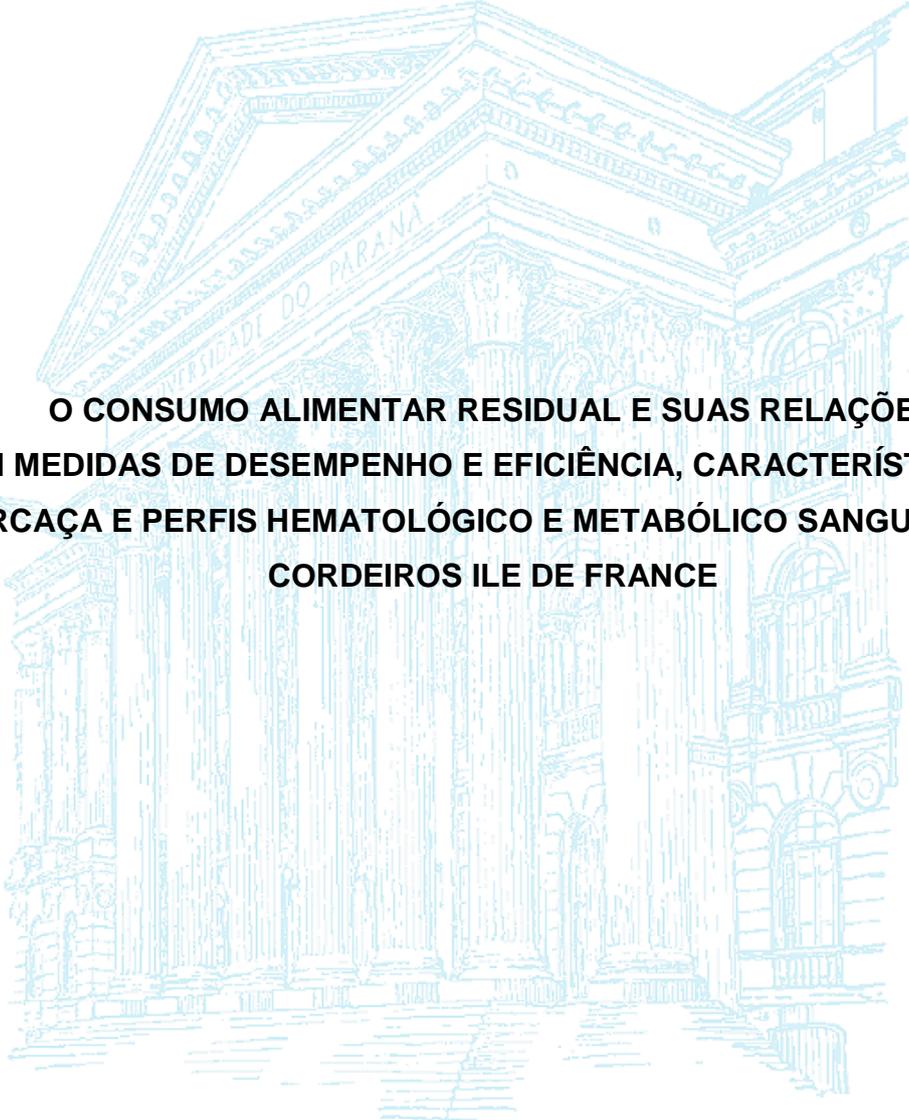


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDSON FERRAZ EVARISTO DE PAULA



**O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES  
COM MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA, CARACTERÍSTICAS DA  
CARÇA E PERFIS HEMATOLÓGICO E METABÓLICO SANGUÍNEO DE  
CORDEIROS ILE DE FRANCE**

CURITIBA

2011

EDSON FERRAZ EVARISTO DE PAULA

O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES  
COM MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA, CARACTERÍSTICAS DA  
CARÇA E PERFIS HEMATOLÓGICO E METABÓLICO SANGUÍNEO DE  
CORDEIROS ILE DE FRANCE

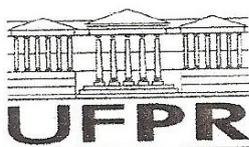
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Ciências Veterinárias, Departamento de Zootecnia,  
Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do  
Paraná, como parte das exigências para obtenção do título  
de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Alda Lúcia Gomes Monteiro  
Co-orientadores: Prof. Dr. Paulo Rossi Júnior  
Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosangela Locatelli Dittrich

Comitê de Orientação: Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosangela Locatelli Dittrich  
Prof. Dr<sup>a</sup>. Laila Talarico Dias Teixeira

CURITIBA

2011



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
VETERINÁRIAS

PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada "O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA, CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E PERFIS HEMATOLÓGICO E METABÓLICO SANGUÍNEO DE CORDEIROS ILE DE FRANCE" apresentada pelo Mestrando EDSON FERRAZ EVARISTO DE PAULA declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, considerou o candidato apto para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 19 de dezembro de 2011



Professora Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro  
Presidente/Orientadora



Professor Dr. Paulo Rossi Junior  
Membro



Professor Dr. Rodrigo da Costa Gomes  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde e permissão para concluir mais uma etapa na vida.

