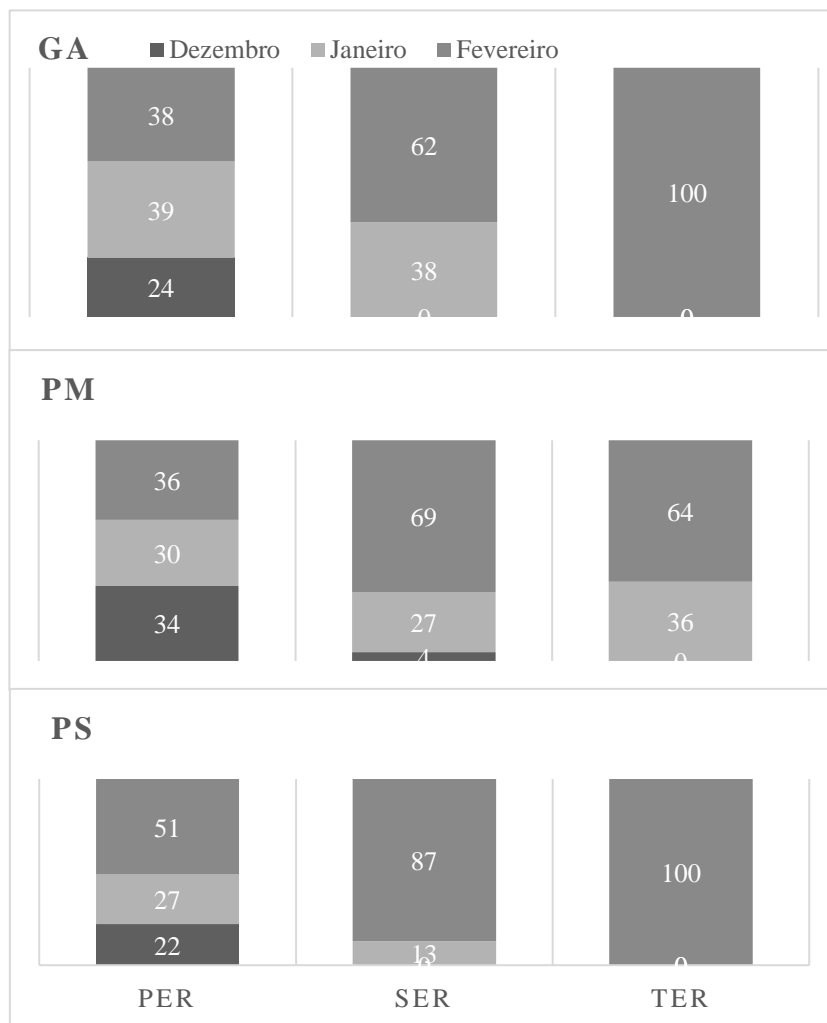
Tratamentos	Tratamentos <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
-----Taxa de prenhez, %-----				
PER <sup>4</sup>	50,0 <sup>y</sup> ± 0,06 <sup>3</sup>	59,9 <sup>y</sup> ± 0,03	69,8 <sup>x</sup> ± 0,05	0,05
SER	41,7 ± 0,09	44,3 ± 0,04	49,0 ± 0,07	0,77
TER	64,3 <sup>x</sup> ± 0,13	47,3 <sup>y</sup> ± 0,07	28,0 <sup>z</sup> ± 0,09	0,08
Média	52,0	50,5	48,9	-
-----Peso ao nascer do bezerro, kg-----				
PER	30,9 <sup>y</sup> ± 0,90	30,4 <sup>y</sup> ± 0,45	32,3 <sup>x</sup> ± 0,77	0,09
SER	35,1 <sup>ab</sup> ± 1,92	33,0 <sup>b</sup> ± 1,27	37,1 <sup>a</sup> ± 1,80	0,02
TER	36,4 ± 1,98	36,1 ± 0,99	30,8 ± 2,60	0,16
Média	33,2 ± 1,45	32,7 ± 0,80	34,8 ± 1,13	0,17
-----Peso ao desmame do bezerro, kg-----				
PER	74,4 ± 3,81	74,1 ± 2,62	73,2 ± 3,72	0,94
SER	88,2 ± 6,67	83,8 ± 2,69	83,9 ± 4,64	0,83
TER	90,7 ± 6,95	93,3 ± 3,49	87,6 ± 7,12	0,71
Média	87,9 ± 3,84	84,7 ± 1,71	82,5 ± 2,87	0,59
-----Eficiência produtiva <sup>5</sup> -----				
PER	24,0 ± 1,07	22,5 ± 0,48	21,9 ± 0,78	0,33
SER	20,4 ± 1,41	21,4 ± 0,57	22,1 ± 1,01	0,68
TER	13,5 <sup>y</sup> ± 3,68	18,9 <sup>x</sup> ± 2,28	19,6 <sup>x</sup> ± 2,41	0,09
Média	18,6 ± 2,01	21,7 ± 0,96	22,9 ± 1,69	0,35
-----Índice de produção de bezerros <sup>6</sup> -----				
PER	37,3 <sup>c</sup> ± 2,40	43,7 <sup>b</sup> ± 1,64	50,4 <sup>a</sup> ± 2,32	0,0001
SER	36,9 ± 3,02	37,1 ± 1,24	41,1 ± 2,13	0,26
TER	57,7 <sup>a</sup> ± 3,11	44,3 <sup>b</sup> ± 1,56	24,9 <sup>c</sup> ± 3,18	0,0001
Média	42,3 ± 5,46	41,1 ± 2,62	44,8 ± 4,60	0,76

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média. <sup>a,b,c</sup>P≤0,05 diferem ao nível de 5% de significância; <sup>xy,z</sup>P≤0,10 diferem ao nível de 10% de

significância; <sup>4</sup>PER=primeira estação reprodutiva; SER=segunda estação reprodutiva; TER=terceira estação reprodutiva; <sup>5</sup>Eficiência produtiva = (kg de bezerros / peso da vaca) \* 100; <sup>6</sup>Índice de produção de bezerros= (kg de bezerros\* taxa de prenhez)/100.

