



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Interação entre consumo alimentar residual e ambiente  
térmico sobre o desempenho, composição de carcaça  
e qualidade da carne ovina**

**DALINNE TAMARA QUEIROZ DE CARVALHO**

**SALVADOR - BA**

**2021**

**DALINNE TAMARA QUEIROZ DE CARVALHO**

**Interação entre consumo alimentar residual e ambiente  
térmico sobre o desempenho, composição de carcaça  
e qualidade da carne ovina**

Tese apresentada ao programa de Doutorado  
em Zootecnia, da Universidade Federal da  
Bahia como requisito parcial para obtenção do  
título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador (a): Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro

Co-orientador: Mário Adriano Ávila Queiroz

**SALVADOR - BA**

**2021**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação  
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Carvalho, Dalinne Tamara Queiroz de.

Interação entre consumo alimentar residual e ambiente térmico sobre o desempenho, composição de carcaça e qualidade da carne ovina / Dalinne Tamara Queiroz de Carvalho. - 2023.  
94 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro.

Coorientador: Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2023.

1. Zootecnia. 2. Nutrição animal. 3. Ovinos - Alimentação e rações. 4. Ovinos - Carcaças. 5. Ovinos - Efeito da temperatura. 6. Ácidos graxos. I. Ribeiro, Cláudio Vaz Di Mambro. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 636.39

CDU - 636.39

# INTERAÇÃO ENTRE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E AMBIENTE TÉRMICO SOBRE O DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO DE CARÇA E QUALIDADE DA CARNE OVINA

Dalinne Tamara Queiroz de Carvalho

Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Salvador,  
23 de fevereiro de 2021

Comissão examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **CLAUDIO VAZ DI MAMBRO RIBEIRO**  
Data: 05/02/2024 17:31:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro**  
**UFBA**  
**Orientador / Presidente**

Documento assinado digitalmente  
 **JOSE ESLER DE FREITAS JUNIOR**  
Data: 05/02/2024 10:05:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. José Esler de Freitas Júnior**  
**UFBA**



---

**Dra. Analivia Martins Barbosa**  
**UFBA**

Documento assinado digitalmente  
 **JULIANA SILVA DE OLIVEIRA**  
Data: 03/02/2024 09:18:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dra. Juliana Silva de Oliveira**  
**UFPB**

Documento assinado digitalmente  
 **FRANCISCO ALLAN LEANDRO DE CARVALHO**  
Data: 24/01/2024 07:36:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Francisco Allan Leandro de Carvalho**  
**UNIVASF**

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1.</b> Proporção dos ingredientes e composição das dietas. ....	30
<b>Tabela 2.</b> Desempenho de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado. ....	34
<b>Tabela 3.</b> Balanço de nitrogênio (g/dia) de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado. ....	37
<b>Tabela 4.</b> Comportamento ingestivo de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado. ....	40
<b>Tabela 5.</b> Características de carcaças de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado. ....	42

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1.</b> Proporção dos ingredientes e composição das dietas. ....	61
<b>Tabela 2.</b> Peso dos Cortes comerciais (Kg) de Ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado ....	68
<b>Tabela 3.</b> Composição tecidual da perna de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (plano sol e sombra) e alimentados com diferentes níveis de concentrado.....	71
<b>Tabela 4.</b> Composição físico-química do músculo semimembranoso de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.....	73
<b>Tabela 5.</b> Perfil de ácidos Graxos do músculo semimembranoso de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.....	75
<b>Tabela 5 continuação.</b> Perfil de ácidos Graxos do músculo semimembranoso de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de	

confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado..... 76

**Tabela 6.** Relações e índices de ácidos graxos da carne de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado. .... 80

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1** - Consumo alimentar residual de ovinos Dorper em região semiárida do Brasil. .... 30
- Figura 2.** Desdobramento da interação entre o nível de concentrado x ambiente para as variáveis de peso..... 356
- Figura 3.** Desdobramento da interação entre o nível de concentrado x ambiente para as variáveis de balanço de nitrogênio. .... 367
- Figura 4.** Desdobramento da interação entre o CAR x ambiente para a eficiência de ruminação. Letras maiúsculas iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si. .... 40
- Figura 5.** Desdobramento da interação entre o nível de CAR x ambiente para as variáveis de características de carcaça (PCQ e PCF). .... 43

### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Consumo alimentar residual de ovinos Dorper em região semiárida do Brasil. .... 601
- Figura 2.** Desdobramento da Interação CAR X ambiente para as variáveis de peso de cortes comerciais..... 70
- Figura 3.** Desdobramento da interação CAR X Ambiente para as variáveis de composição tecidual da perna..... 72
- Figura 4.** Desdobramento da interação CAR x Ambiente para os ácidos graxos do músculo semimembranoso. ....78
- Figura 5.** Desdobramento da interação CAR x Ambiente para o ácido graxos C12:0 do músculo semimembranoso de ovinos..... 78
- Figura 6.** Desdobramento da interação CAR x Ambiente para os índice de ácidos graxos n3 do músculo semimembranoso de ovinos..... 81

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	3
LISTA DE FIGURAS .....	5
RESUMO GERAL .....	7
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
2.1 <i>Consumo alimentar residual (CAR)</i> .....	10
2.2 <i>Relação do CAR e medidas de desempenho</i> .....	12
2.3 <i>Relação do CAR com mecanismos fisiológicos</i> .....	13
2.4 <i>Relação do CAR com Digestibilidade</i> .....	14
2.5 <i>Relação do CAR com comportamento ingestivo</i> .....	15
2.6 <i>Resposta do CAR a fatores estressantes</i> .....	16
2.7 <i>CAR x composição corporal e qualidade de carne</i> .....	18
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
4. CAPÍTULO I - Interação entre Consumo alimentar residual e ambiente térmico sobre o desempenho de ovinos da raça Dorper .....	24
5. CAPÍTULO II - Interação entre Consumo alimentar residual e ambiente térmico sobre a composição de carcaça e qualidade da carne ovina .....	55

## RESUMO GERAL

Objetivou-se testar a hipótese de que ovinos com menores valores de CAR não diminuem o desempenho sob estresse térmico, sem alterar as características de carcaça e qualidade da carne independentemente do nível de concentrado. Foram utilizados 60 machos da raça Dorper classificados previamente quanto ao CAR e distribuídos em um delineamento em blocos com parcelas sub-subdivididas em dois ambientes térmicos de confinamento (pleno sol e sombra) e dietas com 30, 45 e 60% de concentrado, durante um período de 60 dias. O CAR sozinho não afetou nenhuma das variáveis analisadas. Animais que receberam maiores proporções de concentrado na dieta apresentaram superioridade para todas as variáveis de desempenho, características e composição de carcaça. Interações entre ambiente e concentrado mostrou que animais confinados à sombra e recebendo maiores proporções de concentrado retiveram mais nitrogênio, maior PF, GPT e GMD. Nas interações entre CAR e ambiente, animais de CAR positivo apresentaram maiores PCQ, PCF, cortes comerciais e pesos de ossos e músculo quando confinados ao sol, além disso, esses animais apresentaram maiores percentuais de ácidos graxos poli-insaturados na carne, bem como o somatório de ômega 3. Por outro lado, animais de CAR negativo apresentaram os maiores pesos de carcaça, cortes comerciais, ossos e músculo quando confinados em ambiente sombreado. Conclui-se que Interações entre CAR e ambiente promovem alterações no desempenho, composição de carcaça e perfil de ácidos graxos da carne.

**Palavras-chave:** Consumo alimentar residual, estresse térmico, desempenho, composição de carcaça, qualidade de carne, ácidos graxos.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Para permitir a sustentabilidade e rentabilidade dos sistemas de produção, a seleção de animais mais eficientes torna-se uma ferramenta importante a fim de manter apenas os animais que melhor se adaptem ao sistema de produção (SCHOLTZ et al., 2013). Assim sendo, a eficiência alimentar torna-se uma importante características no critério de seleção (LIMA et al., 2013).

Estudos relacionando eficiência alimentar em ruminantes tem como objetivo diminuir os custos com alimentação a partir do menor consumo de ração, mantendo o mesmo nível de produção. Koch et al. (1963) sugeriram o consumo alimentar residual (CAR) como uma nova ferramenta para medir a eficiência alimentar nos animais. Diferentemente das outras medidas de eficiência, esses autores sugeriram que o consumo de alimento deveria ser ajustado para ganho de peso e peso corporal, pois verificaram que diferenças nesses parâmetros afetam as necessidades alimentares dos animais em crescimento, tornando-os independentes das características de desempenho.

O CAR é uma medida de diferença do consumo além ou aquém do necessário para atender as exigências de manutenção e crescimento e é calculado como a diferença entre o consumo real e a quantidade de alimento que um animal deveria ingerir baseado no seu peso vivo médio e no seu ganho de peso. Desse modo, animais mais eficientes têm um CAR negativo e os menos eficientes têm um CAR positivo.

O CAR tem sido utilizado como critério de seleção em função da sua moderada herdabilidade (CAMMACK et al., 2005; FRANÇOIS et al., 2002; SNOWDER; VAN VLECK, 2003) e correlações genéticas favoráveis com outras características de importância econômica (BASARAB et al., 2013). A regulação fisiológica e variações entre as classes de CAR estão provavelmente sob o controle de algumas centenas de genes (ARTHUR & HERD, 2008) e alguns processos metabólicos associados à ingestão de alimentos, digestão dos alimentos, metabolismo (anabolismo e catabolismo), atividade física e termorregulação (RICHARDSON & HERD, 2004).

Pesquisas têm sugerido que as alterações metabólicas encontradas entre as classes de CAR podem ter efeito sobre a composição corporal e qualidade da carne (ARTHUR & HERD, 2008). No entanto, Cantalapiedra-Hijar et al. (2018) afirmaram que os determinantes biológicos da variação de animal para animal na eficiência alimentar ainda estão longe de serem totalmente compreendidos. Portanto, citam a importância de compreender esses processos metabólicos a fim de revelar novas estratégias de manejo.

Não obstante, sabe-se que a produção animal é o resultado do potencial genético e sua interação com a nutrição, sanidade, manejo e fatores ambientais. Assim, o ambiente pode ser um fator determinante pelo sucesso ou fracasso dos sistemas de produção, uma vez que pode ser definido como a soma dos impactos dos meios biológicos e físicos circundantes sobre os animais (NRC, 1981; COLLIER et al., 1982).

Compreender como o clima influencia a ingestão e a eficiência de alimentos pode ajudar a moldar estratégias de manejo e melhoramento seletivo, e se tornará um aspecto importante em regiões de clima tropical, ainda mais no cenário atual com as constantes mudanças climáticas (HILL & WALL, 2017). Esses mesmos autores afirmaram que a ingestão de alimentos e a eficiência alimentar são influenciados pelas condições climáticas adversas e agravadas em regiões de clima tropical.

Com base nisso, objetivou-se testar a hipótese de que ovinos com menores valores de CAR não diminuem o desempenho sob estresse térmico, sem alterar as características de carcaça e qualidade da carne independentemente do nível de concentrado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Consumo alimentar residual (CAR)

Os estudos relacionando eficiência alimentar em ruminantes tem como objetivo diminuir os custos com insumos, sem reduzir sua eficiência produtiva. Assim, qualquer redução no consumo de ração ou aumento na eficiência alimentar, sem comprometer a taxa de crescimento ou a qualidade da carcaça, pode ter um impacto econômico positivo significativo na produção de cordeiros (SNOWDER & VAN VLECK, 2003).

Comumente, a medida utilizada como indicativo é a eficiência alimentar (razão do consumo pelo ganho de peso), demonstrando em alguns estudos alta correlação entre este parâmetro e os aspectos produtivos com a taxa de crescimento do animal. Logo, essas medidas podem estar confundidas com padrões de maturidade dos animais (ARCHER et al., 1999). Entretanto, uma nova linha que vem se destacando, com o intuito de melhorar os valores analisados para esses parâmetros e a eficiência produtiva nos sistemas de produção, que é o consumo alimentar residual (consumo alimentar líquido) (KOCH et al., 1963).

Esses autores sugeriram que o consumo de alimento deveria ser ajustado para ganho de peso e peso corporal, pois verificaram que diferenças nesses parâmetros afetam as necessidades alimentares dos animais em crescimento. Isso lhes permitiram particionara a ingestão de ração em consumo esperado para cada categorias e uma parcela residual, parcela esta que possibilitou classificar os animais de acordo com o desvio baseado no consumo esperado.

Assim sendo, o CAR é calculado pela diferença entre o consumo de matéria seca observado ( $CMS_{obs}$ ) e o consumo de matéria seca esperado ( $CMS_{esp}$ ). Através de ajustes para peso vivo médio metabólico (PM,  $kg^{0.75}$ ) e ganho médio diário em peso expresso pela fórmula  $CAR = CMS_{obs} - CMS_{esp}(f\{PM, GMD\})$ . Com isso, animais mais eficientes têm um CAR negativo (consumo observado menor do que o esperado para o ganho observado) e os menos eficientes têm um CAR positivo (consumo observado maior do que o esperado) a partir dos dados de produção usando fórmulas de padrões de alimentação

O consumo esperado pode ser determinado por equações de padrões de alimentação como o NRC (1996), programas como Br-Corte e/ou ainda por meio de equações de regressão múltipla utilizando dados reais de ensaio de alimentação (ARTHUR et al., 2001).

Essa medida de eficiência alimentar apresenta como vantagem o fato de ser fenotipicamente independente da taxa de crescimento e do peso vivo dos animais e, sendo baseada nas exigências e ingestão de energia dos animais, conseqüentemente, é uma variável mais interessante para inclusão em programas de melhoramento genético do que a conversão alimentar (ARTHUR et al., 2001).

Contudo, em bovinos de corte, pesquisas têm demonstrado que o CAR é uma característica herdável, com herdabilidade moderado (ARTHUR et al., 2001; LANCASTER et al., 2009; NKRUMAH et al., 2007). Esse fator justifica em parte o aumento na utilização dessa ferramenta nos programas de seleção. Valores moderados de herdabilidade (0,11; 0,26 e 0,30) também foram encontrados para ovinos de corte (CAMMACK ET AL., 2005; FRANÇOIS ET AL., 2002; SNOWDER & VAN VLECK, 2003).

Para que se tenha uma mensuração adequada do CAR, o consumo de alimentos, o ganho de peso médio diário e o peso corporal devem ser avaliados por um período pré-determinado. Há necessidade em se definir o tempo ideal de duração do teste que permita a identificação dos animais mais e menos eficientes dentro de um grupo a fim de evitar aumento desnecessário nos custos com alimentação.

O período de avaliação para classificar os animais em CAR positivo e negativo varia de acordo com espécie e entre raças especializadas de corte. Para bovinos europeus, o período ideal para obtenção precisa do CAR não deve ser inferior a 70 dias (ARCHER et al., 1997) e para animais zebuínos, especificamente para raça nelore, esse período aumenta para 84 dias (CASTILHOS et al., 2011). Para ovinos o tempo recomendado é de 40 dias (COCKRUM et al., 2013).

## 2.2 Relação do CAR e medidas de desempenho

Apesar da independência já constatada dos animais classificados por meio do CAR das características produtivas, animais de mesmo padrão genético recebendo mesma dieta apresentam diferenças no consumo de ração. Essas diferenças são inerentes aos mecanismos fisiológicos individuais, que determinam a eficiência (ARTHUR & HERD, 2008). Assim como as variações genéticas, as variações fenotípicas também estão associadas as diferenças entre as classes de CAR; além disso, variações ambientais potencialmente associadas às medidas de ingestão, das quais o tipo de dieta pode ser uma das mais importantes (NKRUMAH et al., 2007).

Richardson & Herd, (2004) relataram que prováveis cinco processos fisiológicos principais contribuam para a variação do CAR, sendo estes processos associados à ingestão de alimentos, digestão dos alimentos, metabolismo (anabolismo e catabolismo associado e incluindo variação na composição corporal), atividade física e termorregulação. Embora ocorra variações no consumo de alimento, várias pesquisas demonstraram que, apesar dos animais de baixo CAR consumirem menos ração, esses não apresentam prejuízos no desempenho (FITZSIMONS et al., 2013; JOHNSON et al., 2019; MONTANHOLI et al., 2010).

Ao avaliar o desempenho de bovinos nelore de alto (positivo) e baixo (negativo) CAR, Gomes et al. (2013) confirmaram menor ingestão de ração pelos animais de baixo CAR em relação aos de alto CAR, sem diferenças significativas no desempenho. Logo, não observaram diferenças para o peso inicial (340 versus 336 kg), peso final (448 versus 441 kg) e ganho diário médio (1,48 vs. 1,48 kg/d). Além disso, observaram redução nas perdas de energia na dieta através da redução de emissão de metano.

Resultados semelhantes foram encontradas por Fitzsimons et al. (2013) quando observaram que bovinos de corte com CAR negativo consumiram 15% menos ração que os animais de CAR positivo. No entanto, da mesmo forma, essa redução no consumo não influenciou no peso e crescimento corporal dos animais. Um ano depois, observaram que bovinos de alto CAR consumiram 14% mais ração que animais de baixo CAR (FITZSIMONS et al., 2014).

Percentuais superiores para a diferença no consumo entre animais de baixo e alto CAR foram relatados por Johnson et al. (2019). Eles observaram que bovinos de baixo CAR consumiram 19% menos ração que animais de alto CAR.

Em ovinos, Paula et al. (2013) observaram que animais de baixo CAR tiveram menor consumo de matéria seca e não apresentaram diferenças entre as classes de CAR para ganho de diário, peso vivo inicial e peso vivo final. No entanto, os animais de baixo CAR apresentaram superioridade na taxa de conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA). Esse e outros resultados têm demonstrado o potencial de utilização do CAR como medida de eficiência alimentar para ovinos, como já constatado em bovinos. Porém, Redden et al. (2013) sugerem que apesar do CAR ser uma ferramenta promissora para melhorar a eficiência em ovinos, mais pesquisas devem ser realizadas para o melhor entendimento das suas variações e aplicabilidade em ovinos.

A longo prazo, essa redução no consumo de alimentos pode trazer não só benefícios econômicos como também ambientais, principalmente em grandes rebanhos, visto que animais mais eficientes utilizam os nutrientes de forma mais eficiente ao ponto de reduzir perdas para o meio ambiente (JOHNSON et al., 2019; JONES et al., 2011).

### **2.3 Relação do CAR com mecanismos fisiológicos**

Richardson & Herd (2004) afirmaram que nenhum mecanismo único é responsável por determinar eficiência alimentar animal, contudo, sugeriram algumas proporções para mecanismos fisiológicos importantes que podem contribuir para as divergências no consumo alimentar residual. Foram eles: renovação proteica, metabolismo e estresse tecidual (37%), digestibilidade (10%), incremento calórico e fermentação (9%), atividade física (9%), composição corporal (5%) e padrões de alimentação (2%). Ainda, um percentual aproximado de 27% para mecanismos responsáveis pela variação do CAR ainda desconhecidos. Desvendar e validar as contribuições dos mecanismos fisiológicos responsáveis pela variação ainda não explicada é um desafio para o futuro (ARTHUR & HERD, 2008).

Cantalapiedra-Hijar et al. (2018) afirmaram que os determinantes biológicos da variação de animal para animal na eficiência alimentar ainda estão longe de serem totalmente compreendidos. No entanto, citam a importância de compreender esses processos metabólicos a fim de revelar novas estratégias de manejo, além de contribuir na descoberta de métodos baratos e rápidos para classificar indivíduos para fins genéticos e de manejo, sem a necessidade de medir a ingestão de alimentos.

#### ***2.4 Relação do CAR com Digestibilidade***

A digestibilidade é considerada um dos fatores que limitam acentuadamente a eficiência da captura de energia da dieta para gerar produtos comercializáveis (Cantalapiedra-Hijar et al., 2018). Sendo os processos digestivos responsáveis por aproximadamente 10% da variação entre animais menos e mais eficientes classificados por meio do CAR (RICHARDSON & HERD 2004).

Baseado no fato de que o consumo influencia na digestibilidade, acreditavam-se que animais de CAR positivo apresentavam menor digestibilidade que os animais de CAR negativo devido ao maior consumo de alimento, fato que aumentaria a taxa de passagem e conseqüentemente redução na digestibilidade. No entanto, pesquisas têm demonstrado resultados ainda inconsistentes. Já foi encontrada maior digestibilidade para os animais de baixo CAR (BONILHA et al., 2017), mas também ausência de efeito entre CAR para esse parâmetro já foram registradas (RICHARDSON et al., 2004).

Porém, as diferenças encontradas nem sempre estão associadas ao consumo, pois animais de baixo e alto CAR podem não apresentar diferença no consumo fora do período de teste (OLIVEIRA et al., 2016). Assim, as variações na digestibilidade entre as classes de CAR podem estar relacionadas a fatores que determinam a eficiência digestiva como as diferenças na população e diversidade da microbiota do rúmen (LAM et al., 2017) e perfil de fermentação ruminal (CARBERRY et al., 2012), capacidade digestiva dos animais (FITZSIMONS; KENNY; MCGEE, 2014) e capacidade de absorção intestinal (MONTANHOLI et al., 2013).

Para tanto, a composição das dietas também pode ser determinante para as variações na digestibilidade entre animais mais e menos eficientes, refletindo associadamente a população microbiana ruminal. Potts et al. (2017) encontraram diferenças na digestibilidade em vacas leiteiras quando receberam dietas rica ou pobre em amido; assim, somente houve desigualdade entre CAR para essa variável quando os animais receberam menor quantidade de amido nas dietas, e animais de baixo CAR apresentaram maior digestibilidade. Concluíram ainda que, para dietas de baixo amido, a digestibilidade da matéria seca pode ser responsável por até 31% das variações entre as classes de CAR.