Aos meus pais Paulo e Nely, aos meus irmãos e demais membros da família, por todo o apoio e incentivo em todos os momentos. Também, à Fernanda por toda compreensão e auxílio na realização desse trabalho.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Alda Lúcia Gomes Monteiro pela orientação, pelas oportunidades, pelos conhecimentos transmitidos durante esses anos, pela amizade que desenvolvemos e principalmente pela confiança durante o mestrado.

Aos colegas e grandes amigos feitos na UFPR, pela fundamental companhia durante as aulas, realização de trabalhos, apresentações de seminários, palestras, congressos, pelas festas... Enfim por todos os momentos que se tornaram inesquecíveis e também pelo incentivo e apoio incondicionais.

Em especial, agradeço ao grande amigo Miguel pela participação efetiva na construção dessa dissertação e pela amizade sincera. À Damaris pela ajuda e companheirismo, tanto nos momentos bons quanto nos críticos, e também por todos os ensinamentos profissionais e pessoais, ao longo desses anos de convivência de graduação e mestrado.

Aos amigos e funcionários do LAPOC por todos os bons momentos de trabalho e descontração. Serei eternamente grato a todos os estagiários e companheiros de pós-graduação que se dedicaram verdadeiramente durante a fase experimental.

Meus sinceros agradecimentos ao Professor Dr. Paulo Rossi Junior pela co-orientação e apoio, que foram fundamentais desde a elaboração do projeto de pesquisa. Do mesmo modo, agradeço a Professora Dr<sup>a</sup>. Rosangela Locatelli Ditrich pela co-orientação e ao pessoal do Laboratório de Patologia Clínica Veterinária do Hospital Veterinário da UFPR pelo auxílio durante as análises laboratoriais.

Ao Professor Dr. Rodrigo da Costa Gomes por se prontificar a estar presente na banca e colaborar com seus conhecimentos e à Professora Dr<sup>a</sup>. Simone Gisele de Oliveira pela participação e contribuições no exame de qualificação.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) por disponibilizar a estrutura física e pelo corpo docente que foi imprescindível para a minha formação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação pessoal e profissional. Muito Obrigado!

“Nos gloriamos nas dificuldades, sabendo que a dificuldade produz perseverança, e a perseverança a experiência, e a experiência a esperança.”

Romanos 5:3-4

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Edson Ferraz Evaristo de Paula, filho de Paulo Reissinho de Paula e Nely Ferraz de Paula, nasceu em União da Vitória, Paraná, no dia 15 de agosto de 1986.

Em março de 2005 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná e em fevereiro de 2010 recebeu o grau de Bacharel em Zootecnia. Realizou estágio e participou de atividades de pesquisa no Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos desde 2008.

Em março de 2010 iniciou o Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, na área de Produção Animal, na Universidade Federal do Paraná, tendo como orientadora a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alda Lúcia Gomes Monteiro.

## RESUMO

Dentre as várias maneiras de se mensurar a eficiência alimentar, o consumo alimentar residual (CAR) tem sido estudado para bovinos de corte e mais recentemente, se destacado também em pesquisas com ovinos. Entretanto, ainda são escassos os resultados disponíveis com essa espécie. Diante disso, objetivou-se com a realização deste trabalho avaliar o CAR de cordeiros e verificar suas relações com os perfis hematológico e metabólico sanguíneo, com medidas de desempenho e com características *in vivo* da carcaça, bem como verificar as diferenças para essas variáveis em animais de diferentes classes de CAR (alto ou baixo). Foram utilizados 20 cordeiros da raça Ile de France com  $115 \pm 8$  dias de idade e  $31.3 \pm 4.1$  kg de peso vivo inicial (PVI), que tiveram o consumo de MS (CMS) mensurado ao longo de 65 dias e foram pesados a cada 13 dias para obtenção do ganho de peso médio diário (GMD). Na ocasião das duas últimas pesagens, amostras de sangue foram coletadas para análises dos componentes sanguíneos. As seguintes medidas de desempenho e eficiência dos cordeiros foram consideradas: PVI, peso vivo final (PVF), GMD, taxa de crescimento relativo ( $TCR=100X[\log PF-\log PI]/n^\circ$  de dias em experimento), taxa de Kleiber ( $TK=GMD/PV^{0.75}$ ), conversão alimentar ( $CA=CMS/GMD$ ), CMS e CMS em percentual do PV (CMSPV). Avaliações da carcaça foram realizadas por ultrassom e as medidas obtidas foram: área de olho de lombo, profundidade do músculo *Longissimus* e espessura de gordura subcutânea entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas, bem como os ganhos dessas características ao longo do tempo. Correlações simples de Pearson foram estimadas e os dados das classes de eficiência (CAR alto:  $>0,5*DP$  acima da média,  $n=8$ ; e CAR baixo:  $<0,5*DP$  abaixo da média,  $n=6$ ) foram comparados pelo teste F a 5% de significância. Houve correlação ( $P<0,05$ ) entre CAR e albumina (+0,74) e creatinina (-0,45) e os animais de alto CAR apresentaram maiores concentrações séricas de albumina e menores de creatinina ( $P<0,05$ ), com tendência ( $P=0,08$ ) em possuir maior concentração de proteína plasmática total. Houve correlação ( $P<0,01$ ) entre o percentual de eosinófilos e CAR (-0,65) e os animais de baixo CAR mostraram maior proporção dessas células ( $P<0,05$ ) e tendência ( $P<0,10$ ) em apresentar menor porcentagem de monócitos. O CAR se mostrou correlacionado ( $P<0,01$ ) com o CMS (0,81), CMSPV (0,90) e com a CA (0,63) e não houve correlações nem diferenças ( $P>0,05$ ) entre as classes de CAR para as características de carcaça avaliadas. Destacam-se as associações do CAR com o metabolismo protéico dos cordeiros, refletido pelos níveis séricos de albumina e creatinina, e a suscetibilidade ao estresse, reconhecida pelos resultados hematológicos, que deverão servir de base para pesquisas futuras. O CAR se mostrou ferramenta útil como medida de eficiência alimentar para cordeiros em confinamento, sem existência de relações com o ganho de peso e o tamanho corporal e sem alterações na carcaça.