No gráfico 2 é apresentada a distribuição das concepções da prole feminina ao longo das três primeiras estações reprodutivas. Pode-se observar que na PER os tratamentos GA e PM apresentaram melhor distribuição das concepções. Já o PS demonstrou maior concentração (51%) das concepções no último subperíodo da reprodução.

Gráfico 2 - Distribuição das épocas de concepções da prole feminina de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.



PER=primeira estação reprodutiva, SER=segunda estação reprodutiva; TER=terceira estação reprodutiva.

Na SER todos os tratamentos apresentou maior concentração das concepções nos dois últimos subperíodos da reprodução (janeiro e fevereiro), porém o tratamento PS concentrou a

maior parte das concepções no último subperíodo de parição (87%). Já na TER houve maior concentração das concepções no final do período reprodutivo, o tratamento GA e PS apresentaram 100% nos últimos 30 dias do período reprodutivo. O tratamento PM por sua vez, apresentou distribuição de 36 e 64% das concepções no segundo e terceiro subperíodos, respectivamente.

A idade ao primeiro parto (IPP) e o intervalo entre partos (IEP) não diferiram entre os tratamentos (Tabela 4), sendo obtidos valores de 39,7 e 16,2 meses para GA, 39,8 e 17,0 meses para PM e 39,4 e 16,1 meses para o PS.

Tabela 4 – Idade ao primeiro parto (IPP), intervalo entre partos médio (IEP) da prole de vacas de corte com diferentes variações de peso durante a gestação.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			Valor de P <sup>2</sup>
	GA	PM	PS	
IPP, meses	39,7 ± 1,38 <sup>3</sup>	39,8 ± 1,05	39,4 ± 1,45	0,93
IEP, meses	16,2 ± 1,61	17,0 ± 1,07	16,1 ± 1,65	0,71

<sup>1</sup>GA (ganho de peso): vacas gestantes que ganharam de 0,0 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PM (perda moderada) vacas gestantes que perderam de 0,1 a 15,0% do peso corporal durante a gestação; PS (perda severa de peso): vacas gestantes que perderam de 15,1 a 30,0% do peso corporal durante a gestação;

<sup>2</sup>P≤0,05diferem ao nível de 5% de significância; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média.

## Discussão

A variação de peso das vacas durante a gestação está diretamente atrelada a sub época de parição e a condição de meio onde as vacas foram mantidas. As pastagens naturais do Bioma Pampa apresentam crescimento sazonal, influenciado pela queda nas temperaturas médias durante o período de inverno, impactando de forma negativa na taxa de crescimento e qualidade bromatológica (PELLEGRINI et al., 2010). A pastagem natural da área experimental é caracterizada pela invasão da gramínea *Eragrostis plana* Nees, que segundo Pellegrini et al. (2016) apresenta menores valores nutricionais de proteína bruta, fibra em detergente neutro e digestibilidade da matéria orgânica, do que as espécies nativas. Em pesquisa realizada na mesma área experimental do presente estudo, Cerdótes et al. (200v4) descrevem como alteração mais marcante na qualidade bromatológica da pastagem o aumento na digestibilidade da matéria orgânica (14,05; 27,72 e 35,01% para os meses de setembro, outubro e novembro, nessa



ordem) e diminuição no teor de matéria seca (54,15; 42,21 e 46,36% nos meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente).

O terço final da gestação é o período que ocorre a maior demanda de nutrientes, em função do maior crescimento fetal. Cerca de 75% do tamanho do bezerro ao nascer ocorre no referido período (BAUMAN e CURRIE, 1980). Pode-se observar que o tratamento GA concentrou a maior parte dos partos no mês de novembro (95%), o que coincidiu o terço final da gestação com o período de melhor qualidade bromatológica da pastagem. Por outro lado, o PS concentrou a parição nos meses de setembro e outubro (86%). Já o PM foi o que apresentou melhor distribuição dos partos ao longo do período de parição, o que está relacionado com a perda de peso menos intensa do que a visualizada no tratamento PS.

A partição de nutrientes entre a vaca e o feto é regulada por dois mecanismos, a homeostase e homeorrese. A homeostase é um conceito baseado na ideia de manter um estado interior estável de tecidos e órgãos, através da regulação da concentração de glicose no sangue e da ação dos hormônios insulina e glucagon. Já homeorrese é a regulação do particionamento de nutrientes, orquestradas para suprir o metabolismo de tecidos corporais de um estado fisiológico dominante (BELL & BAUMAN, 1997).

Tendo como base os mecanismos que agem na regulação da partição de nutrientes entre a vaca e o feto, é possível afirmar que no GA as demandas metabólicas do feto foram supridas, uma vez que houve ganho de peso da vaca durante a gestação. Porém para o tratamento PS, a acentuada perda de peso verificada (69,33 kg) e o menor ECC ao parto (2,19 pontos) indicam que o fornecimento de nutrientes para o feto tenha sido fortemente prejudicado. O tratamento PM, que apresentou perda de peso moderada (29,16 kg) e ECC ao parto intermediário (2,41 pontos), apresentava maior PFR, o que possivelmente tenha compensado o período de maior exigência na gestação através da mobilização de reservas corporais, como o tecido adiposo e muscular (BAUMAN e CURRIE, 1980). Segundo Symonds et al. (1995) um dos principais determinantes do desenvolvimento fetal é a concentração de substrato materno e o ambiente hormonal, que influencia a divisão de nutrientes no corpo e, portanto, influencia o suprimento de energia para o feto em crescimento. Ainda de acordo com os autores, mudanças na nutrição materna podem alterar o crescimento fetal, devido a alterações na concentração plasmática materna de glicose e subsequentes alterações no suprimento de glicose para o feto em crescimento.