Bonilha et al. (2017) avaliaram a digestibilidade de bovinos nelore e observaram maior eficiência na digestão de nutrientes, principalmente de fibras, em animais de baixo CAR quando comparados aos de alto CAR. Johnson et al. (2019) também encontraram maior digestibilidade do MS em animais de baixo CAR em comparação com novilhos com alto CAR (70,3 vs. 66,5 % MS). Por outro lado, Fitzsimons et al. (2013) não encontraram diferenças na digestibilidade aparente da matéria seca entre os grupos de CAR em bovinos.

Esses resultados mostram que existem bastante discrepância nos respostas de digestibilidade em animais classificados quanto ao CAR, isso porque há grande variabilidade de fatores interferindo nesses resultados como raça, estágio fisiológico, dietas, metodologias utilizadas, dentre outros.

### ***2.5 Relação do CAR com comportamento ingestivo***

Além dos mecanismos metabólicos, os mecanismos físicos também influenciam na eficiência alimentar. Dentre eles, o comportamento alimentar que é considerado um potencial influenciador na eficiência alimentar e é responsável por 18% da variação explicada pela CAR em bovinos de corte (MONTANHOLI et al., 2010).

Lancaster et al. (2009) encontraram correlações positivas entre o CAR e a duração e frequência das refeições em bovinos, determinaram que essas duas variáveis representaram 35% da variação na ingestão diária.

Montanholi et al. (2010) encontraram correlações consideradas de média a alta entre o comportamento alimentar e o CAR (variação de 0,26 a 0,75). Logo, animais classificados de baixo CAR apresentaram menor tamanho da refeição

(kg MS/ refeição), taxa de alimentação (g MS / min) e menos visitas diárias ao cocho em comparação com os novilhos com alto CAR. Além disso, as visitas ao cocho de novilhos menos eficientes (alto CAR) concentraram-se principalmente no período noturno (15% a mais) que os novilhos mais eficientes.

Em ovinos, Muir et al. (2018) afirmaram que o número de refeições está fortemente ligado as variações do CAR. Eles observaram que animais de CAR negativo tiveram o número de refeições reduzidas em relação aos animais de CAR positivo, explicando de 16,3% a 30,2% da variação entre as classes de CAR. Porém o tamanho da refeição explicou apenas uma pequena proporção (3%) da variação do CAR.

No entanto, Green et al. (2013) apesar de terem encontrado uma correlação de moderada a alta ( $r = 0,54-0,74$ ) entre o CAR e a ingestão de alimento, ou seja, confirmaram que animais mais eficientes consomem menos alimento que os animais menos eficientes, contudo as relações do CAR com as características do comportamento alimentar (frequência das refeições, duração da alimentação e taxa de alimentação) foram fracas ( $r = 0,14 - 0,26$ ), indicando que o comportamento alimentar sozinho não pode prever com segurança o CAR em novilhas leiteiras em crescimento.

Estudos avaliando comportamento alimentar incluem as características: frequência de alimentação, duração de alimentação, taxa de alimentação, tamanho e duração das refeições. Sendo as respostas bastantes variáveis, fato atribuído às diversidades de ingredientes presentes nas dietas.

## **2.6 Resposta do CAR a fatores estressantes**

O cortisol é um hormônio glicocorticóide produzido e secretado pela glândula adrenal, que é um componente essencial das respostas fisiológicas ao estresse. Estudos em ruminantes vêm sugerindo que o funcionamento do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal pode estar relacionada a eficiência determinada pelo CAR (ZHANG et al., 2017).

Portanto, existem evidências de diferenças na resposta ao estresse entre animais com alto e baixo CAR e isso levou a especulações de que esse processo possa contribuir para diferenças observadas na eficiência energética. Montanholi

et al. (2010) encontraram diferenças nos níveis de glicocorticoides em bovinos, sendo responsáveis por aproximadamente 7% da variação explicada pelo CAR.

Richardson et al. (2002) indicaram vários parâmetros sanguíneos que foram correlacionados com os valores para CAR em touros de raças taurinas evidenciando associação genética entre esses parâmetros e CAR. Segundo os autores, as diferenças encontradas entre animais divergindo quanto ao CAR são consistentes com animais menos eficientes tendo uma maior demanda por transporte de oxigênio e sendo menos adaptados ao ambiente de confinamento quando comparados a animais mais eficientes (baixo CAR).

No mesmo estudo, foi observado, que os parâmetros de células vermelhas sanguíneas medidos antes e depois do transporte não apresentaram interação com CAR, indicando que animais com alto e baixo CAR respondem de forma semelhante a uma situação de estresse. Entretanto, quando avaliada a população de células brancas, foi sugerido que animais com baixo CAR podem ser menos susceptíveis ao estresse.

Gomes et al. (2013) avaliaram as concentrações plasmáticas de cortisol em bovinos da raça nelore de alta e baixo CAR e observaram que animais mais eficientes apresentam menor susceptibilidade ao estresse que animais de alto CAR devido as menores concentrações de cortisol no plasma sanguíneo, indicando uma relação entre eficiência alimentar e o eixo hipotálamo-pituitário. Os valores encontrados foram 21,1 ug/dL em animais de alto CAR e 19,4 ug/dL em animais de baixo CAR.

Corroborando com os autores anteriores, Bonilha et al. (2017) Também avaliando bovinos da raça nelore, encontraram menores concentrações de cortisol em animais de baixo CAR.

Observações semelhantes foram encontradas em Ovinos. Estudos relatam que ovelhas menos eficientes apresentam níveis mais altos de cortisol e são mais sensíveis à infusão de ACTH e insulina (KNOTT et al., 2008, 2010). A maior capacidade de resposta aos desafios exógenos deverá alterar o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal em direção a uma maior taxa metabólica e uso de energia.

Por outro lado, Montanholi et al. (2010) estudando bovinos de corte concluíram que, animais mais eficientes (baixo CAR) apresentaram maiores níveis de cortisol fecal (51,1 v. 31,2 ng / g) em comparação com novilhos menos

eficientes (alto CAR), indicando que o cortisol está relacionada à melhor eficiência alimentar, pois animais mais eficientes apresentam níveis mais altos de cortisol basal a longo prazo, fato que estaria associado ao temperamento dos animais tornando-os mais calmos e menos responsivos a fatores estressantes.

Os dados presentes na literatura demonstram a variabilidade dos dados quanto as variáveis biológicas relacionadas a eficiência alimentar, mostrando a necessidade de mais estudos para desvendar com mais clareza a origem e o comportamento dessas variações.

## **2.7 CAR x composição corporal e qualidade de carne**

Apesar da maior eficiência produtiva dos animais de baixo CAR, pesquisas têm sugerido que as alterações metabólicas encontradas entre as classes de CAR podem ter efeito sobre a composição corporal e qualidade da carne (HERD & ARTHUR, 2009). Um dos efeitos observados foi uma discreta associação entre o CAR e a deposição de gordura subcutânea e intramuscular em bovinos, gerando carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor marmoreio em animais mais eficientes (BASARAB et al., 2003; NKRUMAH et al., 2007).

Em ovinos, Knott et al. (2010) verificaram que animais mais eficientes (baixo CAR) apresentaram menores proporções de tecido adiposo na carcaça em comparação aos animais de alto CAR. Eles observaram ainda que, associada a essa resposta, os animais mais eficientes apresentaram menores níveis de cortisol quando submetidos a um desafio de administração de ACTH e insulina como fatores estressantes. Logo, concluíram que esses achados estão relacionados a eficiência do uso de energia pelos animais classificados quanto ao CAR.

No entanto, Fidelis et al. (2017) afirmaram não haver associações desfavoráveis entre CAR e características de qualidade da carcaça e da carne, afirmando que bovinos Nelore de baixo CAR usam a dieta de forma eficiente e produzem carcaças e carne de boa qualidade. Esses resultados corroboram com dados encontrados por (BONILHA et al., 2013).

Sainz et al. (2006) em estudo com Angus-Hereford, também não observaram diferença no peso da carcaça, espessura subcutânea da gordura ou

no escore de marmoreio entre os animais classificados quanto ao CAR. Essas discrepâncias encontradas nos resultados para a composição corporal de bovinos classificados quanto ao CAR podem ser atribuídas à variação entre os estudos entre raça, gênero e estágio de maturidade fisiológica, juntamente com uma enorme disparidade nas metodologias utilizadas (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018).

Essa tendência de os animais de baixo CAR (mais eficientes) apresentar carcaças mais magras, com menor quantidade de gordura subcutânea e menor deposição de gordura intramuscular, leva a crer na queda da qualidade da carne, principalmente devido à menor maciez da carne. Contudo, Fidelis et al. (2017) não encontraram qualquer relação do CAR com as características de qualidade da carne relacionada a suculência (pH inicial e final e perda de peso por cocção), maciez (força de cisalhamento) cor e composição química nos músculos Longissimus e Semitendinoso em bovinos nelore.

Zorzi et al. (2013) avaliando a qualidade da carne de novilhos Nelore de animais de baixa e alto consumo alimentar residual, verificaram diferença significativa no peso da carcaça, proporção da carne nos cortes nobres, composição química, pH, comprimento do sarcômero entre os grupos CAR. Entretanto, a força de cisalhamento e o teor de colágeno solúvel foram influenciados pelo CAR, com maior força de cisalhamento e teor de colágeno em animais de baixo CAR. Em ovinos, Zhang et. al. (2017) não encontraram diferenças significativas entre os grupos de CAR para as características de carcaça.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, J. A. et al. Optimum Postweaning Test for Measurement of Growth Rate , Feed Intake , and Feed Efficiency in British Breed Cattle 1 , 2  
ABSTRACT : **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2024–2032, 1997.
- ARTHUR, J. P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPECIALISSUE, p. 269–279, 2008.
- ARTHUR, P. Australian Journal of Agricultural Research. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. December 2016, p. 147–161, 1999.
- ARTHUR, P. F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2–3, p. 131–139, 2001.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 189–204, 2003.
- BASARAB, J. A. et al. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. **Animal : an international journal of animal bioscience**, v. 7 Suppl 2, p. 303–315, 2013.
- BONILHA, E. F. M. et al. Body chemical composition of Nelore bulls with different residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 7, p. 3457–3464, 2013.
- BONILHA, S. F. M. et al. Digestion and metabolism of low and high residual feed intake Nelore bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 3, p. 529–535, 2017.
- CAMMACK, K. M. et al. Estimates of genetic parameters for feed intake, feeding behavior, and daily gain in composite ram lambs. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 4, p. 777–785, 2005.
- CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, v. 12, n. s2, p. S321–S335, 2018.
- CARBERRY, C. A. et al. Effect of Phenotypic Residual Feed Intake and Dietary Forage Content on the Rumen Microbial Community of Beef Cattle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 14, p. 4949–4958, 2012.
- CASTILHOS, A. M. DE et al. Test post-weaning duration for performance , feed intake and feed efficiency in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 301–307, 2011.
- COCKRUM, R. R. et al. Phenotypic variation in residual feed intake and performance traits in rams. **Small Ruminant Research**, v. 113, n. 2–3, p. 313–322, 2013.

COLLIER R. J. et al. **Influences of environment and its modification on dairy animal health and production** *Journal Dairy Science*. v. 65, pp. 2213-2227, 1982.

FIDELIS, H. A. et al. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nellore cattle. **Meat Science**, v. 128, p. 34–39, 2017.

FITZSIMONS, C. et al. Methane emissions , body composition , and rumen fermentation traits of beef heifers differing in residual feed intake 1. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5789–5800, 2013.

FITZSIMONS, C.; KENNY, D. A.; MCGEE, M. Visceral organ weights, digestion and carcass characteristics of beef bulls differing in residual feed intake offered a high concentrate diet. **Animal**, v. 8, n. 6, p. 949–959, 2014.

FRANÇOIS, D. et al. Genetic parameters of feeding traits on meat sheep. **7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, v. 7, p. 19–23, 2002.

GOMES, R. DA C.; SAINZ, R. D.; LEME, P. R. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nellore steers with high and low residual feed intake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 1, p. 44–50, 2013.

GREEN, T. C. et al. Relationships between residual feed intake, average daily gain, and feeding behavior in growing dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 5, p. 3098–3107, 2013.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of animal science**, v. 87, n. 14 Suppl, p. 64–71, 2009.

HILL, D. L.; WALL, E. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2240–2257, 2017.

JOHNSON, J. R. et al. Associations between residual feed intake and apparent nutrient digestibility, in vitro methane-producing activity, and volatile fatty acid concentrations in growing beef cattle1. **Journal of animal science**, v. 97, n. 8, p. 3550–3561, 2019.

JONES, F. M. et al. Methane emissions from grazing Angus beef cows selected for divergent residual feed intake. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166–167, p. 302–307, 2011.

KNOTT, S. A. et al. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 34, n. 3, p. 261–268, 2008.

KNOTT, S. A. et al. Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 39, n. 2, p. 137–146, 2010.

LAM, S. et al. Associations of rumen parameters with feed efficiency and sampling routine in beef cattle. **Animal**, v. 12, n. 7, p. 1442–1450, 2017.

LANCASTER, P. A. et al. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers 1. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. April, p. 3887–3896, 2009.

LIMA, N. L. L.; PEREIRA, I. G.; DO SACRAMENTO RIBEIRO, J. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 4, p. 255–260, 2013.

MONTANHOLI, Y. et al. Small intestine histomorphometry of beef cattle with divergent feed efficiency. **Acta veterinaria Scandinavica**, v. 55, p. 9, 2013.

MONTANHOLI, Y. R. et al. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal**, v. 4, n. 5, p. 692–701, 2010.

MUIR, S. K. A. et al. Sheep residual feed intake and feeding behaviour : are ‘ nibblers ’ or ‘ binge eaters ’ more ef fi cient ? **Animal Production Science**, v. 58, p. 1459–1464, 2018.

NKRUMAH, J. D. et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2711–2720, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. National Academic Press: Washington, D.C, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. Washington D.C.: National Academy Press, 1981.

OLIVEIRA, L. F. et al. Feed efficiency and enteric methane production of Nellore cattle in the feedlot and on pasture. **Animal Production Science**, v. 58, n. 5, p. 886–893, 2016.

PAULA, E. F. . et al. Características in Vivo Da Carcaça De Cordeiros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 566–572, 2013.

POTTS, S. B. et al. Relationship between residual feed intake and digestibility for lactating Holstein cows fed high and low starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 1, p. 265–278, 2017.

REDDEN, R. R. et al. Growth efficiency of ewe lambs classified into residual feed intake groups and pen fed a restricted amount of feed. **Small Ruminant Research**, v. 114, n. 2–3, p. 214–219, 2013.

RICHARDSON, E., HERD, R., COLDITZ, I. AND ARTHUR, P. of Experimental Agriculture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, 2002.

RICHARDSON, E. C. A. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, n. 2001, p. 441–452, 2004.

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual

feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 4–5, p. 431–440, 2004.

SAINZ, R. D. et al. Carcass composition and visceral organs are similar at harvest in low- and high-residual feed intake groups of Angus-Hereford steers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. July 2015, p. 168, 2006.

SCHOLTZ, M. M. et al. The effect of global warming on beef production in developing countries of the southern hemisphere. **Natural Science**, v. 5, n. 1, p. 106–119, 2013.

SNOWDER, G. D.; VAN VLECK, L. D. Estimates of genetic parameters and selection strategies to improve the economic efficiency of postweaning growth in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 11, p. 2704–2713, 2003.

ZHANG, X. et al. Association of residual feed intake with growth and slaughtering performance, blood metabolism, and body composition in growing lambs. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.

ZORZI, K. et al. Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 593–599, 2013.

#### **4. CAPÍTULO I - Interação entre Consumo alimentar residual e ambiente térmico sobre o desempenho de ovinos da raça Dorper**

##### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar interações entre o Consumo alimentar residual (CAR), dois ambiente térmicos e diferentes níveis de concentrado sob o desempenho e características de carcaça de ovinos da raça Dorper. Foram utilizados 60 machos classificados previamente quanto ao CAR distribuídos em um delineamento em blocos com parcelas sub-subdivididas em dois ambientes térmicos de confinamento (pleno sol e sombra) e dietas com 30, 45 e 60% de concentrado, durante um período de 60 dias. Nenhuma das variáveis de desempenho e característica de carcaça foram influenciadas isoladamente pelo CAR. O consumo e digestibilidade da MS, ganho de peso, balanço de N, pesos e rendimentos de carcaça foram maiores para os animais que receberam dieta com maior proporção de concentrado (60%). Esses mesmos animais passaram menos tempo ingerindo alimento e ruminando, mais tempo em ócio e apresentaram menor eficiência de alimentação e ruminação. Interações entre o CAR e o ambiente para eficiência de ruminação mostrou que animais de CAR negativo apresentaram maior eficiência de ruminação em comparação aos animais de CAR positivo quando confinados ao sol, porém, na sombra não foram observadas diferenças. Animais que permaneceram confinados à sombra apresentaram os maiores ganhos com peso final de 37,23 Kg contra 35,85 kg para os animais confinados em pleno sol. Além disso, animais confinados à sombra retiveram mais nitrogênio (8,7 g/dia) que os animais confinados ao sol (6,1 g/dia). Contudo, interações entre concentrado e ambiente mostrou que animais confinados à sombra e recebendo maiores proporções de concentrado retiveram mais nitrogênio e maior PF, GPT e GMD. Para os PCQ e PCF, animais de CAR positivo tiveram os maiores pesos quando confinados ao sol e animais de CAR negativo apresentaram os maiores pesos quando confinados à sombra. Conclui-se que o CAR sozinho não tem efeito sob o desempenho e características de carcaça, porém, sua interação com o ambiente e/ou diferentes níveis de concentrado promove diferentes respostas para essas variáveis.

**Palavras-chave:** Consumo alimentar residual, ovinos, estresse térmico, consumo, desempenho, carcaça

## INTRODUÇÃO

Estudos relacionando eficiência alimentar em ruminantes tem como objetivo diminuir os custos com insumos, mas mantendo a eficiência produtiva. Assim, qualquer redução no consumo de ração e/ou aumento na eficiência alimentar, sem comprometer a taxa de crescimento ou a qualidade da carcaça, pode ter impacto econômico positivo na produção de cordeiros (SNOWDER; VAN VLECK, 2003). Jackson et al. (2014) sugeriram que a otimização na eficiência alimentar no rebanho de ovelhas poderia aumentar em 33% o lucro líquido anual de uma fazenda, caso seja extrapolado para os cordeiros, a lucratividade seria ainda maior, podendo chegar a 38%.

Buscando identificar animais mais eficientes, Koch et al. (1963) sugeriram o Consumo Alimentar Residual (CAR) como ferramenta para tal objetivo. Inicialmente foi proposto para bovinos, no entanto, mais recentemente vem sendo ampliado para outras espécies, inclusive para ovinos. O CAR é uma medida de diferença do consumo além ou aquém do necessário para atender às exigências de manutenção e crescimento e é calculado como a diferença entre o consumo real e a quantidade de alimento que um animal deveria comer baseado no seu peso vivo médio durante o período de teste e no seu ganho de peso. Desse modo, animais mais eficientes têm um CAR negativo e os menos eficientes têm um CAR positivo.

Essa medida de eficiência alimentar apresenta como vantagem o fato de ser fenotipicamente independente da taxa de crescimento e do peso vivo dos animais e, sendo baseada nas exigências e ingestão de energia dos animais (ARTHUR et al., 2001). Portanto, animais de CAR negativo ingerem menor quantidade de alimento que o previsto sem prejudicar o desempenho final como o ganho de peso e características de carcaça (BONILHA et al., 2013; FIDELIS et al., 2017; SAINZ et al., 2006).

Pesquisas têm sido realizadas afim de estudar mais profundamente quais são e como os fatores que influenciam as variações observadas entre as classes de CAR. Sabe-se que existem diversos mecanismos fisiológicos individuais que determinam a eficiência alimentar (ARTHUR & HERD, 2008). Além do fatores intrínsecos, fatores extrínsecos podem afetar a eficiência alimentar dos animais, dentre eles, variações ambientais potencialmente associadas às medidas de ingestão, das quais o tipo de dieta pode ser uma das mais importantes (NKRUMAH et al., 2007).

Dentre os mecanismos fisiológicos que contribuem para variação do CAR, Richardson & Herd (2004) destacam: à ingestão de alimentos, digestão dos alimentos, metabolismo, atividade física e termorregulação como os principais processos associados as diferenças observadas entre as classes de CAR.

Além disso, as condições climáticas podem influenciar fortemente a ingestão de alimentos e a eficiência alimentar, portanto, compreender essa relação entre eficiência e ambiente pode ajudar a moldar estratégias de manejo e melhoramento seletivo, principalmente em regiões de clima tropical, ainda mais no cenário atual com às mudanças climáticas futuras (HILL; WALL, 2017).

Diante nisso, objetivou-se avaliar interações entre o consumo alimentar residual (CAR), dois ambiente térmicos de confinamento e diferentes níveis de concentrado sob o desempenho e características de carcaça de ovinos da raça Dorper.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Aprovação no comitê de ética e local do estudo***

Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil, protocolo número 0006/131014.

O Experimento foi realizado nas instalações do Laboratório de Exigência e Metabolismo Animal – LEMA juntamente com o Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, no *Campus* Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Petrolina-PE, Brasil.

## ***Caracterização do Ambiente***

Os dados meteorológicos foram coletados por meio de “dataloggers” instalados em ambos os confinamentos (pleno sol e sombreado) durante todo período do experimento para caracterização dos ambientes. A temperatura máxima e mínima do período experimental no confinamento sombreado foi de 34,4 °C e 28,7 °C, respectivamente. A máxima e mínima em pleno sol foi de 38,3 °C e 33,1 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar máxima e mínima sob a sombra e foi de 41,9 % e 23,1 %, respectivamente; e a umidade relativa máxima e mínima ao sol foi de 44 % e 23,6 %, respectivamente.