Ao analisarmos o desenvolvimento da progênie, pode-se afirmar que o ganho de peso da vaca durante a gestação aumentou o número de células musculares (hiperplasia) e assim

proporcionou maior hipertrofia muscular, resultando em maior peso corporal, uma vez que após o nascimento não há formação de novas fibras musculares e sim o aumento no tamanho das fibras pré-estabelecidas durante a gestação (BUTTERY et al., 2000; KARUNARATNE et al., 2005).

Segundo Du et al. (2010), existem duas ondas de formação de fibras musculares, as miofibras primárias se formam durante o estágio inicial de miogênese no desenvolvimento embrionário chamada também de primeira onda de miogênese, que ocorre entre o primeiro e terceiro mês de gestação. Já as miofibras secundárias são formadas durante a segunda onda de miogênese no estágio fetal, do terceiro ao sétimo mês de gestação e contabiliza a maioria das fibras musculares esqueléticas. Dessa forma, acredita-se que a melhor nutrição proporcionada às vacas do tratamento GA no terço final de gestação, influenciou positivamente na segunda onda de miogênese.

Resultados semelhantes aos relatados no presente estudo são reportados na literatura. Funston et al. (2010) ao estudarem a suplementação proteica no terço final da gestação, não relatam influência do peso ao nascer das bezerras, porém ao desmame as bezerras filhas de vacas que receberam suplementação proteica durante a gestação foram mais pesadas do que as que não foram suplementadas, 232,0 e 224,5 kg de peso corporal respectivamente. Resultado semelhante é relatado por Larson et al. (2009) ao estudarem os machos contemporâneos aos animais utilizados por Funston et al. (2010). Martin et al. (2006) relatam peso superior ao desmame de bezerras filhas de vacas que receberam suplementação proteica durante a gestação.

Os pesos semelhantes aos 12 meses de idade podem ser atribuídos ao fato de que na referida fase os animais foram recriados em pastagem cultivada de *Avena strigosa* e *Lolium multiflorum*, o que possivelmente tenha ocasionado um ganho compensatório nas bezerras do PS em função do baixo peso obtido aos 7 meses de idade (124,31 kg). Dos 12 aos 18 meses de idade as bezerras do GA apresentaram maior ( $P=0,0008$ ) ganho de peso diário (0,412 vs 0,320 e 0,275 kg dia<sup>-1</sup>, para GA, PM e PS, respectivamente). Já aos 24 meses de idade, os animais haviam passado por período onde ocorrem baixas temperaturas e o crescimento da pastagem natural diminui, restringindo a quantidade de nutrientes aos animais. Dos 7 aos 18 meses de idade coincide com período posterior ao de maior crescimento e disponibilidade de forragem natural pelas maiores temperaturas médias, melhorando as condições do meio, fato esse que possivelmente tenha influenciado nas diferenças de pesos verificadas.

O GMD no período pré-acasalamento (18 meses aos 24 meses) foi semelhante, 0,110; 0,183; 0,194 kg dia<sup>-1</sup> para os tratamentos GA, PM e PS, nessa ordem. O peso corporal das novilhas ao primeiro acasalamento é um dos principais indicadores de aptidão das fêmeas a

exposição ao primeiro serviço. Pesquisas recentes demonstram que um peso alvo de 51 a 57% do peso corporal adulto, é suficiente para que as fêmeas alcancem a puberdade (MARTIN et al., 2008; ROBERTS et al., 2009; LARSON et al., 2011). Dessa forma, ao analisarmos a porcentagem do peso adulto ao longo do desenvolvimento das bezerras, é possível perceber que aos 24 meses todos os tratamentos apresentavam condições de serem submetidas ao acasalamento, 60,02%; 59,11%; 57,01% do PC adulto para o GA, PM e PS respectivamente. Porém, cabe ressaltar que os referenciais de peso mínimo para aptidão das novilhas a reprodução relatados pelos autores, são obtidos em condições de meio distintas ao qual foram submetidos os animais do presente estudo. O que pode justificar em parte o desempenho modesto nos índices reprodutivos.

Funston e Larson (2011) em seu estudo, destacam a intensidade de ganho de peso na fase de recria como um importante indicador da capacidade reprodutiva das novilhas ao serem submetidas ao acasalamento. A intensidade de ganho de peso é reflexo do aporte nutricional ao qual as novilhas foram submetidas, e o aporte nutricional influencia a expressão do hormônio do crescimento (GH), e do Fator de Crescimento do Tipo Insulina 1 (IGF-1), que a nível de ovário estimula os receptores do hormônio luteizante (LH) e hormônio folículo-estimulante (FSH) com início do aparecimento do estro (BARCELLOS et al. 2014).

Nesse sentido, a tendência de diferença na taxa de prenhez na PER pode ser atribuída ao ganho de peso dos 24 meses ao FPR1 (durante o período de acasalamento). O ganho de peso diário na referida fase foi superior ( $P=0,015$ ) para o tratamento PS em relação ao GA e ao PM, 0,595; 0,491; 0,511 kg dia<sup>-1</sup>, resultando em um ganho de peso na ordem de 75,90; 64,61; 67,49 kg para os tratamentos PS, GA e PM, respectivamente. O desempenho superior das novilhas filhas de vacas do tratamento PS, que sofreram maior perda de peso durante a gestação, durante a PER pode ser atribuído a capacidade de adaptação metabólica a ambientes de menor disponibilidade de nutrientes na vida pós-natal (GREENWOOD et al. 2010). Ao que Hales et al. (2001) chamaram de “fenótipo poupador”, ou seja, a nutrição fetal deficitária estabelece mecanismos de treinamento de economia nutricional, que tem um impacto diferenciado no crescimento de órgãos, alterando permanentemente a estrutura e função do corpo.

A idade ao primeiro parto não foi influenciada pelos tratamentos, mesmo com a superioridade na taxa de prenhez de 19,8% do PS em relação ao GA e de 9,9% do PM em relação ao GA. Em média os animais estudados pariram pela primeira vez com 39,6 meses, sendo reflexo da taxa de prenhez média obtida na primeira estação reprodutiva (59,9%), onde

os animais que não demonstraram prenhez positiva na referida fase apresentaram elevada taxa de prenhez na segunda estação reprodutiva.

Ao analisarmos o comportamento do peso corporal das novilhas durante a vida reprodutiva, cabe destacar que as filhas de vacas que ganharam peso ou perderam peso moderadamente durante a gestação, ao atingirem o tamanho adulto, tendem a ter tamanho corporal maior, o que pode ser verificado a partir da segunda estação reprodutiva. O que pode ser justificado pela diminuição das exigências nutricionais dos animais com o avançar da idade, uma vez que diminui ou cessa o crescimento (DI MARCO, 1998), o que refletiu na equidade na taxa de prenhez na SER.

A tendência de maior taxa de prenhez para o GA e PM em relação ao PS durante a TER está atrelado a distribuição das concepções ao longo das três estações reprodutivas. Na PER o PS apresentou maior percentual de concepção no último terço da estação de monta (51%), o que foi refletiu em atraso das concepções subsequentes, 87% no último terço da SER e 100% no último terço da TER. Com o aumento do intervalo parto-concepção diminuem as chances de concepção. Os tratamentos GA e PM demonstraram concepções mais distribuídas ao longo da PER, o que influenciou nas épocas de concepções subsequentes.

Ao analisarmos o comportamento reprodutivo da prole feminina ao longo da vida reprodutiva, verifica-se que a resposta média entre os tratamentos não diferiu, e que a oscilação entre os períodos reprodutivos está diretamente atrelada ao meio onde os animais são manejados.

Funston et al. (2010) ao estudarem o fornecimento de suplementação proteica para vacas em gestação no desempenho reprodutivo da progênie, relatam taxas de prenhez semelhantes tanto na primeira como na segunda estação reprodutiva, além de equidade na resposta ao peso ao nascer e ao desmame dos terneiros. No mesmo sentido, Cushman et al. (2014), relatam taxas de prenhez semelhantes para novilhas descendentes de vacas que receberam distintos planos nutricionais durante a gestação, ainda de acordo com os autores, as novilhas filhas de vacas que receberam maior plano nutricional na gestação conceberam em maior número no início da estação de reprodução.

O aparelho reprodutivo fetal é formado durante os estágios iniciais da gestação. De acordo com Rhind (2004) os requisitos nutricionais do feto são pequenos durante os estágios iniciais de desenvolvimento, porém a nutrição materna pode influenciar o desenvolvimento do sistema reprodutivo fetal. Os ovários fetais representam um tecido com alta proliferação celular e seu desenvolvimento e crescimento é regulado por numerosos fatores de origem fetal e materna incluindo FSH, LH, estrogênios, enzimas que controlam esteroidogênese, fator de

diferenciação de crescimento, fator de crescimento epidérmico e muitas outras (PEPE et al., 2006). Rhind (2004) afirma que as concentrações plasmáticas de insulina, IGF-1 e leptina aumentam com a melhor condição corporal da vaca (aumento da ingestão alimentar, aumento dos depósitos de gordura corporal) e diminuição com o baixo estado corporal (redução da ingestão alimentar, aumento da mobilização tecidual para sustentar a gestação).

Em contraponto, Rhind et al. (2001) afirmam que a puberdade e a eficiência produtiva podem ser alteradas pela disponibilidade de energia materna, pois a foliculogênese no feto bovino não é completada até o final da gestação. Em pesquisa com ovinos, Long et al. (2010) relataram que a progênie de ovelhas que sofreram restrição nutricional durante o meio da gestação teve reduzidas as concentrações de progesterona durante a fase lútea do seu ciclo estral. Grazul-Bilska et al. (2009) observaram que o fornecimento de 60% das exigências de manutenção em ovelhas, impactou na redução na taxa de reprodução dos folículos primordiais do que os fetos de ovelhas alimentadas com 100% das exigências, segundo o NRC. O que, segundo Funston et al. (2010), pode acarretar em um prejuízo na futura atividade folicular, na fertilidade e na longevidade reprodutiva. Ainda de acordo com Grazul-Bilska et al. (2009), esses resultados indicam que o plano de nutrição materno está envolvido na regulação da foliculogênese precoce e crescimento do tecido ovariano fetal.

A taxa de prenhez média nas três estações reprodutivas, 50,5 %, está dentro dos padrões obtidos para vacas de corte mantidas em pastagem natural. Resultados na mesma magnitude são relatados por Vaz et al. (2014) (43,8%) e Farias et al. (2018) (63,7%) para rebanhos de cria em pastagem natural.

A eficiência produtiva obtida, 20,69; 21,76; 23,16 kg de bezerro/100 kg de vaca está dentro do observado em sistemas de produção de bezerros no Rio Grande do Sul. Silveira et al. (2014) relatam produção semelhante as obtidas no presente estudo, 21,8 kg de bezerro/100 kg de vaca ao estudarem o fornecimento de gordura protegida no pré e/ou pós parto e 20,4 kg de bezerro/100 kg de vaca quando as vacas foram mantidas exclusivamente em pastagem nativa. Vaz et al. (2014) relatam eficiência produtiva de 22,3 kg de bezerro/100 kg de vaca para vacas mantidas em pastagem nativa, 22,5 kg de bezerro/100 kg de vaca para vacas que pastorearam pastagem cultivada no pré-parto e 24,1 kg de bezerro/100 kg de vaca para vacas mantidas em pastagem cultivada no pós-parto.

## Conclusões

A prole feminina de vacas que ganham peso durante a gestação, apresenta maior peso e porcentagem do peso adulto aos 7 e 18 meses de idade.

Na primeira estação reprodutiva, a prole de vacas que perderam peso de forma mais acentuada durante a gestação apresenta melhor desempenho reprodutivo.

Na segunda estação reprodutiva, a prole de vacas que perderam peso de forma mais acentuada apresenta maior peso ao nascer dos bezerros.

Na terceira estação reprodutiva, a prole de vacas que ganharam peso na gestação, apresenta maior desempenho reprodutivo.