## ***Animais***

Foram utilizados 60 ovinos, machos inteiros, da raça Dorper, provindos de parto simples, com peso vivo médio inicial de 17,83±2,43 kg e idade média de 70±10 dias. Todos os animais foram vermifugados com o princípio ativo à base de ivermectina e alojados em baias individuais, com distribuição em delineamento inteiramente casualizado. Realizou-se a pesagem dos animais a cada sete dias a fim de determinar o ganho de peso e o consumo de matéria seca diário.

## ***Etapas do Experimento***

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira (Etapa I) realizou-se o estudo do CAR para determinar os animais mais e menos eficientes durante um período de 40 dias e em seguida foi realizada a segunda etapa (de campo), a qual compreendeu o desempenho, digestibilidade e avaliações de carcaças e carne durante um período de 60 dias, totalizando 100 dias experimentais.

## ***Estudo do Consumo Alimentar Residual (CAR)***

Para a determinação do CAR, 60 animais foram alojados em baias individuais (0,8m x 0,8m), em confinamento sombreado com cobertura de telha

de zinco com pé-direito de 6 metros por 47 dias, sendo 7 dias de adaptação à dieta e ao manejo e 40 dias de avaliação, seguindo a metodologia de Cockrum et al. (2013). Os animais receberam água e alimento *ad libitum*. O alimento foi fornecido diariamente às (8h e 16h), composto de 30% de concentrado à base de milho, farelo de soja e mistura mineral e 70% de volumoso (capim elefante picado), formulada para ganho de 200g/dia segundo NRC (2007) com 14,5% de PB, formulada pelo *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) VERSÃO 1.8.1.

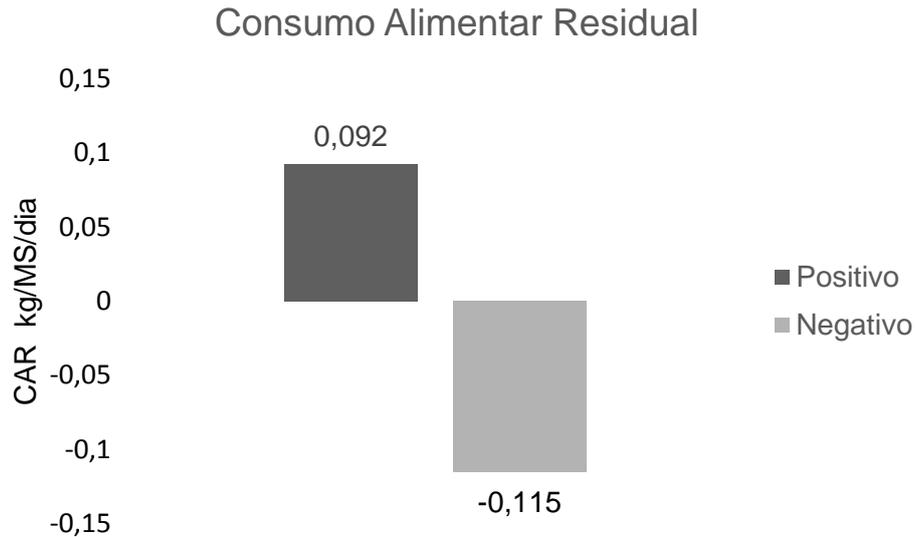
A quantidade de ração fornecida e as sobras foram pesadas diariamente para o cálculo e ajustes de consumo para manter 15% de sobras, e a pesagem dos animais foram realizadas semanalmente. Ao fim da Etapa I foi possível classificar os animais quanto ao CAR e agrupá-los em duas classes: CAR negativo (mais eficientes) e CAR positivo (menos eficientes) com  $<0,5$  e  $>0,5$  de desvio padrão, respectivamente. Para o cálculo do CAR de cada animal, foram utilizadas as diferenças nos valores dos consumos de matéria seca observados individualmente e o consumo predito de matéria seca, com base na sua taxa de ganho de peso e no seu peso corporal metabólico médio:

$$\text{CAR} = \text{CMS}_{\text{obs}} - \text{CMS}_{\text{esp}} (\text{f}\{\text{GMD}, \text{PCM}^{0,75}\});$$

$$\text{em que } \text{CMS}_{\text{esp}} = \beta_0 + \beta_1 \text{GMD} + \beta_2 \text{PCM}^{0,75}$$

Sendo,  $\text{CMS}_{\text{esp}}$  = o consumo de matéria seca predito para o animal;  $\beta_0$  = intercepto da regressão;  $\beta_1$  = coeficiente de regressão parcial sobre GMD;  $\beta_2$  = coeficiente de regressão parcial sobre  $\text{PCM}^{0,75}$ .

Assim feito, foi possível classificar os 60 animais em 30 animais de CAR positivo e 30 animais de CAR negativo dando início a Etapa II. O consumo residual alimentar observado dos ovinos classificados como CAR positivo e negativo estão apresentados na figura 1.



**Figura 1** - Consumo alimentar residual de ovinos Dorper em região semiárida do Brasil.

### ***Desempenho***

Os 60 cordeiros foram distribuídos em dois tipos de ambientes térmicos: 30 animais foram confinados em ambiente sombreado (com pé direito de 6 metros, piso cimentado, medindo 0,8m x 0,8m cada baia) e os outros 30 animais confinados em pleno sol (com piso de chão batido, sem cobertura) levando em consideração as duas classes de eficiência alimentar determinada por meio do CAR, sendo 15 animais de CAR positivo e 15 animais de CAR negativo em cada ambiente, em um delineamento em blocos casualizados. O experimento teve duração de 60 dias, adicionados de 7 dias prévios para adaptação. Atribuíram-se três níveis de concentrados (30, 45 e 60%) na ração dos cordeiros (Tabela 1). As rações foram compostas por capim elefante (volumoso) e o concentrado (milho, farelo de soja e mistura mineral) formulada pelo *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) VERSÃO 1.8.1. obtendo-se um total de 5 repetições por tratamento. Os cordeiros foram pesados semanalmente para obtenção do ganho diário e ajustes na oferta de ração.

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição das dietas.

Ingredientes	Nível de concentrado % MS		
	30 %	45%	60%
Mistura mineral – Ovinos*	1,7	2,6	3,4
Farelo de Soja	16,4	24,7	32,9
Milho Grão Moído	11,9	17,8	23,7
Capim Elefante	70,0	55,0	40,0
TOTAL	100	100	100

Nutrientes	Concentração		
Matéria Seca (MS)	40,0	49,1	58,0
Matéria Mineral (MM)**	9,9	10,4	10,8
Matéria Orgânica (MO)**	90,0	89,6	89,2
Proteína Bruta (PB)**	12,5	16,6	20,2
Fibra em Detergente Neutro (FDN)**	70,2	61,3	48,3
Fibra em Detergente ácido (FDA)**	36,8	32,5	26,6

\*Composição Básica: Calcário Calcítico, fosfato bicálcico, cloreto de sódio, enxofre ventilado, óxido de magnésio, proteinato de manganês (0,03%), proteinato de zinco (0,04%), iodato de cálcio, monóxido de manganês, casca de arroz, óxido de zinco, selenito de sódio, sulfato de cobalto, sulfato de ferro, vitamina A, vitamina D e vitamina E. \*\* % da matéria seca

### **Comportamento Ingestivo**

O comportamento ingestivo foi realizado em três momentos: início, meio e fim do período destinado para avaliação de desempenho, perfazendo uma média final dessas três avaliações. As avaliações foram feitas visualmente de forma individual com intervalos de 5 minutos, durante 24 horas, para determinar o tempo gasto com ingestão de alimento, ruminação, ingestão de água e ócio em minutos/dia. Para isso, o número de observações para cada ação foi multiplicado por 5.

As avaliações foram realizadas sempre por 4 observadores em sistema de revezamento. Esses foram posicionados estrategicamente, de forma a não influenciar o comportamento dos animais. Os consumos de matéria seca (CMS)

e de água (C água) foram mensurados a partir da diferença entre o fornecido e sobras diárias.

O tempo de mastigação total (TMT) foi calculado, somando-se o tempo de alimentação e o tempo de ruminação. Para a determinação da eficiência de alimentação e ruminação, expressa em g MS/min, foram utilizados os dados consumo médio diário de MS dividido pelo tempo total despendido em alimentação e ruminação em 24 horas, respectivamente.

### ***Ensaio de digestibilidade e balanço de nitrogênio***

O ensaio de digestibilidade da matéria seca ocorreu simultaneamente ao desempenho. Para isso, os cordeiros foram mantidos em gaiolas metabólicas por um período de 15 dias, sendo 10 dias para adaptação aos arreios coletores de fezes e gaiolas e os 5 dias restantes foram destinados para as coletas de fezes, urina e sobras para determinar o CMS. As gaiolas de estudo de metabolismo eram providas de água e alimento à vontade, permitindo-se sobras de 15%.

Foram realizadas coletas totais de fezes e urina. A coleta total de fezes foi realizada utilizando-se sacolas coletoras fixadas na porção posterior dos animais com o objetivo de minimizar a contaminação por pelos e urina.

As análises bromatológicas realizadas nas sobras e fezes foram realizadas conforme a metodologia descrita pela AOAC (2002).

Para a coleta total de urina, foram utilizados baldes plásticos cobertos com telas, para evitar contaminação com pelos, ração e fezes, sendo os baldes alocados abaixo das gaiolas de metabolismo. Foram adicionados em cada balde ácido clorídrico (HCl) 6N na quantidade necessária para manter o pH abaixo de 3 a fim de evitar a volatilização do N (nitrogênio) como também possíveis fermentações.

A coleta de urina foi realizada diariamente. O teor de N a urina foi realizado pelo método Kjeldahl, descrito pela AOAC (1990). O N ingerido foi calculado pela equação:  $N_{\text{ingerido}} = N_{\text{fornecido}} - N_{\text{sobras}}$ , o N absorvido pela equação:  $N_{\text{absorvido}} = N_{\text{ingerido}} - N_{\text{fezes}}$ , o N retido foi calculado pela diferença entre o N absorvido e o N na urina foi pela equação  $N_{\text{retido}} = N_{\text{absorvido}} - N_{\text{urina}}$  e o

balanço de nitrogênio em porcentagem do N consumido foi calculado utilizando a equação:  $BN\% = (N_{\text{retido}}/N_{\text{ingerido}}) \times 100$ .

### ***Análise estatística***

Os dados foram analisados pelo procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (v. 9.4; SAS Institute, 2004) em um delineamento em blocos com parcelas sub-subdivididas. O modelo estatístico considerou como fatores fixos os efeitos de CAR (parcela), ambiente e a interação ambiente x CAR (subparcela), níveis de concentrado e as interações concentrado x ambiente, concentrado x CAR e concentrado x CAR x ambiente como sub-subparcelas; e como fator aleatório o efeito de bloco. Os efeitos aleatórios de bloco, bloco x CAR (erro da parcela) e Bloco X CAR X ambiente (erro das subparcelas) foram definidos pelo comando RANDOM.

Os graus de liberdade do resíduo foram corrigidos pelo método de SATTERTHWAITTE definido pela opção DDFM do comando MODEL. O peso inicial foi testado como covariável e incluído no modelo quando significativo. Quando o teste F foi significativo, as comparações de médias foram realizadas pela diferença mínima significativa protegida por Fisher, pela opção DIFF do comando LSMEANS. Outliers foram identificados pela opção INFLUENCE RESIDUAL do comando MODEL e retirados dos dados quando os valores de resíduos estudentizados foram maiores que 3 e menores que -3. Em casos nos quais o modelo estatístico estivesse super parametrizado, impossibilitando a convergência do mesmo, métodos alternativos e menos complexos (ML, MIVQUE0 e TYPE3) para estimativa dos parâmetros dos modelos foram utilizados pela opção METHOD. Significância foi declarada a 5%.

## RESULTADOS

### *Desempenho*

Nenhuma das variáveis de desempenho foi influenciada isoladamente pelo CAR, portanto, animais de CAR positivo e negativo tiveram ganho de peso semelhantes (Tabela 2).

Houve efeito do nível de concentrado utilizado sobre o CMS. Animais que receberam dietas com maior nível de concentrado apresentaram maiores consumos de alimento quando comparado aos animais que receberam dietas com maior proporção de volumoso. Animais que receberam dietas com 30% de concentrado consumiram em média 1,72 Kg/MS/dia, os que receberam 45% consumiram 1,96 Kg/MS/dia e os que receberam 60% de concentrado consumiram 2,00 Kg/MS/dia (Tabela 2).

A digestibilidade da MS foi aumentando à medida que aumentou a proporção de concentrado nas dietas; logo, animais que receberam maiores proporções de concentrado apresentaram maiores percentuais de digestibilidade. Os valores médios encontrados foram 79,8; 82,24 e 84,4 para 30, 45 e 60% de concentrado, respectivamente (Tabela 2).

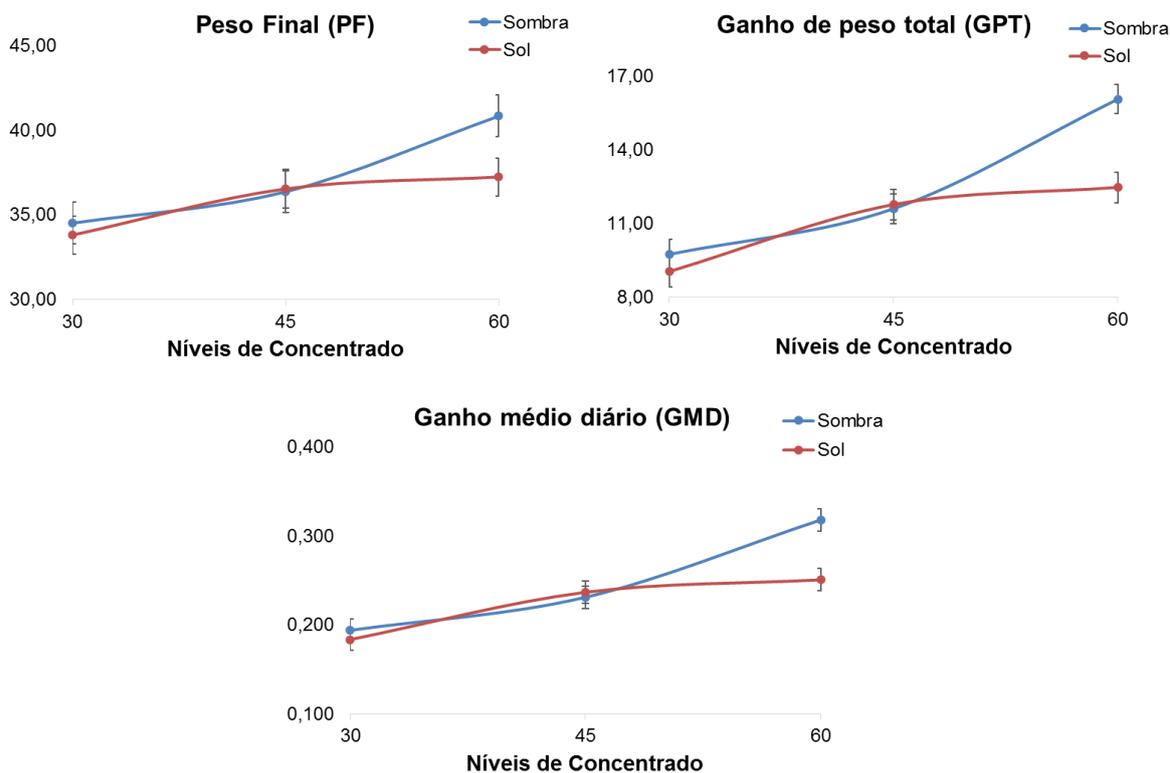
Animais confinados à sombra apresentaram maiores ganhos, peso final (PF) e ganho de peso total (GPT). Os valores médios para o PF foram de 35,85 e 37,23 Kg para os animais confinados ao sol e à sombra, respectivamente. Os valores de GPT foram de 11,10 kg para os animais confinados ao sol e 12,47 kg para sombra (Tabela 2). Da mesma forma, animais que receberam o maior nível de concentrado (60%) na dieta tiveram os maiores ganhos para as mesmas variáveis.

Houve efeito da interação entre o nível de concentrado utilizado e o ambiente de confinamento. Animais confinados à sombra e com 60% de concentrado apresentaram melhor desempenho baseado no PF, GPT e ganho médio diário (GMD) (Figura 2).

**Tabela 2.** Desempenho de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
Cáguas	2,7	2,4	2,4	2,6	2,8	3,2	2,4	2,9	3,3	2,6	2,6	3,7	0,121	0,239	0,075	0,166	0,450	0,523	0,435	0,725
CMS	1,7	2,0	1,8	1,8	1,9	2,1	1,6	1,9	1,9	1,6	1,8	2,0	0,034	0,112	0,102	<.0001	0,440	0,063	0,589	0,905
CDMS	80,1	82,2	82,7	80,1	82,7	86,6	80,1	83,2	85,0	78,7	80,7	83,4	0,398	0,849	0,267	<.0001	0,148	0,205	0,977	0,285
PF (Kg)	32,8	35,9	37,4	34,8	36,5	40,8	34,7	37,1	37,0	34,2	36,1	40,8	0,515	0,038	0,622	<.0001	0,401	0,019	0,794	0,503
GPT (Kg)	8,0	11,2	12,6	10,0	11,7	16,0	10,0	12,3	12,2	9,4	11,4	16,0	0,374	0,017	0,596	<.0001	0,380	0,016	0,794	0,500
GMD (kg)	0,16	0,22	0,25	0,19	0,22	0,31	0,20	0,24	0,24	0,19	0,23	0,32	0,007	0,054	0,496	<.0001	0,786	0,022	0,708	0,525

1: ambiente; 2: concentrado; Cáguas: consumo de água; CMS: consumo de matéria seca; CDMS: coeficiente de digestibilidade da matéria seca; PF: peso final; PGT: ganho de peso total; GMD: ganho médio diário.



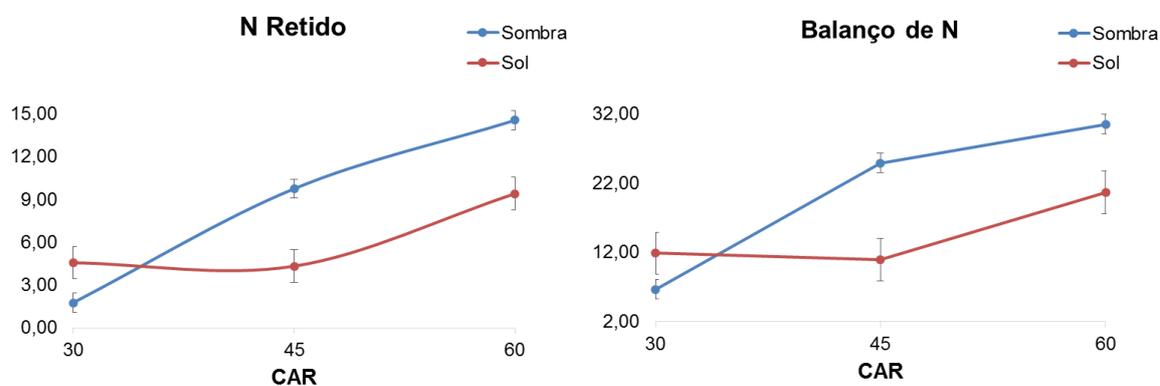
**Figura 2.** Desdobramento da interação entre o nível de concentrado x ambiente para as variáveis de peso.

### **Balanço de nitrogênio**

Os níveis de concentrado das dietas influenciaram todas as variáveis do balanço de nitrogênio. Animais que receberam a maior proporção de concentrado (60%) apresentaram as maiores médias para N ingerido, N fezes, N urina, N absorvido, N retido e balanço N quando comparado aos demais níveis (Tabela 3).

Houve efeito significativo do ambiente para as variáveis N retido e balanço de N (Tabela 3). O N retido foi maior para os animais confinados à sombra quando comparados aos do sol, e os valores médios encontrados foram 6,1 g/dia para os animais confinados ao sol e 8,7 g/dia para os confinados à sombra. Da mesma forma, os maiores valores para o balanço N foram encontrados nos animais confinados à sombra, 14,5 para os animais do sol e 20,7 para os da sombra.

Ocorreu interação entre o ambiente e o nível de concentrado para as variáveis N retido e BN. Animais confinados à sombra apresentaram maiores médias para N retido e BN quando receberam os maiores níveis de concentrado (45 e 60%) (Figura 3).



**Figura 3.** Desdobramento da interação entre o nível de concentrado x ambiente para as variáveis de balanço de nitrogênio.

**Tabela 3.** Balanço de nitrogênio (g/dia) de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	SOL			SOMBRA			SOL			SOMBRA										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
Ningerido	27,4	42,3	46,7	25,0	37,2	45,6	26,0	33,2	44,2	26,6	40,3	50,7	1,446	0,620	0,770	<.0001	0,104	0,525	0,387	0,372
Nfezes	5,1	10,0	10,4	7,0	8,5	8,6	6,8	7,1	7,2	7,8	8,0	8,8	0,322	0,556	0,297	0,016	0,181	0,440	0,100	0,333
Nurina	17,5	28,3	25,2	15,8	18,9	23,1	14,0	21,2	29,4	16,8	22,5	26,4	0,839	0,117	0,857	<.0001	0,072	0,218	0,074	0,099
Nabsorvido	22,2	32,1	36,3	18,0	28,8	37,0	18,5	26,3	37,1	17,7	32,2	41,4	1,299	0,704	0,846	<.0001	0,070	0,212	0,241	0,547
Nretido	4,7	3,6	10,8	2,1	9,7	13,9	4,3	4,9	7,9	1,3	9,7	15,1	0,745	0,002	0,748	<.0001	0,608	<.0001	0,713	0,309
BN	16,7	8,6	23,4	8,8	26,0	30,8	7,0	13,2	17,8	4,4	23,7	30,1	1,504	<.0001	0,153	<.0001	0,730	<.0001	0,150	0,226

1: ambiente; 2: concentrado; Ningerido: nitrogênio ingerido; Nfezes: nitrogênio liberado nas fezes; Nurina: nitrogênio liberado na urina; Nabsorvido: nitrogênio absorvido; Nretido: nitrogênio retido; BN: balanço de nitrogênio (%).