## Referências

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J. Variação anual do peso e estado corporal de vacas de corte de diferentes grupos genéticos-I. Vacas paridas e com prenhez positiva na sequência. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 19, n. 1, p. 54-59, 1998.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA [ANUALPEC]. (2018). **Anuário da Pecuária Brasileira** (20th ed., Vol. 1). São Paulo, SP: Instituto FNP.

BAUMAN, D.E.; CURRIE, W.B. Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1514-1529, 1980.

BARCELLOS, J.O.J. et al. Higher feeding diets effects on age and liveweight gain at puberty in crossbred Nelore × Hereford heifers. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, p.953–960, 2014.

BELL, A.W.; BAUMAN, D.E. Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. **Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia**, v.2, n.3, 1997.

BUTTERY, P.J.; BRAMELD, J.M.; DAWSON, J.M. Control and Manipulation of Hyperplasia and Hypertrophy in Muscle Tissue. In: **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth, and reproduction**. Ed. CRONJE, P. CAB International, 2000, 474p.

CERDÓTES, L. et al. Produção e composição do leite de vacas de quatro grupos genéticos submetidas a dois manejos alimentares no período de lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 610-622, 2004.

- CUSHMAN, R. A.; MCNEEL, A. K.; FREETLY, H. C. The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. **Livestock Science**, v.162, p.252-258, 2014.
- DI MARCO, O. N. **Crecimiento de vacunos para carne**. Mar del Plata – AR Ed. Balcarce, 1998. 246 p.
- DU, M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, v.88, p.E51-E60, 2010.
- DU, M. et al. Fetal programming in meat production. **Meat Science**, v.109, p. 40–47, 2015.
- FARIAS, G.D. et al. Biological efficiency of Charolais beef cows of different body sizes. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.4, p.1737-1748, 2018.
- FUNSTON, R.N.; LARSON, D.M.; VONNAHME, K.A. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, p.E205–E215, 2010.
- FUNSTON, R. N.; LARSON, D. M. Heifer development systems: Dry-lot feeding compared with grazing dormant winter forage. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1595–1602, 2011.
- GRAZUL-BILSKA, A. T. et al. Cellular proliferation and vascularization in ovine fetal ovaries: Effects of undernutrition and selenium in maternal diet. **Reproduction**, v.137, p.699–707, 2009.
- GREENWOOD, P.L.; THOMPSON, A.N.; FORD, S.P. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. GREENWOOD, P.L. et al. (ed.). **Managing the prenatal environment to handle livestock productivity**. Dordrecht: Springer Science and Business Media B.V., 2010.
- HALES, C. N.; BARKER, D. J. The thrifty phenotype hypothesis: Type 2 diabetes. **British Medical Bulletin**, v.60, n.1, p.5-20, 2001.
- KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of Anatomy**, v.207, p.763–768, 2005.
- LARSON, D. M.; CUPP, A.S.; FUNSTON, R.N. Heifer development systems: A comparison of grazing winter range or corn residue. **Journal of Animal Science**, v.89, p.2365–2372, 2011.
- LONG, N. M. et al. The impact of early to mid-gestational nutrient restriction on female offspring fertility and hypothalamic pituitary-adrenal axis response to stress. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2029–2037, 2010.
- LONG, N.M. et al. The impact of early to mid-gestational nutrient restriction on female offspring fertility and hypothalamic pituitary-adrenal axis response to stress. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2029–2037, 2010.

LOWMAM, B.G.; SCOTT, N.; SMERWILLE, S. **Condition scoring beef cattle**. Edinburgh: East of Scotland College of Agriculture. 1973.

MARTIN, J. L. et al. Effect of pre-breeding body weight or progestin exposure before breeding on beef heifer performance through the second breeding season. **Journal of Animal Science**, v.86, p.451–459, 2008.

MARTIN, J. et al. Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. **Nebraska Beef Report**, p. 1-10, 2006.

NABINGER, C. et al. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V.P. et al. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**, Brasília: MMA, 2009, 403 p.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press.

NURMAMAT, T. et al. Early to mid-gestational nutrient restriction reduced steroidogenic enzyme expression in luteal tissue of mature offspring. **Biology of Reproduction**, v.85, p.216, 2011.

PELLEGRINI, C. B.; LOPES, L. F. D. Comportamento reprodutivo de vacas de corte manejadas em pastagem natural com duas cargas animais e duas idades à desmama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2606-2612, 2011.

PELLEGRINI, C.B. et al. Valor nutritivo de uma pastagem nativa dominada por *Eragrostis plana* Nees e sua relação com o perfil metabólico de vacas primíparas suplementadas da gestação ao pós-parto. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, n.2, p. 154-163, 2016.

PEPE, G.J.; BILLIAR, R.B.; ALBRECHT, E.D. Regulation of baboon fetal ovarian folliculogenesis by estrogen. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v.247, p.41–46, 2006.

VAZ, R. Z.; LOBATO, J. F. P.; RESTLE, J. Productivity and efficiency of cow herds submitted to two weaning ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 8, p. 1849-1856, 2010.

VAZ, R. Z. et al. Produtividade e eficiência de produção de vacas de diferentes grupos genéticos submetidas a pastagens cultivadas no pré ou pós-parto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n. 5, p. 2697-2708, 2014.

RAE, M.T. et al. Maternal undernutrition during pregnancy retards early ovarian development and subsequent follicular development in fetal sheep. **Reproduction**, v.122, p.915–22, 2001.

RHIND, S. M.; RAE, M. T.; BROOKS, A. N. Effects of nutrition and environmental factors on the fetal programming of the reproductive axis. **Reproduction**, v.122, n.2, p.205-214, 2001.

RHIND, S. M. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. **Animal Reproduction Science**, v.82, p.169-181, 2004.



ROBERTS, A. J. et al. Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a 140-d period after weaning. **Journal of Animal Science**, v.87, p.3043–3052, 2009.

SILVEIRA, M.F. et al. Suplementação com gordura protegida para vacas de corte desmamadas precocemente mantidas em pastagem natural. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 809-817, 2014.

STRECK, E. V. et al. 2008. **Solos do Rio Grande do Sul**. p.222. UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia.

SYMONDS, M. E. et al. Nutrition, temperature and homeostasis during perinatal development. **Experimental Physiology**, v.80, n.6, p.907-940, 1995.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tradicionalmente os rebanhos de cria são mantidos em sistemas extensivos, com alimentação à base de pastagens, marcados pelas características sazonais de produção e das chuvas ou por temperaturas baixas em determinadas épocas do ano que diminuem a taxa de crescimento do pasto, períodos esses que coincidem com o período gestacional das vacas. O rebanho de cria é destinado a áreas pastoris de menor qualidade uma vez que em períodos de restrição alimentar como é o caso do inverno no Rio Grande do Sul, as pastagens de melhor qualidade são destinadas a categorias em recria/terminação.

O baixo plano nutricional da vaca prenha, que em última instância irá impactar sobre a variação de peso da vaca, que é o foco do presente estudo, impacta diretamente sobre a resposta que a progênie irá ter na terminação e no retorno financeiro da atividade. Porém, seja pela falta de conhecimento ou pela resposta não ser de retorno imediato, não é dada maior atenção aos impactos que a variação de peso/nutrição da vaca prenha pode trazer.

Ao analisarmos os resultados do presente estudo, é possível perceber que a variação de peso está diretamente atrelada a sub época de parição das vacas, onde os animais que concentraram os partos no início da época de parição apresentaram variação negativa do peso durante a gestação. Já as vacas que concentraram os partos no final do período de parição apresentaram ganho de peso. O que se justifica pela melhora das condições nutricionais do pasto no decorrer da época de parição. Com relação da variação de peso da vaca e seus efeitos na prole, pode-se perceber que houve efeito positivo na nutrição fetal e que o mesmo se prolonga durante a vida da prole perdurando até o abate nos casos dos machos e na reprodução no caso das fêmeas. Cabe ressaltar que a resposta dos animais melhor nutridos na gestação é superior quando as condições do meio são mais próximas do ideal nutricional, já quando as condições fogem das consideradas ótimas, os animais que passaram por maior restrição nutricional durante a gestação passam a ter desempenho superior.

Outro ponto a ser destacado, é a resposta da prole das vacas que tiveram perda de peso moderada durante a gestação, onde na maioria das características avaliadas o desempenho produtivo e reprodutivo se equiparou ao desempenho da prole de vacas que ganharam peso na gestação. Fato que nos permite afirmar que é possível as vacas perderem pouco peso na gestação e mesmo assim conseguirem nutrir de forma satisfatória o feto, desde que tenham bom peso e condição corporal no início da gestação.

Dessa forma é possível afirmar que os impactos da variação de peso durante a gestação em vacas de cria mantidas em sistemas extensivos com base alimentar em pastagens naturais ocorrem principalmente no final da gestação, período esse em que ocorrem a miogênese secundária, adipogênese e hipertrofia muscular fetal, refletindo em maior peso de abate, peso de carcaça, músculo, compacidade da carcaça, nos cortes comerciais, área de *Longissimus dorsi* e marmoreio em animais filhos de vacas que ganharam peso ou que expressaram menor perda de peso durante a gestação.

Ao analisarmos o desempenho reprodutivo das fêmeas é possível observar efeito positivo da melhor nutrição fetal no crescimento e desenvolvimento corporal. Porém essa influência é percebida enquanto os animais permaneceram na recria e receberam melhores condições alimentares, como suplementação no desmame e pastagem de inverno na recria o que potencializou a resposta dos animais melhor desenvolvidos na gestação. No segundo ano de vida as novilhas foram mantidas em pastagem natural de baixa qualidade nutricional para a categoria até o período reprodutivo, o que ocasionou uma queda no desempenho dos animais melhor desenvolvidos na gestação. Já o inverso foi observado nos animais filhos de vacas que perderam mais peso mais intensamente. O que pode ter refletido no primeiro ano reprodutivo das novilhas com melhor nutrição materna durante a gestação. De forma geral, em ambos os tratamentos as respostas reprodutivas não foram satisfatórias, pela baixa taxa e repetição de prenhez, o que pode auxiliar a caracterizar o baixo plano nutricional ao qual os animais foram submetidos.

A mesma análise pode ser extrapolada para os machos, porém com a diferença de que a referida categoria foi exposta a um ambiente favorável nutricionalmente durante a terminação, o que possibilitou a expressão do melhor desempenho produtivo dos animais filhos de vacas que ganharam ou perderam pouco peso durante a gestação.