## **Comportamento Ingestivo**

Nenhum dos parâmetros avaliados e suas interações tiveram influência sobre a ingestão de água. Os níveis de concentrado nas dietas influenciaram o comportamento ingestivo, portanto foram encontradas diferenças para o tempo de ingestão, tempo de ruminação, tempo em ócio, tempo de mastigação e eficiência alimentar. Animais que receberam dietas com o maior nível concentrado (60%) passaram menos tempo ingerindo alimento em relação aos animais que receberam maiores proporções de volumoso (Tabela 4). Os tempos observados foram de 232, 222 e 184 minutos/dia para os animais que receberam 30, 45 e 60% de concentrado, respectivamente.

O tempo de ruminação foi menor para os animais que receberam 60% concentrado, logo, como esperado, animais que receberam maiores quantidades de volumoso apresentaram maior tempo de ruminação. Os tempos para essa observação foram de 582 min/dia para os animais que receberam 30% de concentrado, 552 min/dia para os que receberam 45% e 526 min/dia para os que receberam 60% de concentrado (Tabela 4).

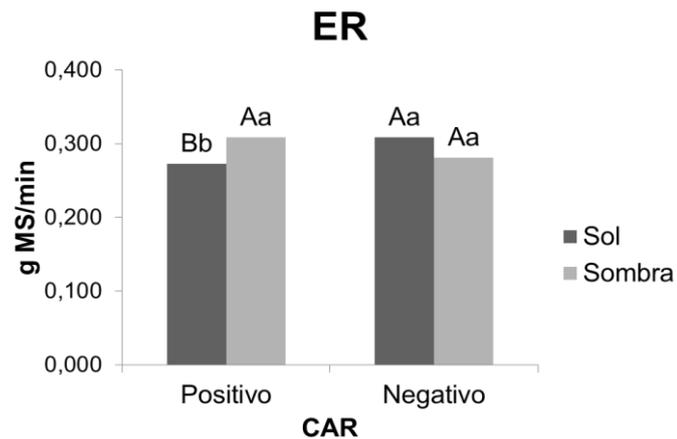
Animais que receberam 60% de concentrado passaram mais tempo em ócio, ou seja, em inatividade em relação aos demais. Assim, as médias encontradas para essa variável foram de 624 min/dia para os animais que consumiram 30% de concentrado, 663 min/dia para 45% e 714 min/dia para os que consumiram 60% de concentrado.

Em contrapartida, o tempo de mastigação total foi maior para os animais que consumiram menor proporção de concentrado, ou seja, maior quantidade de volumoso. Os tempos encontrados foram de 819, 763 e 710 min/dia para animais que receberam dieta com 30%, 45% e 60% de concentrado, respectivamente.

Sobre a eficiência de alimentação, animais que receberam dietas com maiores proporções de volumoso apresentaram maior ingestão de alimento/g/MS/min, 0,131 para animais que receberam 30% de concentrado, 0,113 para os que receberam 45% e 0,094 para os que receberam 60% de concentrado. Comportamento semelhante foi observado para a eficiência de ruminação.

Ainda sobre a eficiência de ruminação, houve interação do CAR e o ambiente para essa variável (Figura 3). Animais de CAR negativo apresentaram

maior eficiência de ruminação em comparação aos animais de CAR positivo quando confinados ao sol, porém, na sombra não foram observadas diferenças. Considerando apenas os animais de CAR positivo, os confinados à sombra, apresentaram maior eficiência de ruminação. Dentre os animais de CAR negativo, não foram observadas diferenças entre os ambientes de confinamento.



**Figura 4.** Desdobramento da interação entre o CAR x ambiente para a eficiência de ruminação. Letras maiúsculas iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

**Tabela 4.** Comportamento ingestivo de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
TIA	232	218	182	213	195	173	227	245	191	255	230	188	5,582	0,556	0,144	<.0001	0,379	0,593	0,715	0,611
TR	560	577	531	589	519	520	576	545	516	603	566	537	9,157	0,771	0,664	0,028	0,302	0,523	0,941	0,605
Tlágua	10,8	8,2	13,4	16,8	16,8	14,8	9,6	11,2	16,8	9,0	16,0	11,4	0,829	0,236	0,587	0,382	0,174	0,062	0,249	0,905
TO	634	635	712	665	708	728	626	638	715	572	672	702	12,725	0,590	0,358	0,021	0,337	0,538	0,784	0,890
TMT	793	795	714	820	714	694	803	790	707	859	751	726	13,080	0,796	0,538	0,003	0,465	0,228	0,977	0,992
EA	0,12	0,10	0,09	0,12	0,10	0,09	0,14	0,13	0,10	0,12	0,11	0,09	0,004	0,336	0,255	<.0001	0,312	0,952	0,796	0,876
ER	0,28	0,27	0,26	0,36	0,29	0,27	0,35	0,29	0,27	0,33	0,25	0,25	0,007	0,672	0,713	<.0001	0,010	0,182	0,274	0,317

1: ambiente; 2: concentrado; TIA: Tempo de ingestão de alimento; TR: Tempo de ruminação; TIA: Tempo de ingestão de água; TO: Tempo de ócio; TMT: Tempo de mastigação total; IA: eficiência de alimentação g MS/min e ER: eficiência de ruminação g MS/min.

## ***Características de carcaça***

O CAR isoladamente não afetou as características de carcaça dos ovinos em estudo. Para as variáveis de características de carcaça, animais que receberam 60% de concentrado apresentaram maiores PCQ, PCF, RCQ e RCF (Tabela 5). No entanto, a PPR foi maior nos animais que receberam o menor nível de concentrado, com valores médios iguais a 3,18 para os animais que receberam 30% de concentrado, 2,90 para 45% e 2,89 para 60% (Tabela 5).

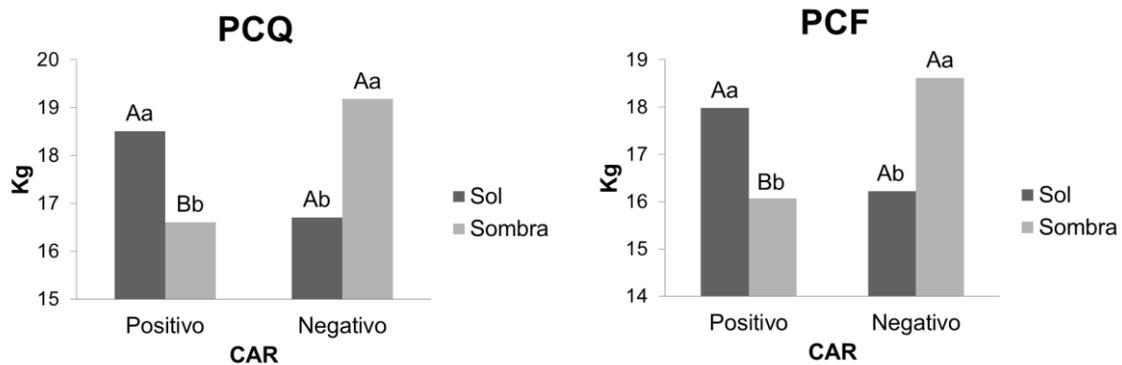
Além disso, houve interação entre o CAR e o ambiente para as variáveis PCQ e PCF (Figura 5). Animais confinados ao sol não diferiram para ambas variáveis entre CAR, porém quando confinados à sombra, animais de CAR negativo apresentaram os maiores pesos de carcaça quente e fria. Os valores médios para PCQ foram de 19,18 e 16,61 kg para animais de CAR negativo e positivo, respectivamente, e para PCF os valores foram iguais a 18,62 kg para CAR negativo e 16,07 kg para CAR positivo.

Considerando apenas os animais de CAR positivo (menos eficientes), os que ficaram confinados ao sol apresentaram maiores pesos de carcaça quente e fria, por outro lado, dentre os animais de CAR negativo, tiveram os maiores pesos para essas variáveis os animais confinados à sombra. Logo, animais de CAR positivo tiveram melhores desempenhos confinados ao sol e animais de CAR negativo apresentaram melhores desempenhos à sombra (Figura 5).

**Tabela 5.** Características de carcaças de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	SOL			SOMBRA			SOL			SOMBRA										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
PCQ (Kg)	16,7	18,6	20,1	15,1	15,9	18,7	15,6	15,8	18,6	17,3	19,0	21,1	0,374	0,624	0,625	<.0001	<.0001	0,918	0,968	0,652
PCF (Kg)	16,2	18,0	19,6	14,5	15,4	18,1	15,1	15,3	18,1	16,7	18,5	20,5	0,368	0,672	0,617	<.0001	<.0001	0,915	0,972	0,643
PPR (%)	3,1	2,8	2,6	3,5	3,0	3,1	2,6	3,0	2,8	3,3	2,7	2,8	0,069	0,026	0,355	0,037	0,2494	0,132	0,573	0,253
RCQ (%)	47,0	49,2	51,8	47,0	47,4	50,1	47,0	48,1	50,9	46,6	49,6	53,7	0,555	0,937	0,691	0,001	0,2241	0,936	0,789	0,548
RCF (%)	45,6	47,8	50,5	45,4	46,0	48,6	45,6	46,6	49,5	45,0	48,3	52,2	0,556	0,985	0,674	<.0001	0,2024	0,940	0,810	0,536
RB (%)	59,2	58,8	61,1	58,3	58,8	58,9	59,4	58,3	61,6	60,4	60,0	59,3	0,311	0,507	0,305	0,2699	0,3705	0,118	0,854	0,797

1: ambiente; 2: concentrado; PCA: peso corporal ao abate; PCQ: peso de carcaça quente; PCF: peso de carcaça fria; PPR: perda de peso por resfriamento; RCQ: rendimento de carcaça quente; RCF: Rendimento de Carcaça fria; RB: rendimento biológico.



**Figura 5.** Desdobramento da interação entre o nível de CAR x ambiente para as variáveis de características de carcaça (PCQ e PCF). Letras maiúscula iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

## DISCUSSÃO

### *Desempenho e Digestibilidade*

Animais de CAR negativo tem demonstrado maior eficiência alimentar devido ao menor consumo de alimento em relação ao de CAR positivo sem prejuízos no desempenho (COCKRUM et al., 2013; FITZSIMONS et al., 2013; KNOTT et al., 2008a). No entanto, no presente estudo não foram observadas diferenças no consumo de alimento entre as classes de CAR.

Alterações no ambiente de confinamento e na composição da dieta pode ter influenciado na ausência de efeito sobre o consumo de ração, visto que, durante o período de teste todos os animais foram submetidos às mesmas condições de confinamento e alimentação e, posteriormente, dispostos em ambientes e dietas com proporções volumoso x concentrado diferentes. Nkrumah et al. (2007) afirmaram que além das variações genéticas e fenotípicas, variações extrínsecas como o tipo de alimento estão potencialmente associadas a ingestão de alimento.

Oliveira et. al. (2016), em estudo com bovinos nelore, citaram haver evidências da interação CAR x genótipo x ambiente, especialmente quando se trata de sistemas de criação e alimentação distintos. Esses autores relataram que animais de CAR negativo previamente classificados em testes de desempenho em confinamento consumiram 19,7% menos ração que animais de CAR positivo; porém, quando esses mesmos animais foram submetido a um sistema de pastagem, o consumo de forragem foi semelhante para ambos.

Correlações de média a baixa foram encontrados por Durunna et al. (2012) para o consumo e a eficiência, quando os animais foram avaliados em períodos e com dietas diferentes. Os autores concluíram que o período de avaliação e dieta podem afetar o CAR.

Apesar da ausência de efeito entre as classes de CAR para o CMS considerando as três proporções volumoso x concentrado utilizadas, vale salientar que quando analisadas separadamente a dieta com 30% de concentrado, os animais de CAR negativo consumiram 11% menos MS que os animais de CAR positivo e quando receberam 60% de concentrado esse redução de consumo foi de 4,8%.

A digestibilidade da MS também não foi alterada entre as classes de CAR, apesar de alguns trabalhos afirmarem que a digestão é um dos principais fatores biológicos que influenciam as variações entre o CAR (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018; HERD & ARTHUR, 2009; RICHARDSON & HERD, 2004). No entanto, os resultados ainda são considerados divergentes para essa variável, dado que a variação na digestibilidade não somente depende da eficiência alimentar, mas também dos tipos de dietas, metodologias utilizadas, maturidade, dentre outros fatores. Em acordo com a pesquisa recentes, Fitzsimons et al. (2013) não encontraram diferenças na digestibilidade aparente da MS entre as classes de CAR em bovinos de corte e Xie et al. (2019) em vacas leiteiras.

Como esperado, o ganho de peso não foi alterado quando avaliado as classes de CAR isoladamente, como já comprovado, a eficiência classificada quanto ao CAR independe das características produtivas (COCKRUM et al., 2013; PAULA et al., 2013). Pode-se observar que o CMS somente sofreu influência da dieta, animais que receberam maiores proporções de concentrado, apresentaram maiores médias para essa variável. Esse fato foi atribuído a menor quantidade de volumoso nessas dietas, desse modo, dietas com maiores proporções de concentrado contêm menor tamanho de partícula, ocasionando menor enchimento ruminal e possivelmente aumentando a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal e conseqüentemente maior ingestão de alimento.

Diversos fatores físicos e/ou químicos limitam e regulam o consumo de alimento. A distensão rúmen-retículo é considerado um importante fator físico influenciador na ingestão de ração e é provocado pelo volume e tamanho de partícula do alimento (ALLEN, 2000).

O maior consumo de alimento e o possível aumento na taxa de passagem ruminal nos animais que recebem dietas com maiores proporções de concentrado, tiveram as maiores médias para digestibilidade. Cantalapiedra-Hijar et al. (2018) encontraram uma correlação negativa entre a digestibilidade da MS e o consumo. Portanto, esse efeito foi atribuído a menor quantidade de fibra e conseqüentemente o aumento da porção facilmente degradável acrescida através dos ingredientes (grãos) que compunham essas dietas.

O ganho de peso somente sofreu influência da dieta, do ambiente e da interação entre eles, animais que receberam maior proporção de concentrado na dieta e permaneceram confinados à sombra, tiveram o melhor desempenho. Essa interação pode ser explicada pela junção de dois fatores: o primeiro foi atribuído ao aumento na proporção de concentrado nas dietas proporcionando maior ingestão de energia devido a maior densidade energética desta fração e, conseqüentemente, maior ganho de peso; o segundo ao menor gasto energético pelos animais confinados à sombra em relação aos confinados aos sol devido a menor demanda energética para o metabolismo termorregulatório.

Os animais confinados ao sol, além de terem ficado confinados a um ambiente com maior temperatura ambiental (38,3°C de máxima), foram expostos a radiação solar direta, ou seja, receberam uma elevada carga de energia térmica, fato que aumenta a necessidade de dissipar o excesso de calor absorvido pelo organismo. Para isso, há um aumento no direcionamento do gasto energético para manter o equilíbrio da temperatura corporal e menos para produção, o que reduz sua eficiência de produção (HILL; WALL, 2017).

### ***Comportamento ingestivo***

Diversos mecanismos biológicos que contribuem para variações do CAR foram descritos por Richardson & Herd (2004). Porém, para eles, um percentual aproximado de 27% ainda são desconhecidos. Da mesma forma, Cantalapiedra-Hijar et al. (2018) afirmaram que os determinantes biológicos da variação de animal para animal na eficiência alimentar ainda estão longe de serem totalmente compreendidos.

O comportamento ingestivo também vem sendo estudado e considerado um dos fatores responsáveis pelas variações entre as classes de CAR. Montanholi et al. (2010) afirmaram que o comportamento alimentar é responsável por 18% da variação explicada pelo CAR em bovinos de corte. Concluíram que animais de baixo CAR apresentaram menor tamanho da refeição (kg MS/ refeição), taxa de alimentação (g MS / min) e menos visitas diárias ao cocho em comparação com os novilhos com alto CAR. Observações semelhantes foram encontradas por Nkrumah et al. (2007), eles constataram menor tempo de ingestão de alimento em animais mais eficientes.

Relatos semelhantes foram reportados em ovinos, Muir et al. (2018) afirmaram que animais de CAR negativo apresentaram menor número de refeições em relação aos animais de CAR positivo, explicando 16,3% a 30,2% da variação entre as classes de CAR, mostrando que o número de refeições está fortemente ligado as variações do CAR.

Entretanto, no presente estudo, não foram observados diferenças para tais variáveis entre animais de CAR positivo e negativo. Esse resultado pode estar relacionado a falta de efeito significativo no CMS entre as classes de CAR nesse estudo. Muir et al. (2018) sugeriram que diferenças no comportamento alimentar entre animais mais e menos eficientes estão relacionadas ao gasto calórico atribuído a quantidade de alimento ingerido e a atividade de acesso ao cocho, portanto, animais que gastam mais tempo em pé consumindo ração aumenta o gasto calórico pelo aumento na produção de calor e a maior atividade ao acesso ao cocho, resultando em animais menos eficientes.

Aumento ao acesso ao cocho e quantidade de alimento ingerido pode contribuir com 30% do uso diário de energia gasta pelos animais (RICHARDSON & HERD, 2004). Em bovinos, Lancaster et al. (2009) sugeriram que atividades relacionadas ao consumo de alimento (frequência e duração) podem aumentar os gastos energéticos em animais de CAR positivo devido ao aumento da locomoção e permanência em pé.

No entanto, Green et al. (2013) encontraram correlação fraca ( $r = 0,14 - 0,26$ ) entre o CAR e o comportamento alimentar em novilhas leiteiras em crescimento, indicando que ele sozinho não pode prever com segurança as variações entre as classes de CAR.

Apenas a dieta influenciou o comportamento alimentar dos cordeiros. Animais que receberam maiores níveis de concentrado passaram menos tempo ingerindo alimento, mesmo tendo consumido maior quantidade de MS, ou seja, os animais passaram menos tempo ingerindo, porém consumiram maior quantidade de alimento devido ao menor tamanho de partícula da dieta. Esses animais apresentaram o menor tempo de mastigação total, o qual compreende a soma do tempo de ingestão de alimento e tempo de ruminação.

Dietas com maior proporção de concentrado possuem menor tamanho de partícula (fibra fisicamente efetiva) promove menor enchimento ruminal, bem como menor tempo de ruminação. Portanto, animais que receberam 60% de

concentrado além de terem passado menos tempo ingerindo e ruminando, passaram mais tempo em ócio. Por conseguinte, a eficiência de alimentação e ruminação foi menor para os animais que receberam dieta com maior nível de concentrado.

### ***Balanço de Nitrogênio***

No presente estudo, animais classificados quanto ao CAR não diferiram para as variáveis do balanço de nitrogênio. No entanto, Xie et al. (2019) sugerem que diferenças na partição N, síntese de proteínas microbianas e utilização de proteínas metabolizáveis podem fazer parte dos mecanismos associados à variação do CAR em vacas leiteiras. Esses autores verificaram que a ingestão de N e o N retido tenderam a ser menores em vacas de baixo CAR. No entanto, o N da urina e das fezes não diferiram entre as classes de CAR.

As proporções de concentrado testadas tiveram efeito sobre todas as variáveis do balanço de nitrogênio. Animais que receberam a maior proporção de concentrado apresentaram as maiores médias para N ingerido, N fezes, N urina, N absorvido, N retido e balanço N quando comparado aos demais níveis.

A maior ingestão de nitrogênio pelos animais que receberam o maior nível de concentrado foi devido ao aumento no CMS observado por esses animais, bem como ao maior percentual de proteína contido nessa dieta. As respostas para as demais variáveis também podem ter sido pelo mesmo fator. Para Moreno et al. (2010) o balanço de N é altamente influenciado pelo teor de concentrado na dieta. Esses autores observaram maior absorção e retenção de nitrogênio em ovinos com o aumento do nível de concentrado.

Animais mantidos em confinamento sombreado tiveram maior N retido e balanço de N que os animais confinados ao sol. Este comportamento pode estar relacionado com o possível aumento na demanda de aminoácidos pelos animais quando submetidos a estresse calórico. Dependendo do estado energético do animal, a contribuição de aminoácidos aumenta para atender às demandas de glicose (COLLIER et al., 2008).

Nessas condições, além do propionato, glicerol e lactato, animais necessitam de aminoácidos como substrato para o processo de gliconeogênese (formação de glicose a partir de compostos não glicídicos) no fígado, para

produção de energia que será usada para dissipar o calor, visto que a homeotermia surge como prioridade no metabolismo do animal, sobrepondo as funções produtivas. Rhoads et al. (2011) verificaram que vacas leiteiras submetidas a estresse térmico calórico apresentaram aumento na expressão hepática de genes gliconeogênicos como a enzima piruvato carboxilase.

Uma das principais respostas biológicas do animal é aumentar a taxa metabólica e utilização de energia promovida a partir de alterações da função do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, através do aumento dos processos catabólicos como a degradação da proteína (KNOTT et al., 2008b). Assim, o nitrogênio que deveria ser excretado ou depositado na forma de músculo pelos animais mantidos ao sol foram destinados para o metabolismo e usados no processo de termorregulação.

### ***Características de Carcaça***

Assim como em outros estudos, verificou-se que animais classificados quanto ao CAR apresentam características de carcaça semelhantes, sugerindo pouca ou nenhuma relação entre o CAR e essas variáveis de desempenho (BONILHA et al., 2013). Resultados semelhantes foram constatados em bovinos (FIDELIS et al., 2017; SAINZ et al., 2006) e ovinos (ZHANG et al., 2017).

As características de carcaça sofreram influência dos níveis de concentrado testados. Animais que receberam 60% de concentrado apresentaram maiores pesos e rendimentos de carcaça (PCQ, PCF, RCQ e RCF). Essas respostas são reflexos do maior ganho de peso e peso final dos animais que receberam dietas com a maior proporção de concentrado em relação aos animais que receberam maior proporção de volumoso. Desse modo, o peso de abate pode ser considerado um bom parâmetro para avaliar a carcaça, pois está associado às proporções musculares e de gordura presentes na carcaça (MENEZES et al., 2008).

A proporção de concentrado promoveu efeito inverso sobre a perda de peso por resfriamento (PPR). Animais que receberam a menor proporção de concentrado na dieta, apresentaram maior PPR. Esse efeito pode ser atribuído possivelmente a menor espessura de gordura subcutânea presente nesses animais. Assim, animais que receberam menor valor energético provindo da

dieta, apresentaram menor acabamento de carcaça ocasionando maior PPR. A gordura funciona como um isolante térmico na câmara de resfriamento, atuando principalmente contra o encurtamento das fibras musculares, desidratação e o escurecimento da carne na carcaça (MAHGOUB et al., 2002).

Mesmo apresentando essas diferenças nos percentuais de PPR causado pela proporção de concentrado, todas as carcaças encontraram-se dentro do considerado permitido, segundo Muela et al. (2010) essas perdas podem variar de 1 a 7% em ovino e podem sofrer influência pela uniformidade da gordura subcutânea, sexo do animal e refrigeração.

Apesar da ausência de efeito isolado do CAR sobre as características de carcaça, o mesmo não aconteceu quando avaliados em dois ambientes de confinamento. Observou-se que animais confinados ao sol não diferiram para as características de carcaça entre as classes de CAR. No entanto, quando confinados à sombra, animais de CAR negativo tiveram maiores pesos de carcaça. Pode-se afirmar que animais mais eficientes podem ter um melhor desempenho em relação aos menos eficientes quando submetidos a condições ambientais mais favoráveis.

Por conseguinte, avaliando isoladamente as classes de CAR, animais de CAR positivo tiveram os melhores desempenhos confinados ao sol quando comparados aos da sombra e animais de CAR negativo apresentaram melhores desempenhos confinados à sombra quando comparado aos do sol. Com isso, pode-se sugerir que animais menos eficientes respondem melhor as condições adversas ambientais, ou seja, animais de CAR positivo são mais tolerantes ao estresse térmico pelo calor.

Essas observações contrariam a maioria dos dados presentes na literatura, nas quais defendem a hipótese de que respostas rápidas e maiores da glândula adrenal à liberação de cortisol estão aparentemente associadas a menor eficiência. Para tanto, foram encontrados menores valores séricos de cortisol (hormônio do estresse) em animais de CAR negativo (mais eficientes) em relação aos animais menos eficientes quando submetidos a fatores estressantes, o que os tornariam menos susceptíveis ao estresse (BONILHA et al., 2017; GOMES et al., 2013; KNOTT et al., 2008a).

Por outro lado, Montanholi et al. (2010) avaliando o cortisol fecal de bovino, verificaram que animais mais eficientes (CAR negativo) apresentaram

maiores níveis de cortisol fecal (51,1 v. 31,2 ng / g) em comparação com novilhos menos eficientes (alto CAR) e sugeriram que animais mais eficientes têm níveis mais altos de cortisol basal a longo prazo. Portanto, animais com maior linha de base do cortisol os tornariam mais calmos e quando expostos a situações de estresse, sua resposta é predominantemente parassimpática, causando uma resposta mais lentamente e que está associada à conservação de energia.

Com isso, sugere-se mais estudos a fim de desvendar e entender as diversas formas de ação das variáveis biológicas sobre a eficiência alimentar em ruminantes, especialmente em ovinos de corte devido à escassez de pesquisas com o CAR e a espécie estudada.

## **CONCLUSÕES**

O consumo alimentar residual (CAR) sozinho não influenciou o desempenho dos animais;

Animais confinados à sombra apresentaram as melhores respostas para desempenho;

Interações entre ambiente e dieta indicaram melhor desempenho para os animais confinados à sombra e recebendo maior proporção de concentrado;

Além disso, os resultados mostraram haver interações entre CAR e ambiente para desempenho e características de carcaça. Animais de CAR negativo tiveram melhor desempenho e maiores pesos de carcaça quando confinados à sombra, por outro lado, animais de CAR positivo apresentaram melhores respostas para essas variáveis quando confinados ao sol.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598–1624, 2000.

ARTHUR, J. P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPECIALISSUE, p. 269–279, 2008.

ARTHUR, P. F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2–3, p. 131–139, 2001.

BONILHA, E. F. M. et al. Body chemical composition of Nellore bulls with different residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 7, p. 3457–3464, 2013.

BONILHA, S. F. M. et al. Digestion and metabolism of low and high residual feed intake Nellore bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 3, p. 529–535, 2017.

CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, v. 12, n. s2, p. S321–S335, 2018.

COCKRUM, R. R. et al. Phenotypic variation in residual feed intake and performance traits in rams. **Small Ruminant Research**, v. 113, n. 2–3, p. 313–322, 2013.

COLLIER, R. J. et al. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 2, p. 445–454, 2008.

DURUNNA, O. N. et al. Evidence of residual feed intake reranking in crossbred replacement heifers. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 3, p. 734–741, 2012.

FIDELIS, H. A. et al. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nellore cattle. **Meat Science**, v. 128, p. 34–39, 2017.

FITZSIMONS, C. et al. Methane emissions , body composition , and rumen fermentation traits of beef heifers differing in residual feed intake 1. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5789–5800, 2013.

GOMES, R. DA C.; SAINZ, R. D.; LEME, P. R. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nellore steers with high and low residual feed intake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 1, p. 44–50, 2013.

GREEN, T. C. et al. Relationships between residual feed intake, average daily gain, and feeding behavior in growing dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 5, p. 3098–3107, 2013.

- HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of animal science**, v. 87, n. 14 Suppl, p. 64–71, 2009.
- HILL, D. L.; WALL, E. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2240–2257, 2017.
- JACKSON, T.; HEARD, J.; MALCOLM, B. System changes to a lamb farm in south-west Victoria : some pre-experimental modelling The model. **AFBM Journal**, v. 11, p. 1–18, 2014.
- KNOTT, S. A. et al. The use of different models for the estimation of residual feed intake (RFI) as a measure of feed efficiency in meat sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, n. 1–4, p. 242–255, 2008a.
- KNOTT, S. A. et al. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 34, n. 3, p. 261–268, 2008b.
- KOCH, R M., SWIGER, L A., CHAMBERS, D.; GREGORY, K. E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 486–494, 1963.
- LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; RIBEIRO, F. R. B.; TEDESCHI, L. O.; JR. CREWS, D. H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1528–1539, 2009.
- MAHGOUB, O. et al. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. **Meat Science**, v. 61, p. 381–387, 2002.
- MONTANHOLI, Y. R. et al. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal**, v. 4, n. 5, p. 692–701, 2010.
- MORENO, G., SOBRINHO, A., LEÃO, A., LOUREIRO, C., PEREZ, H. alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 686–695, 2010.
- MUELA, E. et al. Effects of cooling temperature and hot carcass weight on the quality of lamb. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 101–107, 2010.
- MUIR, S. K. A. et al. Sheep residual feed intake and feeding behaviour : are ‘ nibblers ’ or ‘ binge eaters ’ more efficient ? **Animal Production Science**, v. 58, p. 1459–1464, 2018.
- NKRUMAH, J. D. et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2711–2720, 2007.
- PAULA, E. F. . et al. Características in Vivo Da Carcaça De Cordeiros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 566–572, 2013.
- RHOADS, R. P. et al. Short communication: Alterations in expression of gluconeogenic genes during heat stress and exogenous bovine somatotropin

administration. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 4, p. 1917–1921, 2011.

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 4–5, p. 431–440, 2004.

SAINZ, R. D. et al. Carcass composition and visceral organs are similar at harvest in low- and high-residual feed intake groups of Angus-Hereford steers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. July 2015, p. 168, 2006.

SNOWDER, G. D.; VAN VLECK, L. D. Estimates of genetic parameters and selection strategies to improve the economic efficiency of postweaning growth in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 11, p. 2704–2713, 2003.

XIE, Y. et al. Nitrogen partitioning and microbial protein synthesis in lactating dairy cows with different phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 1–8, 2019.

ZHANG, X. et al. Association of residual feed intake with growth and slaughtering performance, blood metabolism, and body composition in growing lambs. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.

## 5. CAPÍTULO II - Interação entre Consumo alimentar residual e ambiente térmico sobre a composição de carcaça e qualidade da carne ovina

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a interação entre CAR e ambiente sobre a composição de carcaça e qualidade de carne em ovinos alimentados com três níveis de concentrado. Para isso, 30 animais de CAR negativo e 30 de CAR positivo foram distribuídos em um delineamento em blocos com parcelas sub-subdivididas em dois ambientes térmicos de confinamento (pleno sol e sombra) e dietas com 30, 45 e 60% de concentrado, durante um período de 60 dias. Após o abate e obtenção das carcaças realizou-se os cortes comerciais, composição tecidual da perna, análises físico-químicas do músculo semimembranoso, perfil de ácidos graxos e suas relações. O CAR sozinho não influenciou na composição de carcaça e qualidade de carne. O maior nível de concentrado (60%) proporcionou maiores pesos para a meia carcaça, cortes comerciais e quantidade de gordura e músculo (g). Houve interação entre o CAR e o ambiente para as variáveis de peso da meia carcaça e cortes comerciais (exceto pescoço). Quando confinados à sombra, os animais de CAR negativo apresentaram maiores pesos de pernil, costela e matambre em relação aos animais de CAR positivo, já para os animais confinados ao sol, apenas o peso da costela foi diferente e maior para os animais de CAR positivo. Considerando os animais de CAR positivo, os maiores pesos de pernil, lombo, costela, matambre, proporções de ossos e músculo (g) foram encontrados nos animais confinados ao sol em relação aos da sombra. Em contrapartida, dentre os animais de CAR negativo, os pesos de pernil, costela, proporções de ossos e músculo foram maiores nos animais confinados à sombra. Em relação aos ácidos graxos C18:3, EPA e  $\sum n3$  seus percentuais médios diminuíram com o aumento no nível de concentrado, por outro lado, a relação  $n6/n3$  aumentou. Animais expostos ao sol apresentaram os percentuais médios de C18:3 e DPA maiores nos animais de CAR positivo, na sombra não houve efeito da interação. Dentre os animais confinados ao sol, os animais de CAR positivo apresentaram maiores valores médios para  $\sum n3$  na carne quando comparado aos animais de CAR negativo, na

sombra não houve efeito da interação. Conclui-se que Interações entre CAR e ambiente promove alterações nos pesos de cortes comerciais, composição tecidual e perfil de ácidos graxos. Animais de CAR positivo apresentaram melhores respostas para os parâmetros citados quando confinados ao sol, destacando-se para maior presença de ácidos graxos poli-insaturados na carne, bem como o somatório de ômega 3. Em contrapartida, animais de CAR negativo apresentaram maiores desempenho produtivo quando confinados a sombra sem nenhuma alteração significativa na qualidade da carne.

**Palavras-chave:** Consumo alimentar residual, estresse térmico, composição de carcaça, qualidade de carne, ácidos graxos.

## INTRODUÇÃO

O consumo alimentar residual (CAR) é uma medida de eficiência alimentar proposta por KOCH et al. (1963), inicialmente para bovinos, e atualmente vem se expandindo para outras espécies, dentre elas os ovinos. O CAR é calculado pela diferença entre o consumo observado (matéria seca ou energia) e o consumo de matéria seca esperado estimada por regressão ajustado para o peso vivo metabólico e ganho de peso.

Uma vantagem observada nessa ferramenta é sua independência das características produtivas, ou seja, animais de CAR negativo apresentam menor ingestão de alimento sem prejuízos no seu desempenho (FITZSIMONS et al., 2013; JOHNSON et al., 2019; MONTANHOLI et al., 2010).

As variações observadas entre as classes de CAR tem sido atribuídas a diversos fatores biológicos e outros ainda não conhecidos (RICHARDSON & HERD 2004). Esse fato demonstra a importância de se estudar mais profundamente como e quais são os mecanismos fisiológicos que contribuem para essa variação, tornando-os um desafio para o futuro (ARTHUR & HERD, 2008). Pesquisas sugeriram que as alterações metabólicas observadas entre os animais classificados por meio do CAR podem apresentar reflexo na composição corporal e qualidade da carne (HERD & ARTHUR, 2009).

Alterações observadas na composição de carcaças estão especialmente ligadas à deposição de gordura; animais mais eficientes apresentam carcaças mais magras, com menor acabamento e menor marmoreio em bovinos (BASARAB et al., 2003; NKURUMAH et al., 2007) e ovinos (KNOTT et al., 2010). No entanto, já foram descritas ausências de associações desfavoráveis entre as classes de CAR e características de qualidade de carcaça (BONILHA et al., 2013; FIDELIS et al., 2017; SAINZ et al., 2006).

Além dos fatores intrínsecos, fatores extrínsecos também podem ter influência sobre a ingestão de alimentos e eficiência alimentar. As condições climáticas é um fator importante a ser estudado devido à sua forte influência sobre o desempenho; portanto, compreender essa relação entre eficiência alimentar e ambiente pode ajudar a moldar estratégias de manejo e

melhoramento seletivo, principalmente em regiões de clima tropical (HILL; WALL, 2017).

Diante disso, objetivou-se avaliar a interação entre CAR e ambiente sobre a composição de carcaça e qualidade de carne em ovinos alimentados com três níveis de concentrado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Aprovação no comitê de ética e local do estudo***

Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil, protocolo número 0006/131014.

O Experimento foi realizado nas instalações do Laboratório de Exigência e Metabolismo Animal – LEMA juntamente com o Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, no *Campus* Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Petrolina-PE, Brasil.

### ***Animais e Caracterização do Ambiente***

Foram utilizados 60 ovinos, machos inteiros, da raça Dorper, com peso vivo médio inicial de  $17,83 \pm 2,43$  kg e idade média de  $70 \pm 10$  dias, os quais foram alojados em baias individuais provindos de comedouro e bebedouro.

Os dados meteorológicos foram coletados por meio de “dataloggers” instalados em ambos os confinamentos (pleno sol e sombreado), para caracterização dos ambientes durante todo período do experimento. As temperaturas máximas e mínimas do período experimental no confinamento sombreado em pleno sol foram  $34,4$  °C e  $28,7$  °C, e  $38,3$  °C e  $33,1$  °C, respectivamente. As umidades relativas do ar máximas e mínimas sob sombra e ao sol foram  $41,9$  % e  $23,1$ , e  $44$  % e  $23,6$  %, respectivamente.

## ***Etapas do Experimento***

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira (Etapa I) realizou-se o estudo do CAR para determinar os animais mais e menos eficientes durante um período de 40 dias e em seguida foi realizada a segunda etapa, a qual permitiu obtenção das carcaças após o período de 60 dias de confinamento. Nessa última etapa avaliou-se as características de carcaça de qualidade de carne.

### ***Estudo do Consumo Alimentar Residual (CAR)***

Para a determinação do CAR, 60 animais foram alojados em baias individuais (0,8m x 0,8m), em confinamento sombreado com cobertura de telha de zinco com pé-direito de 5,5 metros por 47 dias, sendo 7 dias de adaptação à dieta e ao manejo e 40 dias de avaliação, seguindo a metodologia de Cockrum et al. (2013). Os animais receberam água e alimento *ad libitum*. O alimento foi fornecido diariamente às (8h e 16h), composto de 30% de concentrado à base de milho, farelo de soja e mistura mineral e 70% de volumoso (capim elefante picado), formulada para ganho de 200g/dia segundo NRC (2007) com 14,5% de PB.

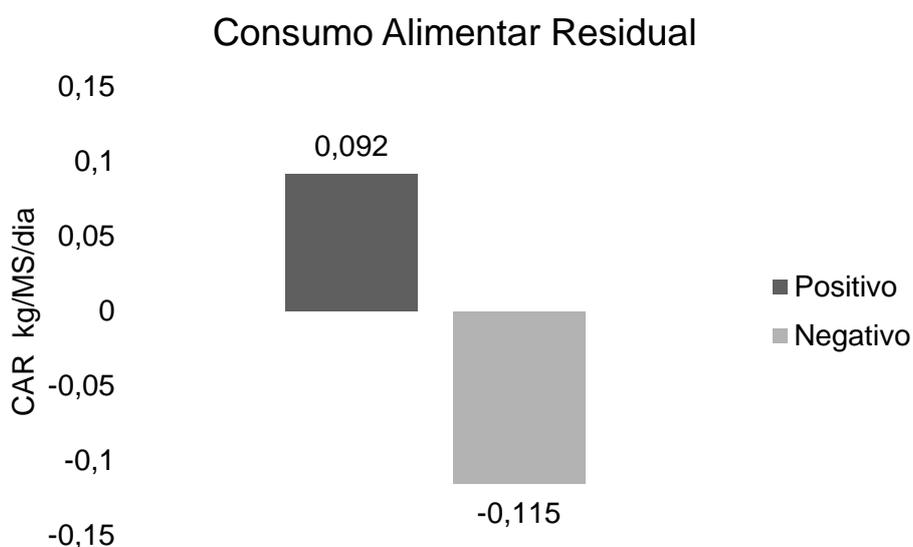
A quantidade de ração fornecida e as sobras foram pesadas diariamente para o cálculo e ajustes de consumo para manter 15% de sobras, e as pesagens dos animais foram realizadas semanalmente. Ao fim da Etapa I foi possível classificar os animais quanto ao CAR e agrupá-los em duas classes: CAR negativo (mais eficientes) e CAR positivo (menos eficientes) com <0,5 e >0,5 de desvio padrão, respectivamente. Para o cálculo do CAR de cada animal, foram utilizadas as diferenças nos valores dos consumos de matéria seca observados individualmente e o consumo predito de matéria seca, com base na sua taxa de ganho de peso e no seu peso corporal metabólico médio:

$$\text{CAR} = \text{CMS}_{\text{obs}} - \text{CMS}_{\text{esp}} (\{ \text{GMD}, \text{PCM}^{0,75} \});$$

$$\text{em que } \text{CMS}_{\text{esp}} = \beta_0 + \beta_1 \text{GMD} + \beta_2 \text{PCM}^{0,75}$$

Sendo,  $CMS_{esp}$  = o consumo de matéria seca predito para o animal;  $\beta_0$  = intercepto da regressão;  $\beta_1$  = coeficiente de regressão parcial sobre GMD;  $\beta_2$  = coeficiente de regressão parcial sobre  $PCM^{0,75}$ .

Assim feito, foi possível classificar os 60 animais em 30 animais de CAR positivo e 30 animais de CAR negativo dando início à Etapa II. O consumo residual alimentar observado dos ovinos classificados como CAR positivo e negativo estão apresentados na figura 1.



**Figura 1.** Consumo alimentar residual de ovinos Dorper em região semiárida do Brasil.

### ***Confinamento, abate e avaliação de carcaça***

Os 60 cordeiros foram distribuídos em dois tipos de ambientes térmicos (30 animais em confinamento sombreado e 30 animais em confinamento a pleno sol) e duas classes de eficiência alimentar determinada por meio do CAR (15 animais de CAR positivo e 15 animais de CAR negativo) em cada ambiente, em delineamento em blocos casualizados. O experimento teve duração de 60 dias, adicionados de 7 dias prévios para adaptação. Atribuíram-se três níveis de concentrados (30, 45 e 60%) na ração dos cordeiros (Tabela 1). As rações foram compostas por capim elefante (volumoso) e o concentrado (milho, farelo de soja e mistura mineral), obtendo-se um total de 5 repetições por tratamento. Os

cordeiros foram pesados semanalmente para obtenção do ganho diário e ajustes na oferta de ração.

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição das dietas.

Ingredientes	Nível de concentrado % MS		
	30 %	45%	60%
Mistura mineral – Ovinos*	1,7	2,6	3,4
Farelo de Soja	16,4	24,7	32,9
Milho Grão Moído	11,9	17,8	23,7
Capim Elefante	70,0	55,0	40,0
TOTAL	100	100	100

Nutrientes	Concentração		
Matéria Seca (MS)	40,0	49,1	58,0
Matéria Mineral (MM)**	9,9	10,4	10,8
Matéria Orgânica (MO)**	90,0	89,6	89,2
Proteína Bruta (PB)**	12,5	16,6	20,2
Fibra em Detergente Neutro (FDN)**	70,2	61,3	48,3
Fibra em Detergente ácido (FDA)**	36,8	32,5	26,6

\*Composição Básica: Calcário Calcítico, fosfato bicálcico, cloreto de sódio, enxofre ventilado, óxido de magnésio, proteinato de manganês (0,03%), proteinato de zinco (0,04%), iodato de cálcio, monóxido de manganês, casca de arroz, óxido de zinco, selenito de sódio, sulfato de cobalto, sulfato de ferro, vitamina A, vitamina D e vitamina E. \*\* % da matéria seca

Ao final de 60 dias de confinamento os animais foram submetidos ao jejum de sólidos por 16h, pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA) e em seguida foram insensibilizados e abatidos. As carcaças foram pesadas imediatamente após a sangria, esfola e evisceração para determinar o peso de carcaça quente (PCQ) e o rendimento de carcaça quente (RCQ = PCQ/PCA x 100). Em seguida, as carcaças foram transferidas para câmara frigorífica onde foram mantidas a 4°C por 24 horas.