Sendo assim, para termos boas respostas na nutrição fetal, o ideal é realizar o manejo nutricional para fornecer nutrientes por meio de suplementação quando a dieta basal for deficiente ou utilização de pastagens cultivadas, evitando a queda no peso e na condição corporal das vacas durante a gestação, porém em função alto custo essas técnicas podem inviabilizar sua aplicabilidade. No entanto, existem alternativas de manejo menos onerosas, manejando a condição corporal e o peso da vaca prenha com práticas de manejo específicas, permitindo ao animal alcançar melhor condição corporal antes de períodos de restrição, com ferramentas de manejo como o desmame precoce, mudança na estação de monta e por consequência na estação de parição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMAN, D.E.; CURRIE, W.B. Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1514-1529, 1980.
- BARKER, D. J. P.; CLARK, PHILLIPA M. Fetal undernutrition and disease in later life. **Reviews of reproduction**, v.2, n.2, p.105-112, 1997.
- BARKER, D.J.P. et al. Fetal origins of adult disease: Strength of effects and biological basis. **International Journal of Epidemiology**, v.31, p. 1235-1239, 2002.
- BEERMANN, D.H.; CASSENS, R.G.; HAUSMAN, G.J. A second look at fiber type differentiation in porcine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v.46, p.125-132, 1978.
- BELL, A.W.; EHRHARDT, R.A. Regulation of Macronutrient Partitioning between Maternal and Conceptus Tissues in the Pregnant Ruminant. In: CRONJE, P. (ed.). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth, and reproduction**. CAB International, 2000, 474p.
- BELL, A.W. Pregnancy and fetal metabolism. In: FORBES, J.M. and FRANCE, J. (ed.) **Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism**. CAB International, Wallingford, 1993, p.431.
- BUTTERY, P.J.; BRAMELD, J.M.; DAWSON, J.M. Control and Manipulation of Hyperplasia and Hypertrophy in Muscle Tissue. In: **Ruminant physiology : digestion, metabolism, growth, and reproduction**. Ed. CRONJE, P. CAB International, 2000, 474p.
- CAFE, L.M. et al. Growth and carcass characteristics at heavy market weights of Wagyu-sired steers following slow or rapid growth to weaning. **Australian Journal Experiences Agricola**, v.46, p.951-955, 2006.
- DWYER, C. M.; STICKLAND, N. C.; FLETCHER, J.M. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. **Journal of Animal Science**, v.72, p.911-917, 1994.
- DU, M. et al. Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. **Biology of Reproduction**, v.82, p.4-12, 2009.
- DU, M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, v.88, p.E51-E60, 2010.
- DU, M. et al. Fetal programming in meat production. **Meat Science**, v.109, p. 40-47, 2015.
- ENK, T. A.; PICTON, H.D.; WILLIAMS, J.S. Factors limiting a bighorn sheep population in Montana following a die off. **Northwest Science**, v.75, p.280-291, 2001.

FOWLER, P.A. et al. In utero exposure to low doses of environmental pollutants disrupts fetal ovarian development in sheep. **Molecular Human Reproduction**, v.14, p.269–280, 2008.

FEVE, B. Adipogenesis: Cellular and molecular aspects. **Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.19, p.483–499, 2005.

FERREIRA, A. M. **Reprodução da fêmea bovina: fisiologia aplicada e problemas mais comuns (causas e tratamentos)**. Ed. Juiz de Fora: MG, Editora Editar, 2010, 243p.

FORD, S. P. et al. Maternal undernutrition during early to mid-gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1285–1294, 2007.

FUNSTON, R. N. et al. Effects of winter grazing system and supplementation during late gestation on performance of beef cows and progeny. **American Society of Animal Science**, v.59, p.102–105, 2008.

FUNSTON, R.N.; LARSON, D.M.; VONNAHME, K.A. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. **Journal of Animal Science**, v.88, p.E205–E215, 2010.

GALLAHER, B.W. et al. Fetal programming of insulin-like growth factor (IGF)-1 and IGF-binding protein-3: evidence for an altered response to undernutrition in late gestation following exposure to preconceptual undernutrition in the sheep. **Journal of Endocrinology**, v.159, p.501–508, 1998.

GRAZUL-BILSKA, A. T. et al. Cellular proliferation and vascularization in ovine fetal ovaries: Effects of undernutrition and selenium in maternal diet. **Reproduction**, v.137, p.699–707, 2009.

GREENWOOD, P.L. et al. Intrauterine growth retardation is associated with reduced cell cycle activity, but not myofibre number, in ovine fetal muscle. **Reproduction, Fertility, and Development**, v.11, p.281–291, 1999.

GREENWOOD, P. L. et al. Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: II. Skeletal muscle growth and development. **Journal of Animal Science**, v.78, p.50–61, 2000.

GREENWOOD, P. L.; CAFE, L.M. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: Long-term consequences for beef production. **Animal**, v.1, n.9, p.1283–1296, 2007.

GREENWOOD, P.L.; THOMPSON, A.N.; FORD, S.P. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. GREENWOOD, P.L. et al. (ed.). **Managing the prenatal environment to handle livestock productivity**. Dordrecht: Springer Science and Business Media B.V., 2010.

GODFREY, K. M.; BARKER, D. J.P. Fetal nutrition and adult disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n.5, p.1344s-1352s, 2000.

GUZMAN, C. et al. Protein restriction during fetal and neonatal development in the rat alters reproductive function and accelerates reproductive ageing in female progeny. **Journal Physiology**, v.572, p.97–108, 2006.

HAMMOND, J. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. **Biological Reviews**, v.22, p.195–213, 1947.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P.; DA COSTA, B.S.C. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: Simpósio de forrageiras e produção animal, 2., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2007. p.15-22.

HINDE, K.; CAPITANIO, J. P. Lactational programming: Mother's milk energy predicts infant behavior and temperament in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). **American Journal of Primatology**, v.72, p.522-529, 2010.

JENSEN, K. B. et al. Seasonal-accumulated growth and forage quality of range grasses for fall and winter grazing. **Canadian Journal of Plant Science**, v.82, p.329–336, 2002.

KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of Anatomy**, v.207, p.763–768, 2005.

KUANG, S. et al. Asymmetric self-renewal and commitment of satellite stem cells in muscle. **Cell**, v.129, n.5, p.999-1010, 2007.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6° ed. Porto Alegre-RS : Artmed, 2005, 384p.

LONG, N.M. et al. The impact of early to mid-gestational nutrient restriction on female offspring fertility and hypothalamic-pituitary-adrenal axis response to stress. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2029–2037, 2010.

MARTIN, J. L. et al. Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. **Journal of Animal Science**, v.85, p.841–847, 2007.

MCNEILL, D.M.; KELLY, R.W.; WILLIAMS, I.H. Partition of nutrients in moderately fat ewes compared with lean ewes given ad libitum access to feed in late pregnancy. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.49, p.575–580, 1998.

MESCHIA, G. et al. Utilization of substrates by the ovine placenta in vivo. **Federation Proceedings**, v.39, p.245–249, 1980.

MICKE, G. C. et al. Heifer nutrition during early- and mid-pregnancy alters fetal growth trajectory and birth weight. **Animal Reproduction Science**, v.117, p.1-10, 2010.