Após esse tempo em resfriamento, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF), calculando-se a porcentagem de perda por resfriamento (PPR) pela fórmula (PPR%) = PCQ-PCF/PCQ x 100. Em

seguida, foram determinados o rendimento de carcaça fria (RCF) e o rendimento biológico (RB), respectivamente, pelas seguintes fórmulas:  $RCF = (PCF/PVA) \times 100$  e  $RB = (PCQ/PCVZ) \times 100$ .

As carcaças foram divididas longitudinalmente para obtenção das meias carcaças, direita e esquerda, as quais foram pesadas individualmente, sendo a meia carcaça direita seccionada em cinco regiões anatômicas: pescoço, paleta, costela, lombo e perna. Os cortes comerciais foram pesados separadamente, e, em seguida, foram calculadas as porcentagens de cada corte em relação à meia carcaça direita (CARTAXO et al., 2009).

A composição tecidual da carcaça foi estimada de forma indireta utilizando a proporção dos tecidos (ossos, músculo e gordura) na perna, parâmetro que guarda alta correlação com os resultados obtidos com a dissecação da carcaça. Para isso, a perna foi dissecada e separada em três partes constituintes: ossos músculo e gordura. Os músculos que recobrem o fêmur (PM5) glúteo biceps, Semitendinoso, Adutor, Semimembranoso e Quadriceps, foram retirados e pesados separadamente para determinação do índice de musculosidade da perna descrita por (PURCHAS et al., 1991) através da fórmula:  $IMP = \sqrt{(PM5/CF)/CF}$ . O comprimento do fêmur (CF) foi obtido com o uso de fita métrica. Além disso, foram determinadas as relações músculo/osso e músculo/gordura (g/g).

### ***Análise físico-química da carne***

As carcaças foram mantidas em câmaras frias a 4°C e após 24h foram realizados os cortes comerciais e do pernil. As análises físico-químicas foram feitas utilizando-se o músculo semimembranoso. Da análise centesimal foram determinados a proteína bruta, umidade e matéria mineral, de acordo com AOAC (2007) e o teor de extrato etéreo foi determinado em um dispositivo extrator (ANKOM TX10), conforme metodologia proposta por AOCS (2009).

Para análise de capacidade de retenção de água, utilizou-se amostras com peso inicial (PI) de 0,5 g sobre peso constante de 5 kg por um período de cinco minutos e pesadas posteriormente para obtenção do peso final (PF) e calculada pela equação  $[CRA (\%) = [(PF \times 100) / PI]$ . Para a perda de água por cocção foram utilizadas amostras com aproximadamente 25 g embaladas em

papel alumínio e grelhadas em chapa até que a temperatura interna atingisse 75°C e então após esfriar obteve-se o peso final e calculou-se pela equação [PAC (%) = 100 – (PF x 100/PI)].

Em seguida, com as amostras grelhadas frias, foi realizada a análise de força de cisalhamento (FC) utilizando um texturômetro ((TA-XT Analisador de Textura Express, Stable 165 Micro Systems, Godalming, Reino Unido) equipado com um dispositivo de força de cisalhamento Warner-Bratzler 166 (velocidade de 2,00 mm / s). Para interpretação dos dados, o pico da força de cisalhamento (FC) foi registrado e o resultado expresso em Kgf/cm<sup>2</sup>.

### ***Perfil de ácidos graxos***

- **Extração dos ácidos graxos**

A extração da porção gordurosa da carne foi realizada seguindo a metodologia de (BLIGH, E.G. & DYER, 1959). Essa técnica é caracterizada por ser feito à frio, utilizando o clorofórmio e o metanol como solventes numa mistura com água. Em um tubo falcon adicionou-se 5g da amostra da carne fresca triturada juntamente com 20 ml de metanol, 10 ml de clorofórmio e 8 mL de água destilada e agitados por 30 minutos. Posteriormente, mais 10 ml de clorofórmio e também 10 mL de sulfato de sódio a 1,5% foram adicionados e agitados novamente por 2 minutos. Com isso, se estabeleceu duas fases, a fase superior composta pelo metanol e água que foi descartada e a outra fase composta pelos lipídeos e clorofórmio, que então foi removido por evaporação, restando apenas os lipídeos.

- **Derivatização dos ácidos graxos**

Cerca de 1 mL da fração orgânica foi colocada em tubo cônico tipo Eppendorf e o solvente evaporado em bloco de aquecimento a 40 °C com fluxo de nitrogênio. Posteriormente, foi adicionado 1 mL de hexano, 100 µL da solução de KOH em metanol 2 M e agitado vigorosamente em vórtex para transesterificação direta dos triacilgliceróis (CHENG et al., 2014).

Posteriormente, foi realizada a retirada da parte superior do tubo contendo os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) dissolvidos em hexano para análise cromatográfica.

- **Perfil de ácidos graxos**

Os FAME dissolvidos em hexano foram analisados em cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização em chama (GC-FID) da marca Varian modelo Star 3400CX (CA, USA) e amostrador automático Varian, modelo 4200 (CA, USA). Os FAME foram separados em coluna capilar ZB-Wax (Phenomenex, Palo Alto, CA, USA) (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio à pressão constante de 15 psi. O injetor manteve-se no modo *split* com razão 20:1 e temperatura de 250 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 50 °C, permanecendo por 0,5 min, aumentada para 180 °C com taxa de 15 °C/min, e depois até 220 °C com taxa de aumento de 2 °C/min e então com taxa de 20 °C/min até atingir 230 °C mantendo-se em isoterma por 3 min. O detector manteve-se na temperatura de 240 °C. A identificação dos FAME foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos analitos com padrões FAME Mix-37 (P/N 47885-U; Sigma-Aldrich, St. Louis, USA). Os resultados foram expressos em percentual da área total.

- **Cálculos**

A partir dos resultados do perfil de ácidos graxos foi possível obter os somatórios dos ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, poli-insaturados e suas relações (AGPI/AGS). Da mesma forma, foi calculado a soma dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 e sua relação (n6/n3).

Os ácidos graxos também foram classificados de acordo com a sua funcionalidade através da relação h/H (hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos) por meio da fórmula:

$$h/H = \frac{(C18:1Cis9 + C18:2n6 + C20:4n6 + C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3)}{(C14:0 + C16:0)}$$

Além disso, foram calculados os índices de trombogenicidade (IT) e aterogenicidade (IA) de acordo Ulbricht & Southgate (1991):

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{[(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma n6) + (3 \times \Sigma n3) + (\Sigma n3/\Sigma n6)]}$$

$$IA = \frac{[C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0]}{(\Sigma AGMI + \Sigma n6 + \Sigma n3)}$$

$\Sigma n6$ = somatório dos ácidos graxos da família ômega 6;  $\Sigma n3$ = somatório dos ácidos graxos da família ômega 3;  $\Sigma AGMI$ = somatório dos ácidos graxos monoinsaturados.

A atividade da enzima delta-9 dessaturase foi determinada pela metodologia sugerida por Malau-Aduli et al. (1997), utilizando-se os ácidos graxos de 16 e 18 carbonos.

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (v. 9.4; SAS Institute, 2004) em um delineamento em blocos com parcelas sub-subdivididas. O modelo estatístico considerou como fatores fixos os efeitos de CAR (parcela), ambiente e a interação ambiente x CAR (subparcela), níveis de concentrado e as interações concentrado x ambiente, concentrado x CAR e concentrado x CAR x ambiente como sub-subparcelas; e como fator aleatório o efeito de bloco. Os efeitos aleatórios de bloco, bloco x CAR (erro da parcela) e Bloco X CAR X ambiente (erro das subparcelas) foram definidos pelo comando RANDOM. Os graus de liberdade do resíduo foram corrigidos pelo método de SATTERTHWAITTE definido pela opção DDFM do comando MODEL. O peso inicial foi testado como covariável e incluído no modelo quando significativo. Quando o teste F foi significativo, as comparações de médias foram realizadas pela diferença mínima significativa protegida por Fisher, pela opção DIFF do comando LSMEANS. Outliers foram identificados

pela opção INFLUENCE RESIDUAL do comando MODEL e retirados quando os valores dos resíduos estudentizados foram maiores que 3 e menores que -3.

Se o modelo estatístico estivesse super parametrizado, impossibilitando a convergência do mesmo, métodos alternativos e menos complexos (ML, MIVQUE0 e TYPE3) para estimativa dos parâmetros do modelos foram utilizados pela opção METHOD. A significância foi declarada a 5%.

## RESULTADOS

### ***Cortes comerciais***

Nenhuma das variáveis para os cortes cárneos comerciais foram influenciadas pelo CAR e pelo ambiente de confinamento isoladamente. Porém, todas essas variáveis sofreram influência dos níveis de concentrado. Animais que receberam 60% de concentrado apresentaram maiores pesos de meia carcaça, pernil, lombo, costela, pescoço, paleta e matambre (Tabela 2).

Houve interação entre o CAR e o ambiente para as variáveis de peso da meia carcaça, pernil, lombo, costela e matambre. Considerando os animais confinados à sombra, os de CAR negativo (mais eficientes) apresentaram maiores pesos de pernil, costela e matambre em relação aos animais de CAR positivo (figura 2). Nessas mesmas condições de confinamento, apenas o peso do lombo foi semelhante entre os animais de CAR positivo e negativo. Dentre os animais de CAR positivo (menos eficientes), os maiores pesos de pernil, lombo, costela e matambre foram encontrados nos animais confinados ao sol (figura 2).

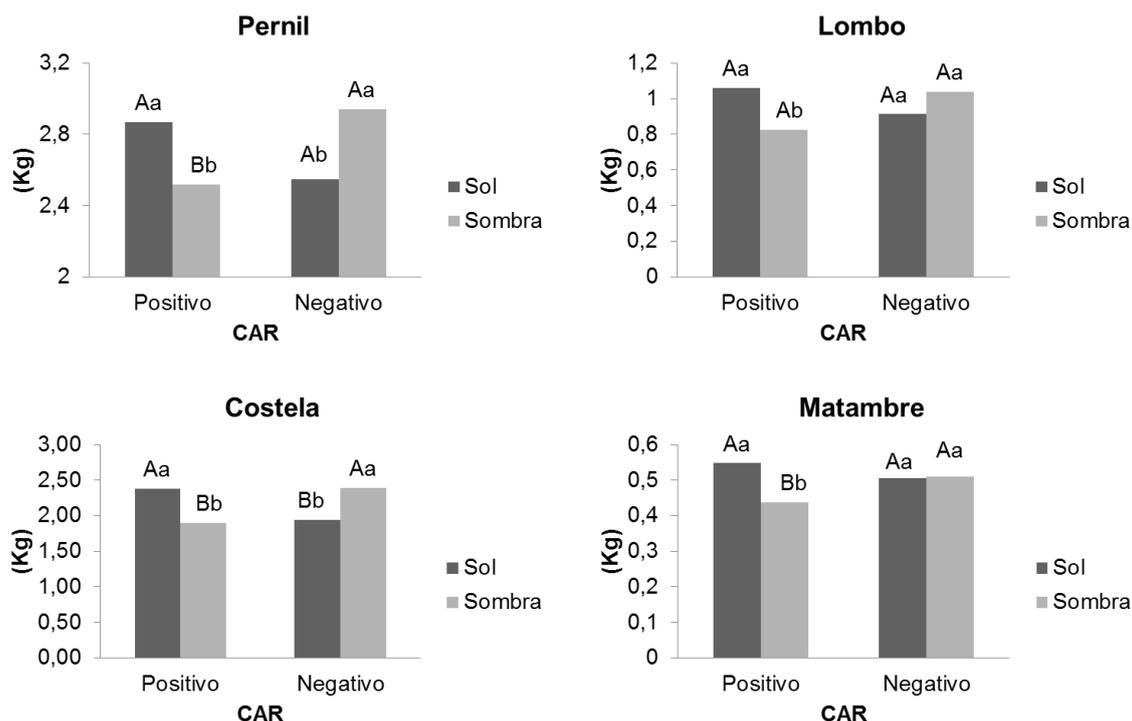
Para os animais confinados ao sol, os pesos de pernil, lombo e matambre foram semelhantes entre os animais de CAR positivo e CAR negativo. Apenas para o peso de costela, os animais de CAR positivo apresentaram maiores pesos para esse corte nas mesmas condições de confinamento, com média de 2,39 kg para os animais de CAR positivo e 1,95 kg para os animais de CAR negativo.

Em contrapartida, dentre os animais de CAR negativo (mais eficiente), os pesos de pernil e costela foram maiores nos animais confinados em condições de conforto térmico (sombra), já os pesos de lombo e matambre não diferiram entre os ambientes térmicos testados.

**Tabela 2.** Peso dos Cortes comerciais (Kg) de Ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
PMC	8,62	9,43	10,47	7,35	7,72	9,07	7,68	7,37	9,28	8,36	9,38	10,71	0,202	0,873	0,967	<.0001	<.0001	0,844	0,858	0,538
Pernil	2,6	2,9	3,0	2,4	2,4	2,7	2,4	2,4	2,8	2,7	2,9	3,1	0,053	0,810	0,663	0,001	0,001	0,988	0,984	0,480
Lombo	0,94	0,99	1,2	0,69	0,80	0,98	0,85	0,86	1,01	0,78	1,0	1,3	0,037	0,397	0,708	<.0001	0,013	0,463	0,921	0,395
Costela	2,2	2,3	2,6	1,6	1,8	2,1	1,7	1,7	2,2	1,9	2,3	2,8	0,061	0,852	0,813	<.0001	0,001	0,650	0,599	0,758
Pescoço	0,75	0,83	0,92	0,76	0,68	0,82	0,66	0,59	0,82	0,67	0,74	0,78	0,020	0,628	0,093	0,015	0,146	0,677	0,985	0,306
Paleta	1,5	1,6	1,8	1,3	1,4	1,6	1,3	1,4	1,7	1,5	1,6	1,9	0,034	0,995	0,720	<.0001	0,006	0,876	0,624	0,944
Matambre	0,50	0,59	0,54	0,36	0,42	0,51	0,45	0,53	0,53	0,48	0,52	0,52	0,013	0,047	0,528	0,016	0,035	0,470	0,809	0,359

1: ambiente; 2: níveis de concentrado; PMC – Peso da meia carcaça



**Figura 2.** Desdobramento da Interação CAR X ambiente para as variáveis de peso de cortes comerciais. Letras maiúscula iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

### **Composição tecidual da perna**

Dentre as variáveis da composição tecidual da perna dos ovinos, os pesos de gordura e músculo (g) foram maiores para os animais que receberam o maior nível de concentrado; logo, animais que receberam dietas com 60% de concentrado apresentaram maiores quantidades de gordura e músculo na composição da perna (Tabela 3).

Além disso, houve interação entre o CAR e ambiente para as variáveis de ossos e músculo (Figura 3). Dentre os animais confinados em pleno sol, os animais de CAR positivo (menos eficientes) apresentaram maiores proporções de ossos, com médias de 345,3g para os animais de CAR positivo e 288,2g para os animais de CAR negativo. Comportamento semelhante foi encontrado para a proporção de músculo no pernil dos cordeiros. Animais de CAR positivo apresentaram maiores proporções de músculo que os de CAR negativo quando

confinados ao sol. Os valores encontrados foram 1787,9 (g) e 1554,3 (g), para CAR positivo e negativo, respectivamente.

Por outro lado, quando confinados à sombra, os animais de CAR negativo se destacaram para essas mesmas variáveis, logo, animais mais eficientes classificados através do CAR apresentaram maiores proporções de ossos e músculos na composição tecidual. Foram encontrados 352,7g de ossos nos animais de CAR negativo e 293,2g de ossos para os de CAR positivo, considerando a quantidade de músculo, os valores encontrados foram de 1784,9 e 1558,9g para os animais de CAR negativo e positivo, respectivamente (Figura 3).

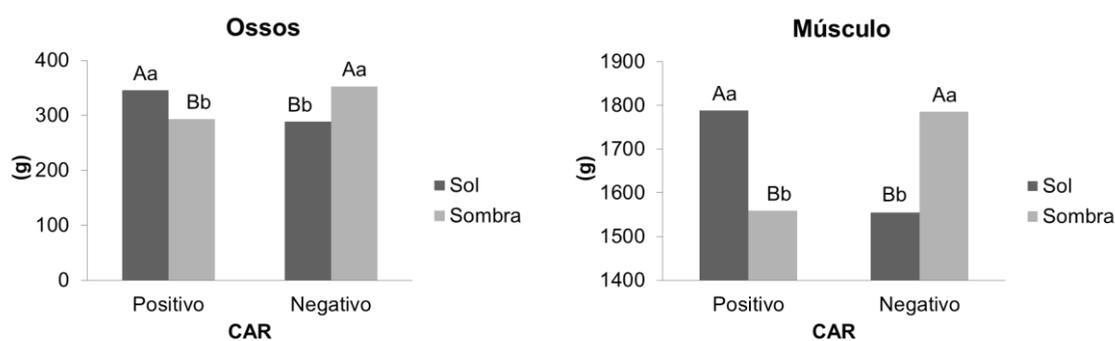
Comparando individualmente os animais de mesmo CAR nos dois ambientes testados, verificou-se que os animais menos eficientes (CAR positivo) apresentaram maiores pesos tanto de ossos quanto de músculo quando confinados ao sol. Os valores médios de ossos encontrados foram de 345,3g para os animais expostos ao sol e 293,2g para animais confinados à sombra. Para os valores de músculos, foram encontrados 1787,9 e 1558,9g para animais confinados ao sol e sombra, respectivamente.

Já as proporções de ossos e músculo entre os animais de CAR negativo foram maiores quando confinados à sombra. Os valores de ossos encontrados foram de 352,7 e 288,2g para animais confinados a sombra e sol, respectivamente. Da mesma forma, os valores de músculos foram de 1784,9g para os animais negativos confinados à sombra e 1554,3g para os animais negativos confinados ao sol.

**Tabela 3.** Composição tecidual da perna de ovinos Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (plano sol e sombra) e alimentados com diferentes níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
O (g)	322,4	348,7	364,7	273,2	295,2	311,2	274,5	295,8	294,4	353,8	338,8	365,6	6,903	0,587	0,930	0,175	<.0001	0,789	0,672	0,846
G (g)	332,4	379,1	436,5	247,2	338,4	403,2	361,2	295,8	415,6	392,4	496,2	456,4	17,358	0,676	0,530	0,048	0,277	0,378	0,624	0,540
M (g)	1633	1831	1899	1520	1487	1669	1474	1471	1716	1689	1729	1936	31,783	0,986	0,961	0,002	<.0001	0,763	0,729	0,570
O (%)	12,2	11,7	11,7	11,5	12,2	11,2	11,4	12,6	10,5	12,9	11,5	11,7	0,188	0,685	0,932	0,229	0,349	0,721	0,713	0,142
G (%)	12,4	13,0	14,3	10,3	14,0	14,5	14,0	11,6	14,	14,4	16,6	14,3	0,467	0,536	0,490	0,441	0,432	0,325	0,454	0,705
M (%)	61,9	63,2	61,8	63,3	61,6	60,4	60,8	61,2	61,2	61,4	58,6	61,6	0,420	0,603	0,325	0,772	0,998	0,412	0,434	0,754
IMP	0,459	0,465	0,478	0,442	0,469	0,438	0,461	0,474	0,483	0,427	0,470	0,486	0,004	0,111	0,526	0,070	0,715	0,522	0,310	0,352
M:G	5,09	5,01	4,30	6,33	4,42	4,29	4,87	5,85	5,31	4,61	3,65	4,43	0,201	0,381	0,789	0,449	0,278	0,240	0,344	0,927
M:O	5,13	4,67	4,86	5,63	5,09	5,45	6,087	5,70	5,87	5,12	5,12	5,30	0,085	0,644	0,154	0,575	0,081	0,854	0,829	0,902

1: ambiente; 2: níveis de concentrado; O: ossos; G: gordura; M: músculo; IMP: índice de musculosidade da perna; M:G: relação músculo gordura; M:O: relação músculo osso.



**Figura 3.** Desdobramento da interação CAR X Ambiente para as variáveis de composição tecidual da perna. Letras maiúscula iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

### **Composição físico-química da carne**

Não houve efeito dos parâmetros testados (CAR, ambiente e suas interações) sobre as variáveis de análises químicas da carne.

Dentre as variáveis físicas das carnes analisadas, a força de cisalhamento sofreu influência dos ambientes testados, nos quais animais confinados ao sol apresentaram menor força de cisalhamento (Tabela 4). O valor médio encontrado para os animais confinados ao sol foi de 3,8 kgf/cm<sup>2</sup> e para animais os confinados a sombra o valor médio foi de 4,2 kgf/cm<sup>2</sup>, ou seja, animais confinados ao sol apresentam carne mais macia.