MOHRHAUSER, D.A. et al. The influence of maternal energy status during mid-gestation on beef offspring tenderness, muscle characteristics, and gene expression. **Meat Science**, v.110, p.201–211, 2015.

- MOISÁ, S.J. et al. Maternal Plane of Nutrition during Late Gestation and Weaning Age Alter Angus × Simmental Offspring Longissimus Muscle Transcriptome and Intramuscular Fat. **Plos one**, v.10, n.7, p.1-20, 2015.
- NATHANIELSZ, P. W.; POSTON, L.; TAYLOR, P. D. In utero exposure to maternal obesity and diabetes: animal models that identify and characterize implications for future health. **Clinics in Perinatology**, v.34, n.4, p.515-526, 2007.
- NURMAMAT, T. et al. Early to mid-gestational nutrient restriction reduced steroidogenic enzyme expression in luteal tissue of mature offspring. **Biology of Reproduction**, v.85, p.216, 2011.
- PELLEGRINI, L. G. D. et al. A. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e à adubação. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v.39, n.11, p. 2380-2388, 2010.
- PETRIE, L.; BUSKIN, J.N.; CHESTERS, J.K. Zinc and the initiation of myoblast differentiation. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.7, p.670–676, 1996.
- PRIOR, R.L.; LASTER, D.B. Development of the bovine fetus. **Journal of Animal Science**, v.48, p.1546- 1553, 1979.
- QUADROS, S.L.F.; LOBATO, J.F.P. Efeito da lotação no comportamento reprodutivo de vacas de corte primíparas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.1, p.22-35, 1996.
- QUINN, L.S.; ONG, L.D.; ROEDER, R.A. Paracrine control of myoblast proliferation and differentiation by fibroblasts. **Developmental Biology**, v.140, p.8–19, 1940.
- RAE, M.T. et al. Maternal undernutrition during pregnancy retards early ovarian development and subsequent follicular development in fetal sheep. **Reproduction**, v.122, p.915–22, 2001.
- REYNOLDS L.P. et al. Development programming: The concept, large animal models, and the key role of uteroplacental vascular development. **Journal of Animal Science**, v.88, p.E61-E72, 2010.
- RHIND, S. M.; RAE, M. T.; BROOKS, A. N. Effects of nutrition and environmental factors on the fetal programming of the reproductive axis. **Reproduction**, v.122, n.2, p.205-214, 2001.
- RHIND, S. M. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. **Animal Reproduction Science**, v.82, p.169-181, 2004.
- ROBINSON, J.J.; SINCLAIR, K.D.; MCEVOY, T.G. Nutritional effects on foetal growth. **Animal Science**, v.68, p.315–331, 1999.

ROBINSON, L.L. et al. Matrix metalloproteinases and tissue inhibitors of metalloproteinases in human fetal testis and ovary. **Molecular Human Reproduction**, v.7, p.641–648, 2001.

RUSSELL, R. G.; OTERUELO, F. T. An ultrastructural study of the differentiation of skeletal muscle in the bovine fetus. **Anatomy and Embryology**, v.162, p.403–417, 1981.

SCHOONMAKER, J.; LADEIRA, M.M. Reflexos de novas tecnologias empregadas na nutrição materna sobre a saúde e o crescimento dos bezerros. In: Oliveira, R. L.; Barbosa, M.A.A.F; Santos, G.T. **Bovinocultura de Corte: desafios e tecnologias**. 2 ed. Salvador: EDUFBA, 2014. 725p.

SEBRAE : SENAR : FARSUL. **Diagnóstico de sistemas de produção da bovinocultura de corte do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS. IEPE, 2005. 265 p. (Relatório de Pesquisa).

SHOUP, L.M.; IRELAND, F.A.; SHIKE, D.W. Effects of dam pre-partum supplement level on performance and reproduction of heifer progeny. **Italian Journal of Animal Science**, v. 16, n.1, p.75–81, 2017.

SPENCER, S. J.; GALIC, M. A.; PITTMAN, Q. J. Neonatal programming of innate immune function. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v.300, n.1, p.E11-E18, 2011.

STALKER, L. A. et al. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. **Journal of Animal Science**, v.84, p.2582–2589, 2006.

SYMONDS, M.E.; SEBERT, S.P.; BUDGE, H. Nutritional regulation of fetal growth and implications for productive life in ruminants. **Animal**, v.4, n.7, p.1075-1083, 2010.

PEPE, G.J.; BILLIAR, R.B.; ALBRECHT, E.D. Regulation of baboon fetal ovarian folliculogenesis by estrogen. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v.247, p.41–46, 2006.

TONG, J. et al. AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3–L1 cells. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1296–1305, 2008.

TUDOR, G.D.; O'ROURKE, P.K. The effect of pre and post-natal nutrition on the growth of beef cattle. II. The effect of severe restriction in early postnatal life on growth and feed efficiency during recovery. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.31, p.179-189, 1980.

UNDERWOOD, K. R. et al. Gestational nutrition affects growth and adipose tissue deposition in steers. **Proceedings**, Western Section American Society of Animal Science, v.59, 2008.

WALLACE, J.M. et al. Switching maternal dietary intake at the end of the first trimester has profound effects on placental development and fetal growth in adolescent ewes carrying singleton fetuses. **Biology of Reproduction**, v.61, p.101–110, 1999.



VONNAHME, K. A. et al. Alteration in cotyledonary (COT) vascular responsiveness to angiotensin II (ANG II) in beef cows undernourished during early pregnancy. **Biology of Reproduction**, v.70, p.110, 2004.

ZHU, M. J. et al. Effect of maternal nutrient restriction in sheep on the development of fetal skeletal muscle. **Biology of Reproduction**, v.71, p.1968–1973, 2004.

ZHU, M. J. et al. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. **Journal of Physiology**, v.575, p.241–250, 2006.

ZAMBRANO, E. et al. Sex differences in transgenerational alterations of growth and metabolism in progeny (F2) of female offspring (F1) of rats fed a low protein diet during pregnancy and lactation. **Journal of Physiology**, v.566, p.225–236, 2005.