**Tabela 4.** Composição físico-química do músculo semimembranoso de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
UM (%)	79,8	77,4	79,3	79,6	78,6	78,3	77,9	77,4	78,0	80,2	77,6	79,1	0,376	0,486	0,576	0,219	0,483	0,848	0,971	0,580
MM (%)	4,1	4,1	4,1	4,1	3,9	4,0	4,0	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0	0,376	0,634	0,597	0,608	0,599	0,992	0,945	0,632
PB (%)	17,2	19,5	17,3	17,5	18,4	18,4	19,1	18,7	19,0	17,2	19,3	17,9	0,331	0,653	0,492	0,365	0,584	0,891	0,892	0,417
EE (%)	9,2	10,6	7,8	7,3	9,6	10,4	9,7	12,9	9,6	9,0	8,9	9,2	0,344	0,239	0,216	0,184	0,292	0,147	0,913	0,420
CRA (%)	61,9	63,2	66,7	64,5	64,1	62,2	63,1	62,9	61,0	63,7	61,4	64,7	0,445	0,758	0,233	0,799	0,520	0,619	0,670	0,060
PAC (%)	36,2	33,0	33,5	34,1	34,3	35,4	35,0	39,4	34,1	37,9	36,1	33,6	0,499	0,974	0,206	0,295	0,762	0,772	0,158	0,131
FC	3,7	3,2	3,3	4,4	4,2	3,7	3,6	4,8	4,1	4,7	4,4	3,9	0,130	0,042	0,160	0,464	0,190	0,499	0,590	0,413

1: ambiente; 2: níveis de concentrado; UM: umidade; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; CRA: capacidade de retenção de água; PAC: perda de água por cocção e FC: força de cisalhamento (kgf/cm<sup>2</sup>).

## ***Perfil de ácidos Graxos***

O CAR não influenciou os percentuais de ácidos graxos da carne dos cordeiros; portanto, animais mais e menos eficientes apresentaram perfil de ácidos graxos da carne semelhantes.

Os ácidos graxos C18:1 (oleico) e C18:1 t11 (vacênico) sofreram influência dos ambientes térmicos testado (Tabela 5). Animais confinados à sombra apresentaram maiores percentuais médios de C18:1 com 40,9% contra 39,5% nos animais confinados ao sol. Por outro lado, os maiores percentuais médios de C18:1 t11 foram nos animais confinados ao sol com valores de 1,79% para esses animais e 1,68% para os animais confinados à sombra.

Os níveis de concentrado influenciaram os percentuais dos ácidos graxos C18:1, C18:3 e C20:5 n3 (EPA) (Tabela 5). Os valores de C18:1 aumentaram à medida que o fornecimento de concentrado foi maior, sendo os valores médios iguais a 39,4, 39,9 e 41,3% para os níveis de 30, 45 e 60% de concentrado na dieta, respectivamente. Em relação aos ácidos graxos C18:3 e EPA, seus percentuais médios diminuíram com o aumento no nível de concentrado. Os valores encontrados para C18:3 foram 0,48, 0,40 e 0,37 e para o EPA os valores foram 0,46; 0,37 e 0,35 para os níveis de 30, 45 e 60% de concentrado, respectivamente.

Houve interação entre o CAR e o ambiente para os ácidos graxos C16:1, C18:3, C22:5 n6 (DPA) e C22:6 (DHA) (Figura 4). Não houve efeito da interação para os animais confinados à sombra; assim, animais de CAR positivo e negativo, confinados à sombra, apresentaram percentuais semelhantes para os ácidos graxos C16:1, C18:3, DPA e DHA.

**Tabela 5.** Perfil de ácidos Graxos do músculo semimembranoso de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

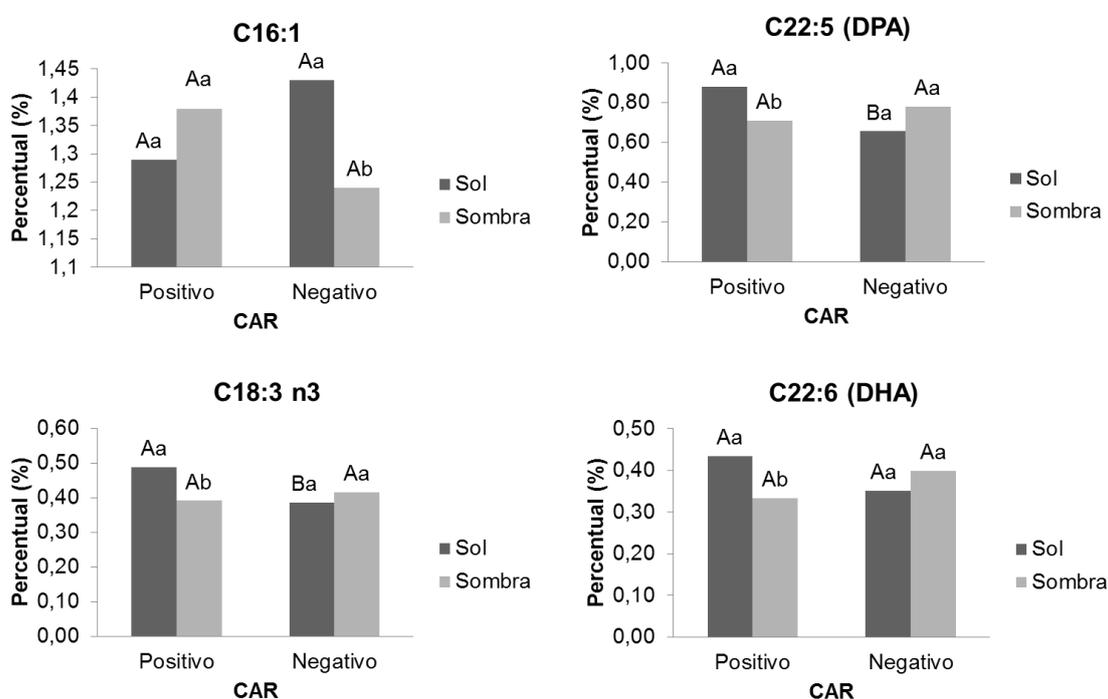
Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	Amb x C	CAR x C	A x CAR X C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
C12:0	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,11	0,13	0,12	0,06	0,14	0,08	0,005	0,063	0,068	0,155	0,997	0,480	0,030	0,302
C14:0	1,57	1,36	1,39	1,36	1,33	1,21	1,59	1,82	1,70	1,24	1,89	1,36	0,054	0,124	0,101	0,275	0,757	0,405	0,104	0,843
C16:0	21,1	20,4	20,7	20,8	21,7	20,3	21,5	22,3	20,7	20,8	22,9	20,8	0,218	0,790	0,234	0,069	0,816	0,357	0,358	0,847
C16:1	1,27	1,28	1,32	1,31	1,39	1,44	1,42	1,50	1,39	1,28	1,39	1,06	0,028	0,361	0,954	0,369	0,027	0,735	0,102	0,517
C18:0	16,3	16,9	16,8	17,8	17,9	16,1	17,4	17,8	16,6	17,0	15,2	16,9	0,235	0,697	0,734	0,612	0,127	0,508	0,506	0,134
C18:1 cis9	37,5	39,3	39,4	39,7	40,1	42,3	40,0	39,9	41,0	40,4	40,4	42,5	0,308	0,038	0,156	0,035	0,341	0,544	0,705	0,850
C18:1 t11	1,84	1,72	1,77	1,72	1,65	1,72	1,86	1,81	1,73	1,63	1,68	1,68	0,021	0,038	0,898	0,682	0,535	0,536	0,563	0,877
C18:2 n6	7,21	6,45	6,56	5,43	5,20	5,68	5,14	4,65	5,49	5,34	5,17	5,10	0,200	0,169	0,077	0,673	0,110	0,907	0,964	0,707

**Tabela 5 continuação.** Perfil de ácidos Graxos do músculo semimembranoso de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	Amb x C	CAR x C	A x CAR X C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
CLA	0,52	0,61	0,53	0,60	0,41	0,53	0,58	0,54	0,55	0,60	0,58	0,58	0,013	0,951	0,224	0,427	0,194	0,109	0,970	0,075
C18:3 n3	0,58	0,46	0,42	0,45	0,35	0,37	0,41	0,36	0,38	0,49	0,44	0,32	0,014	0,211	0,181	0,005	0,030	0,766	0,586	0,148
C20:4 n6	4,05	4,11	3,86	3,65	3,19	3,35	3,02	2,48	3,26	3,51	3,42	3,41	0,130	0,869	0,121	0,724	0,063	0,932	0,784	0,619
C20:5 n3	0,54	0,43	0,40	0,46	0,34	0,36	0,38	0,31	0,35	0,49	0,40	0,30	0,016	0,810	0,173	0,014	0,087	0,711	0,856	0,330
C22:5 n6	0,98	0,84	0,82	0,78	0,68	0,67	0,69	0,54	0,72	0,88	0,82	0,64	0,027	0,668	0,197	0,116	0,020	0,351	0,964	0,290
C22:6 n3	0,45	0,46	0,40	0,32	0,33	0,36	0,36	0,32	0,38	0,43	0,41	0,35	0,015	0,398	0,768	0,877	0,036	0,956	0,840	0,233

1: ambiente; 2: níveis de concentrado

Da mesma forma, não houve efeito da interação para os ácidos graxos C16:1 e C22:6 (DHA) entre os animais confinados ao sol; logo, animais de CAR positivo e negativo apresentaram valores similares para esses ácidos graxos. Por outro lado, ainda considerando os animais expostos ao sol, os percentuais médios de C18:3 e DPA foram maiores nos animais de CAR positivo. Os valores encontrados para C18:3 foram 0,49 e 0,38% para os animais de CAR positivo e negativo, respectivamente. Já para o ácido graxo C22:5, os valores médios encontrados foram de 0,88% para os animais de CAR positivo e 0,66% para os animais de CAR negativo.



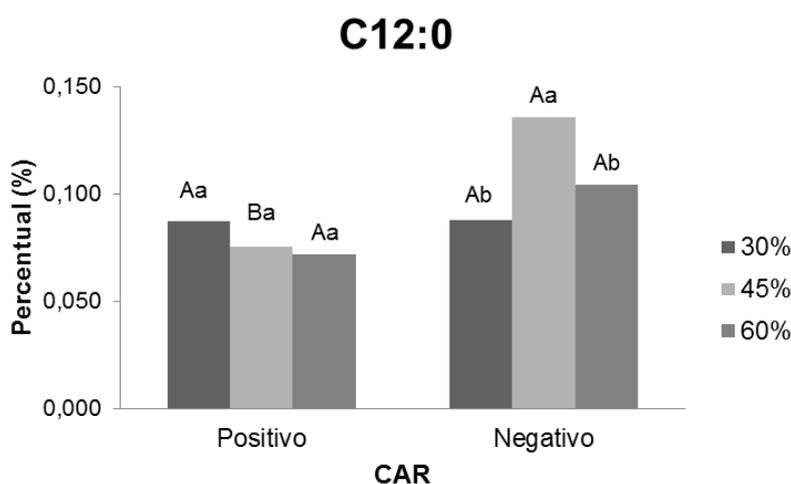
**Figura 4.** Desdobramento da interação CAR x Ambiente para os ácidos graxos do músculo semimembranoso. Letras maiúscula iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

Considerando apenas os animais de CAR positivo, houve efeito da interação para os ácidos graxos C18:3, DPA e DHA. Animais de CAR positivo confinados ao sol apresentaram maiores percentuais médios desses ácidos graxos que os animais confinados à sombra (Figura 4).

Dentre os animais de CAR negativo, houve efeito apenas para o ácido graxo C16:1 com os maiores percentuais médios para os animais confinados ao sol. Os valores encontrados foram 1,43% para os animais confinados ao sol e 1,24% para os animais confinados à sombra.

Além disso, houve interação entre o CAR e os níveis de concentrado das dietas para o ácido graxo C12:0 (Figura 5). Houve efeito da interação entre os animais de CAR positivo e negativo quando receberam a dieta com 45% de concentrado. Os animais de CAR negativo apresentaram maiores percentuais médios de C12:0 que os animais de CAR positivo, com valores médios iguais a 0,136 e 0,076 para os de CAR negativo e positivo, respectivamente.

Comparando os animais de CAR positivo, não houve efeito da interação entre os níveis de concentrado para o ácido graxo C12:0. Já para os animais de CAR negativo, os que receberam dietas com 45% de concentrado apresentaram maiores percentuais médios de C12:0, os valores encontrados foram 0,088 para dietas com 30%, 0,136 para 45% e 0,104 para 60% de concentrado.



**Figura 5.** Desdobramento da interação CAR x Ambiente para o ácido graxos C12:0 do músculo semimembranoso de ovinos. Letras maiúscula iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

## **Relações e índices de ácidos graxos**

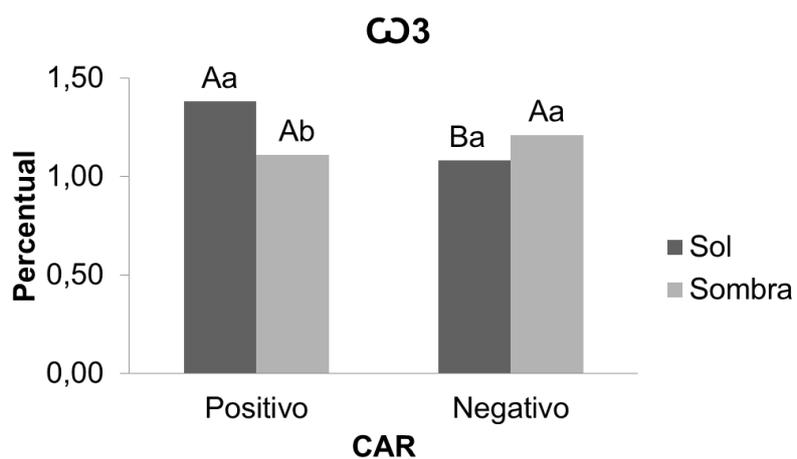
O aumento nos níveis de concentrado promoveu redução de n3 na carne (Tabela 6). Seus valores médios foram de 1,34, 1,15 e 1,09 para os níveis de 30, 45 e 60% de concentrado, respectivamente. Por outro lado, a relação n6/n3 aumentou com a maior disponibilidade de concentrado na dieta. Os valores médios encontrados foram de 8,18 para os animais que receberam 30% de concentrado, 8,84 para os que receberam 45% e 9,75 para os que receberam 60% de concentrado na dieta.

Houve interação entre o CAR e o ambiente apenas para a variável  $\sum n3$  (Figura 6). Não houve efeito da interação entre os animais de CAR positivo e negativo para esta variável quando os animais foram confinados à sombra. Em contrapartida, dentre os animais confinados ao sol, os animais de CAR positivo apresentaram maiores valores médios para n3 na carne quando comparado aos animais de CAR negativo.

Considerando apenas os animais de CAR positivo, observou-se que os animais confinados ao sol apresentaram maiores valores médios para  $\sum n3$  (1,38) que os animais confinados à sombra (1,11). Não houve efeito da interação para os animais de CAR negativo; os valores do  $\sum n3$  para esses animais foram semelhantes, independente do ambiente de confinamento.

**Tabela 6.** Relações e índices de ácidos graxos da carne de cordeiros Dorper de CAR positivo e negativo, em diferentes ambientes de confinamento (pleno sol e sombra) e alimentados com três níveis de concentrado.

Variáveis	CAR +						CAR -						EPM	A <sup>1</sup>	CAR	C <sup>2</sup>	A x CAR	A x C	CAR x C	A x CAR x C
	Sol			Sombra			Sol			Sombra										
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60								
AGS	40,9	40,2	40,5	41,5	42,6	39,0	41,2	43,7	40,8	40,8	41,7	40,2	0,392	0,634	0,376	0,164	0,286	0,828	0,885	0,424
AGI	59,0	59,7	59,4	58,5	57,3	60,9	57,7	56,2	59,1	59,1	58,2	59,7	0,392	0,630	0,377	0,165	0,285	0,827	0,884	0,424
AGM	42,2	43,8	43,9	44,4	44,6	46,8	44,7	44,6	45,6	44,8	44,9	46,6	0,303	0,061	0,170	0,060	0,223	0,577	0,780	0,817
n6	13,0	12,2	12,1	10,5	9,7	10,5	9,4	8,3	10,2	10,4	10,1	9,9	0,368	0,381	0,092	0,692	0,077	0,939	0,935	0,680
n3	1,58	1,35	1,21	1,23	1,02	1,08	1,14	0,98	1,11	1,41	1,26	0,97	0,042	0,405	0,271	0,048	0,033	0,814	0,949	0,185
n6/n3	8,16	9,12	10,01	8,73	9,70	9,62	8,30	8,22	9,11	7,53	8,33	10,26	0,193	0,553	0,146	0,004	0,901	0,808	0,475	0,229
AGS/AGI	0,70	0,67	0,68	0,71	0,75	0,64	0,73	0,78	0,69	0,69	0,72	0,68	0,011	0,631	0,401	0,145	0,298	0,840	0,861	0,394
IA	0,49	0,45	0,46	0,47	0,49	0,43	0,50	0,55	0,48	0,46	0,55	0,46	0,009	0,490	0,160	0,130	0,607	0,497	0,305	0,879
IT	1,22	1,21	1,23	1,28	1,37	1,18	1,32	1,43	1,25	1,23	1,29	1,255	0,022	0,827	0,360	0,236	0,178	0,949	0,917	0,282
h/H	2,26	2,36	2,32	2,27	2,15	2,45	2,15	2,00	2,29	2,29	2,03	2,36	0,038	0,702	0,138	0,076	0,492	0,526	0,500	0,730
D C16	5,72	5,88	6,00	5,89	6,03	6,60	6,20	6,24	6,24	5,84	5,65	4,80	0,125	0,337	0,470	0,985	0,057	0,846	0,203	0,350
D C18	69,6	69,9	69,9	69,0	69,1	72,4	69,6	69,0	71,1	70,3	72,6	71,6	0,378	0,231	0,386	0,212	0,420	0,707	0,814	0,239



**Figura 6.** Desdobramento da interação CAR x Ambiente para os índice de ácidos graxos n3 do músculo semimembranoso de ovinos. Letras maiúscula iguais entre CAR e letras minúsculas iguais dentro do CAR não diferem entre si.

## DISCUSSÃO

### ***Cortes Comerciais***

O CAR sozinho não foi capaz de alterar os pesos dos cortes comerciais dos cordeiros, ou seja, animais de CAR negativo e positivo apresentaram pesos dos cortes semelhantes. Essa tem sido uma das razões pela qual essa medida de eficiência encontra-se atualmente em expansão no meio científico. A sua independência das características produtivas é o fator de maior relevância, provocando curiosidade em entender mais profundamente quais são os mecanismos biológicos capazes de promover alteração no CMS sem influenciar o desempenho animal (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018; HERD; ARTHUR, 2009).

Como esperado, animais que receberam dietas com maior proporção de concentrado apresentaram maiores pesos dos cortes comerciais (pernil, lombo, costela, pescoço, paleta e matambre) esse efeito é reflexo de uma meia carcaça mais pesada, resultante da ingestão de uma dieta mais energética e mais digestível.

Animais de CAR negativo apresentaram maiores pesos para os cortes comerciais (pernil, costela e matambre) em relação aos de CAR positivo, quando confinados na sombra. Esse efeito foi atribuído ao melhor desempenho observado nesses animais a partir de meias carcaças mais pesadas. Esses animais mostraram-se mais eficientes na deposição de tecidos quando submetidos a condições ambientais mais favoráveis, demonstrando que podem apresentar superioridade e expressar maior potencial produtivo se fornecido melhores condições de conforto térmico.

Por outro lado, no confinamento em pleno sol, os animais de CAR positivo apresentaram costelas mais pesadas que os de CAR negativo, levando a crer que possivelmente esses animais tiveram órgãos internos maiores como o sistema gastrointestinal, fazendo com que tenham necessidade de costelas maiores e mais arqueadas para comportar essas diferenças. Zhang et al. (2017) observaram diferenças nos pesos dos órgãos e comprimento do intestino entre as classes de CAR. Animais de CAR negativo apresentam menor tamanho do rúmen e duodeno mais longo. O peso dos órgãos como fígado, pulmão e rim

foram menores para a mesma classe de CAR. Além disso, observou-se que animais de CAR positivo confinados ao sol apresentaram maiores pesos de ossos e músculo na composição tecidual, esse achado também pode ser atribuído ao maior peso de costela encontrado nesses animais.

Considerando apenas os animais de CAR positivo (menos eficientes), os maiores pesos de pernil, lombo, costela e matambre foram encontrados nos animais confinados ao sol quando comparados aos da sombra. Esses resultados demonstram que apesar de serem do mesmo padrão genético, os animais menos eficientes, possivelmente, apresentam uma certa adaptabilidade a condições de estresse calórico.

Esse fato contraria os dados da literatura, os quais sugerem que o funcionamento do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal pode estar relacionada a eficiência determinada pelo CAR (Zhang et al., 2017), fato atribuído a maior concentração de hormônios do estresse em animais menos eficientes, tornando-os mais susceptíveis a fatores estressantes (BONILHA et al., 2017; GOMES et al., 2013). Além disso, Knott et al. (2008) afirmaram que quanto maior for a capacidade de resposta a fatores estressantes externos, as alterações causadas no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal direciona para uma maior taxa metabólica e menor eficiência no uso de energia.

Para fortalecer a hipótese citada acima, observou-se que animais de CAR negativo tiveram maiores pesos para o pernil e costela quando confinados no ambiente sombreado. Portanto, animais mais eficientes apresentam melhor desempenho quando submetidos a condições ambientais mais favoráveis.

### ***Composição tecidual da perna e análises físico-química da carne***

As variáveis da composição tecidual da perna dos cordeiros foram semelhantes entre as classes de CAR, a quantidade de ossos, músculo e gordura foram iguais. Pesquisas têm sugerido que as alterações metabólicas encontradas entre as classes de CAR podem ter efeito sobre a composição corporal e qualidade da carne (ARTHUR; HERD, 2008), fato não observado nessa pesquisa. Dentre os componentes da carcaça, a gordura está prioritariamente sendo estudada devido à variabilidade dos resultados para essa

variável entre animais mais e menos eficientes, além de estar diretamente relacionadas a características importantes da qualidade da carne.

Knott et al. (2010) verificaram que ovinos de CAR negativo apresentaram menores proporções de tecido adiposo na carcaça em comparação aos animais de CAR positivo. Resultados semelhantes foram encontrados por Nkrumah et al. (2007) e Basarab et al. (2003) em bovinos. Esses autores observaram associações entre o CAR e a deposição de gordura subcutânea e intramuscular, gerando carcaças mais magras. No entanto, outras pesquisas tem demonstrando ausência de associações desfavoráveis entre o CAR e composição de carcaça e qualidade de carne (BONILHA et al., 2013; FIDELIS et al., 2017).

O nível de concentrado alterou a composição tecidual dos cordeiros. Dieta com maior proporção de concentrado (60%) promoveu maiores pesos para músculo e gordura. Essa resposta é atribuída ao maior nível energético e proteico contido nessa dieta, proporcionando maior deposição desses tecidos. Dietas ricas em concentrado promovem maior produção de ácido propiônico no rúmen que deitas a base de volumoso, maior disponibilidade do propionato ruminal contribui com o aumento da energia disponível favorecendo a deposição de gordura (PRIOLO et al., 2002), visto que o propionato é o principal precursor de glicose em ruminantes através do processo de gliconeogênese.

Apesar de não ter tido influência da CAR sobre a composição tecidual estimada pela dissecação da perna, observou-se que o ambiente apresenta forte influência sobre as classes de CAR, promovendo alterações nessas variáveis. Houve interação entre o CAR e o ambiente para as variáveis de pesos dos ossos e músculo. Animais de CAR positivo apresentaram maiores pesos para essas variáveis quando confinados ao sol; em contrapartida, animais de CAR negativo apresentaram maiores pesos de ossos e músculo quando confinados em ambiente sombreado. Esse comportamento remete novamente à possível maior capacidade de adaptação do animais menos eficientes a condições ambientais adversas.

Não houve efeito dos parâmetros testados (CAR, ambiente e suas interações) sobre as variáveis de análises químicas da carne. No entanto, dentre as variáveis físicas, observou-se que animais confinados ao sol apresentaram menores valores de força de cisalhamento, ou seja, apresentam carne mais

macia. Sugere-se que pode ter ocorrido alguma alteração no tipo de fibra muscular dos animais quando expostos ao sol. Esses animais, podem ter aumentado a proporção de fibras oxidativas (vermelhas) em detrimento da proporção de fibras glicolíticas (brancas). As células musculares podem modificar o seu perfil de expressão gênica, produzindo mais proteínas relacionadas ao metabolismo oxidativo e reduzir a expressão de proteínas relacionadas ao metabolismo glicolítico, bem como as enzimas metabólicas energéticas envolvidas nesse processo (SHIBATA et al., 2009).

Correlações foram relatadas entre o tipo de fibra muscular e maciez da carne (MALTIN et al., 2003; SAÑUDO; SANCHEZ; ALFONSO, 1998) demonstrando que a maior maciez está associada ao percentual de fibras vermelhas em bovinos (CHOI; KIM, 2009). SHIBATA et al. (2009) descobriram que fatores como sistemas de criação e alimentação alteram a expressão de tipos de fibras musculares e conseqüentemente altera a qualidade da carne. O estudo revelou que é possível a conversão do tipo de fibra muscular de contração lenta a partir de fibras musculares de contração rápida.

Se esta hipótese for verdadeira, a menor força de cisalhamento exercida nas amostras de carne dos animais confinados ao sol pode ter ocorrido devido ao menor diâmetro das fibras oxidativas quando comparadas as fibras glicolíticas tornando-as mais macia (HADLICH et al., 2013). Além disso, foi demonstrado tendência na redução da maciez da carne quando há um aumento nas proporções de fibras brancas em bovinos (VESTERGAARD; SEJRSEN; KLAstrup, 1994). Em ovinos, foi encontrada maior abundância de calpaína nos músculos com maior predominância de fibras vermelhas do que nas fibras brancas (OUALI; TALMANT, 1990). As calpaínas são responsáveis pela proteólise pos-mortem relacionando-se com a maciez da carne.

Outra hipótese, estaria relacionada com as Heat shock proteins (HSPs). Estas proteínas podem ser expressadas nos músculos e tem a sua expressão aumentada em resposta à condições estressantes especialmente sob estresse oxidativo causado pelo calor (PICARD; GAGAOUA, 2017). Portanto, os animais expostos ao sol, podem ter expressado mais HSPs. A ação das HSPs está associada a integridade das células musculares retardando o processo de apoptose celular e prevenir a proteólise miofibrilar (MALHEIROS et al., 2019) o que facilitaria a ação das enzimas proteolíticas, proporcionando maior maciez.

## ***Ácidos Graxos, suas relações e índices***

O percentual total de AGS não foram alterados pelos parâmetros testados (CAR, ambiente, concentrado e suas interações). Dentre eles, os ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) tiveram maior participação nesse percentual. Segundo Arruda et al. (2012) esses dois ácidos graxos contribuem intensamente nos valores totais de AGS. Os ácidos graxos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) mantiveram-se inalterados, fator importante visto que esses são os principais ácidos graxos saturados considerados maléficos a saúde humana devido ao seu potencial hipercolesterolêmico (MENSINK, 2005)

Dentre os ácidos graxos insaturados, o mais abundantemente encontrado na carne dos cordeiros foi o C18:1. Smith et al. (2009) afirmaram que esse ácido graxo monoinsaturado tem maior representatividade na composição dos ácidos graxos na carne e apresenta importantes benefícios nas características organolépticas. Seu percentual pode variar de 30 a 50% do total dos ácidos graxos (CHUNG et al., 2006), valores de acordo com o observado, com médias que variaram de 37,59 a 42,56%.

Os percentuais de C18:1 foram influenciados pelo ambiente de confinamento e pelo nível de concentrado. Animais confinados em ambiente sombreado e os que receberam 60% de concentrado apresentaram maiores percentuais desse ácido graxo. Uma das vias que pode garantir maior ou menor presença do C18:1 é a atuação da enzima delta-9-dessaturase. Ela atua nos ácidos graxos saturados convertendo-os em seu respectivo ácido graxo monoinsaturado com a dupla ligação no carbono 9.

Nesse estudo, a atividade dessa enzima não foi alterada sob nenhum dos tratamentos testados; porém, sugere-se que provavelmente ela tenha se mantido mais ativa nos animais confinados em ambiente sombreado, visto que, a atividade enzimática pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles a temperatura. Além disso, o maior percentual desse ácido graxo encontrado na carne quando os animais receberam maiores proporções de concentrado foi atribuído a possível maior presença desse ácido graxo nessas dietas do que nas dietas mais volumosas.

Por outro lado, o percentual de C18:1 trans 11 (vacênico) foi maior nos animais confinados ao sol. O C18:1 t11 é um dos intermediários da

biohidrogenação. Esse processo ocorre no rúmen através da ação de grupos específicos de bactérias que são capazes de converter ácidos graxos insaturados em saturados por meio de isomerases e redutases. Portanto, o processo de biohidrogenação pode sofrer influência pela quantidade e diversidade dessas bactérias.

As altas temperaturas às quais os animais foram expostos podem ter aumentado a temperatura corporal e, conseqüentemente, pode ter alterado a população e/ou diversidade de bactérias responsáveis para tal evento, visto que o estresse pelo calor pode promover alterações nos padrões fisiológicos e ruminais, como redução do pH ruminal e a quantidade e proporções de AGCC (MISHRA et al., 1970). O pH ruminal é um dos principais fatores a ser considerado dentre as condições do rúmen, pois redução prolongada no pH pode afetar negativamente a microbiota ruminal, incluindo as bactérias responsáveis pela biohidrogenação (FUKUDA et al., 2006; JOHN WALLACE et al., 2006).

Chung et al. (2006) observaram que a redução no pH ruminal provocou alterações no processo de biohidrogenação total dos ácidos graxos e concluíram que houve depressão nos processos da biohidrogenação devido à menor concentração duodenal do C18:0 e aumento do CLA (C18:2 cis-9, trans-11) que é um importante intermediários desse processo. Essas alterações nas concentrações de ácidos graxos duodenais são refletidas diretamente nas composições de ácidos graxos dos tecidos.

Nesse mesmo sentido, Tajima et al. (2007) avaliando o efeito de altas temperaturas em novilhas Holandesas, verificaram reduções nos índices de diversidade microbiana no rúmen e, em resposta, também observaram redução significativa nos padrões fermentativos do rúmen confirmados através das concentrações e proporções de AGCC.

Apesar do estresse térmico ter causado aumento no percentual do ácido vacênico, nenhum dos tratamentos promoveu alterações significativas nos percentuais do ácido linoleico conjugado (CLA), e isso pode estar relacionada ao fato de não ter havido modificações relevantes da enzima delta-9-dessaturase. Essa enzima, além de converter ácidos graxos saturados em insaturados, também é responsável pela transformação do ácido vacênico em CLA no tecido muscular (BUCCIONI et al., 2012). Segundo Palmquist et al. (2004) cerca de

87% desse isômero (C18:2 cis9, trans 11) presente nos tecidos resulta da dessaturação endógena pela delta-9-dessaturase C18.

Animais de CAR negativo confinados ao sol apresentaram maiores percentuais de C16:1. Apesar de não ter havido efeito significativo para o índice de atividade da enzima delta-9-dessaturase C16, observou-se uma forte tendência para interação entre essas variáveis. O C16:1 é considerado um biomarcador metabólico devido a fortes evidências da sua atuação no fígado, músculo e também no tecido adiposo. BOLSONI-LOPES et al. (2013) afirmaram que o C16:1 é um importante modulador positivo da lipólise de adipócitos e das principais lipases envolvidas nesse processo. Além disso, esse ácido graxo está associado a menor resistência à insulina, menor presença de dislipidemia aterogênica, menor risco de diabetes tipo 2, menos triglicerídeos e pressão arterial (MOZAFFARIAN et al., 2013; MOZAFFARIAN, 2010).

Os percentuais do ácido linolênico (C18:3) apresentaram declínio com o aumento no fornecimento de concentrado na dieta. Esse fato foi atribuído ao menor teor desse ácido graxo presente nos grãos que compõe a fração concentrada da dieta. Segundo DÍAZ et al. (2002) os grãos apresentam menores teores de C18:3 quando comparados a forragens. Este fato refletiu diretamente no  $\sum n3$  na carne, animais que receberam maiores proporções de concentrado apresentaram menores valores no somatório desse grupo de ácidos graxos, visto que o C18:3 é o precursor de PUFAs n3 (ácidos graxos poliinsaturados), e como consequência aumenta a relação n6:n3 (BOUGHALMI & ARABA, 2016; DÍAZ et al., 2002; JACQUES et al., 2017).

A redução nos teores de C18:3 não é desejável devido às suas características benéficas à saúde humana, bem como a sua importância na formação de outros ácidos graxos poli-insaturados como citado anteriormente. Por conseguinte, a redução no percentual de C18:3 ocasionou a depleção no EPA que compõe o grupo dos PUFA n-3.

Além do EPA, o C22:6 n3 (DHA) são ácidos graxos poliinsaturados da família n3 que são sintetizados a partir da ação da enzima delta-6-dessaturase e alongases sobre o ácido graxo linolênico e possuem importantes ações em promover a saúde humana (SMITH et al., 2009). Dentre os efeitos benéficos estão as propriedades anti-inflamatórias, antitrombóticas, antiarrítmicas e vasodilatadoras, sendo que alguns desse efeitos são modulados pelo

metabolismo dos eicosanoides (prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos) os quais são formados a partir desses PUFAs (JUMP, 2002; LOMBARDO; CHICCO, 2006; SALEM et al., 2001).

Por outro lado, ainda considerando os animais expostos ao sol, os percentuais médios de C18:3 e C22:5 (DPA) foram maiores nos animais de CAR positivo. Sobre o efeito da interação entre o CAR e ambiente, animais de CAR positivo confinados ao sol apresentaram maiores teores dos ácidos graxos C18:3, DPA e DHA. De forma geral, os animais menos eficientes consomem mais alimentos que os animais de CAR negativo e esse fato pode estar relacionado ao maior percentual de C18:3. Além disso, esse maior aporte de nutrientes pode ter favorecido maior atividade das enzimas responsáveis em sintetizar os PUFAs como as dessaturases delta 5 e 6 e elongases.

Houve interação entre o CAR e o ambiente para  $\sum n3$ . Quando confinados ao sol, os animais de CAR positivo apresentaram maiores valores de  $\sum n3$  em relação aos animais negativos. Já é sabido que animais de CAR positivo (menos eficientes) consomem mais alimento que os animais negativos (COCKRUM et al., 2013) e esse fato garantiu maior aporte nutricional para esses animais devido ao maior CMS.

Considerado apenas os animais de CAR positivo confinados expostos ao sol apresentaram maiores valores no  $\sum n3$ . Esse resultado foi atribuído ao aumento de alguns ácidos graxos da família n3 nesses animais, como os ácidos graxos ácido linolênico (C18:3) e DHA (C22:6), refletindo diretamente no  $\sum n3$ .

## CONCLUSÕES

Interações entre CAR e ambiente promove alterações nos pesos de cortes comerciais, composição tecidual e perfil de ácidos graxos. Animais de CAR positivo apresentaram melhores respostas para os parâmetros citados quando confinados ao sol, destacando-se para maior presença de ácidos graxos poli-insaturados na carne, bem como o somatório de ômega 3. Em contrapartida, animais de CAR negativo apresentaram maiores desempenho produtivo quando confinados a sombra sem nenhuma alteração significativa na qualidade da carne.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Official methods of analysis, 18th edition Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (Washington, DC, USA), 2007.
- AOCS Official Method Am 5–04 - Rapid Determination of oil/fat Utilizing high Temperature Solvent extraction. Additions and Revisions to the Official Methods and Recommended Practices of the AOCS (6th ed.). (Denver), 2009.
- ARRUDA, P. C. L. et al. Perfil de ácidos graxos no Longissimus dorsi de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos Fatty acids profile in Longissimus dorsi of Santa Inês lambs fed with different energy levels. **Semina: ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1229–1240, 2012.
- ARTHUR, J. P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPECIALISSUE, p. 269–279, 2008.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 189–204, 2003.
- BOLSONI-LOPES, A. et al. Palmitoleic acid (n-7) increases white adipocyte lipolysis and lipase content in a PPAR $\alpha$ -dependent manner. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 305, n. 9, p. 1093–1102, 2013.
- BONILHA, E. F. M. et al. Body chemical composition of Nelore bulls with different residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 7, p. 3457–3464, 2013.
- BONILHA, S. F. M. et al. Digestion and metabolism of low and high residual feed intake Nelore bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 3, p. 529–535, 2017.
- BOUGHALMI, A.; ARABA, A. Effect of feeding management from grass to concentrate feed on growth, carcass characteristics, meat quality and fatty acid profile of Timahdite lamb breed. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 158–163, 2016.
- BUCCIONI, A. et al. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. **Animal Feed Science and Technology**, v. 174, n. 1–2, p. 1–25, 2012.
- CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, v. 12, n. s2, p. S321–S335, 2018.
- CARTAXO, F. Q. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e abatidos em diferentes condições corporais.

- Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 697–704, 2009.
- CHENG, J. et al. Biodiesel from wet microalgae: Extraction with hexane after the microwave-assisted transesterification of lipids. **Bioresource Technology**, v. 170, p. 69–75, 2014.
- CHOI, Y. M.; KIM, B. C. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. **Livestock Science**, v. 122, n. 2–3, p. 105–118, 2009.
- CHUNG, K. Y. et al. Lipid characteristics of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus thoracis of Angus and Wagyu steers fed to US and Japanese endpoints. **Meat Science**, v. 73, n. 3, p. 432–441, 2006.
- COCKRUM, R. R. et al. Phenotypic variation in residual feed intake and performance traits in rams. **Small Ruminant Research**, v. 113, n. 2–3, p. 313–322, 2013.
- DÍAZ, M. T. et al. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 43, n. 3, p. 257–268, 2002.
- FIDELIS, H. A. et al. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nellore cattle. **Meat Science**, v. 128, p. 34–39, 2017.
- FITZSIMONS, C. et al. Methane emissions , body composition , and rumen fermentation traits of beef heifers differing in residual feed intake 1. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5789–5800, 2013.
- FUKUDA, S. et al. Augmentation of vaccenate production and suppression of vaccenate biohydrogenation in cultures of mixed ruminal microbes. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 3, p. 1043–1051, 2006.
- GOMES, R. DA C.; SAINZ, R. D.; LEME, P. R. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nellore steers with high and low residual feed intake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 1, p. 44–50, 2013.
- HADLICH, J. C. et al. Maciez da carne bovina e sua relação com o crescimento e os tipos de fibra musculares. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 421–430, 2013.
- HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of animal science**, v. 87, n. 14 Suppl, p. 64–71, 2009.
- HILL, D. L.; WALL, E. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2240–2257, 2017.
- JACQUES, J. et al. Meat quality, organoleptic characteristics, and fatty acid composition of Dorset lambs fed different forage to concentrate ratios or fresh grass. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 290–301, 2017.

JOHN WALLACE, R. et al. Clostridium proteoclasticum: A ruminal bacterium that forms stearic acid from linoleic acid. **FEMS Microbiology Letters**, v. 265, n. 2, p. 195–201, 2006.

JOHNSON, J. R. et al. Associations between residual feed intake and apparent nutrient digestibility, in vitro methane-producing activity, and volatile fatty acid concentrations in growing beef cattle<sup>1</sup>. **Journal of animal science**, v. 97, n. 8, p. 3550–3561, 2019.

JUMP, D. B. The biochemistry of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Biological Chemistry**, v. 277, n. 11, p. 8755–8758, 2002.

KNOTT, S. A. et al. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 34, n. 3, p. 261–268, 2008.

KNOTT, S. A. et al. Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 39, n. 2, p. 137–146, 2010.

LOMBARDO, Y. B.; CHICCO, A. G. Effects of dietary polyunsaturated n-3 fatty acids on dyslipidemia and insulin resistance in rodents and humans. A review. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 17, n. 1, p. 1–13, 2006.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 48, n. 5, p. 715–722, 1997.

MALHEIROS, J. M. et al. Influence of oxidative damage to proteins on meat tenderness using a proteomics approach. **Meat Science**, v. 148, p. 64–71, 2019.

MALTIN, C. et al. Determinants of meat quality: tenderness. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 2, p. 337–347, 2003.

MENSINK, R. P. Effects of stearic acid on plasma lipid and lipoproteins in humans. **Lipids**, v. 40, n. 12, p. 1201–1205, 2005.

METHOD, A. R.; TOTAL, O. F.; EXTRACTION, L. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. v. 37, 1959.

MISHRA M. MARTZ, F. A.; JOHNSON, R. W. S. H. D.; CAMPBELL, J. R. Effect of diet and ambient temperature- humidity on ruminal ph, oxidation reduction potential, ammonia and lactic acid in lactating cows. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. July, p. 1023–1028, 1970.

MONTANHOLI, Y. R. et al. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal**, v. 4, n. 5, p. 692–701, 2010.

MOZAFFARIAN, D. et al. Trans-Palmitoleic acid, other dairy fat biomarkers, and incident diabetes: The multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 854–861, 2013.

MOZAFFARIAN, D. et al. Annals of internal medicine®. **Annals of Internal Medicine**, v. 172, n. 1, p. ITC1–ITC14, 2010.

NKRUMAH, J. D. et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2711–2720, 2007.

OUALI, A.; TALMANT, A. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. **Meat Science**, v. 28, n. 4, p. 331–348, 1990.

PALMQUIST, D. L.; ST-PIERRE, N.; MCCLURE, K. E. Tissue Fatty Acid Profiles Can Be Used to Quantify Endogenous Rumenic Acid Synthesis in Lambs. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 9, p. 2407–2414, 2004.

PICARD, B.; GAGAOUA, M. **Proteomic Investigations of Beef Tenderness**. [s.l.] Elsevier Inc., 2017.

PRIOLO, A. et al. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. **Meat Science**, v. 62, p. 179–185, 2002.

PURCHAS, R. W.; DAVIES, A. S.; ABDULLAH, A. Y. An objective measure of muscularity: Changes with animal growth and differences between Genetic lines of southdown sheep. **Meat Science**, v. 30, n. 1, p. 81–94, 1991.

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, n. 4–5, p. 431–440, 2004.

SAINZ, R. D. et al. Carcass composition and visceral organs are similar at harvest in low- and high-residual feed intake groups of Angus-Hereford steers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. July 2015, p. 168, 2006.

SALEM, N. et al. Mechanisms of Action of Docosahexaenoic Acid in the Nervous System Norman. **Lipids**, v. 36, n. 9, p. 945–959, 2001.

SAÑUDO, C.; SANCHEZ, A.; ALFONSO, M. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. **Meat Science**, v. 49, n. SUPPL. 1, p. 1993–1994, 1998.

SHIBATA, M. et al. Differential expression of the skeletal muscle proteome in grazed cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 8, p. 2700–2708, 2009.  
SMITH, S. B. et al. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, n. 9, p. 1225–1233, 2009.

TAJIMA, K. et al. Influence of high temperature and humidity on rumen bacterial diversity in Holstein heifers. **Anaerobe**, v. 13, n. 2, p. 57–64, 2007.

ULBRICHT, V; SOUTHGATE, D. Coronary heart disease and dietary factors. **The Lancet**, v. 339, n. 8799, p. 987–988, 1991.

VESTERGAARD, M.; SEJRSEN, K.; KLAstrup, S. Growth, composition and eating quality of Longissimus dorsi from young bulls fed the  $\beta$ -agonist cimaterol at consecutive developmental stages. **Meat Science**, v. 38, n. 1, p. 55–66, 1994.

ZHANG, X. et al. Association of residual feed intake with growth and slaughtering performance, blood metabolism, and body composition in growing lambs. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.