Palavras-chave: bioquímica do sangue, composição corporal, hematologia, ovinos, ultrassonografia

## ABSTRACT

Among various ways of measuring feed efficiency, the residual feed intake (RFI) has been studied for beef cattle, and more recently also been highlighted in studies with sheep. However, still there are few results available with this specie. Therefore, the objective of this work was to evaluate the RFI of lambs and to verify its relationships with hematologic and metabolic blood profiles, with performance traits and with in vivo carcass characteristics, as well to verify the differences for these variables in animals from different classes of RFI (high or low). Twenty Ile de France male lambs,  $115 \pm 8$  days of age and  $31.3 \pm 4.1$  kg of initial body weight (IBW), who had their dry matter intake (DMI) measured over 65 days and were weighed every 13 days to determine the average daily weight gain (ADG). At the last weighings two blood samples were collected for analysis of blood components. The following performance and efficiency traits were considered: IBW, final body weight (FBW), ADG, relative growth rate ( $RGR = [\log FBW - \log IBW] / n^{\circ}$  of trial days), Kleiber ratio ( $KR = ADG / BW^{0,75}$ ), feed conversion ratio ( $FCR = DMI / ADG$ ), DMI and DMI in BW percentual (BWDMI). The carcass evaluations were performed by ultrasound and measurements were: rib eye area, Longissimus muscle depth and fat thickness between the 12th and 13th ribs as well as the gains of these characteristics throughout time. Simple Pearson correlations were estimated and the data of the efficiency classes (high-RFI:  $> 0.5 * SD$  above the mean,  $n = 8$ , and low-RFI:  $< 0.5 * SD$  below the mean,  $n = 6$ ) were compared by F test with the 5% significance level. There were correlations ( $P < 0.05$ ) among RFI and albumin (+0.74) and creatinine (-0.45) and high-RFI had higher serum albumin and lower creatinine levels ( $P < 0.05$ ) with tendency ( $P = 0.08$ ) to have a greater concentration of total plasma protein. There was a correlation ( $P < 0.01$ ) between the percentage of eosinophils and RFI (-0.65), and low-RFI animals had a higher proportion of these cells ( $P < 0.05$ ) and a trend ( $P < 0.10$ ) to have a lower percentage of monocytes. The RFI was correlated ( $P < 0,01$ ) with the DMI (0,81), BWDMI (0,90) and with FCR (0,63) and there were not correlations or differences ( $P < 0.05$ ) among RFI classes for carcass traits. The highlights are the associations of RFI with the protein metabolism of lambs, as reflected by serum albumin and creatinine, and the susceptibility to stress, recognized by hematological results, which should serve as a basis for future researches. The RFI has proven effective as a measure of feed efficiency for housed lambs without existence of relations with weight gain and body size and without changes in carcass composition.

Keywords: blood biochemistry, body composition, hematology, sheep, ultrasonography

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - OSCILAÇÃO DAS MÉDIAS DE OVOS POR GRAMA DE FEZES (OPG) DOS CORDEIROS NO DECORRER DO PERÍODO EXPERIMENTAL (AVALIAÇÕES REALIZADAS NOS DIAS 12 DE ADAPTAÇÃO E 9, 23, 37, 51 E 65 EXPERIMENTAIS).. .....	45
--	----

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ( $P < 0,05$ ) ENTRE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DESCRITOS EM TRABALHOS RECENTES DISPONÍVEIS NA LITERATURA .....	24
TABELA 2 - INGREDIENTES DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA FORNECIDA AOS CORDEIROS ILE DE FRANCE .....	37
TABELA 3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA FORNECIDA AOS CORDEIROS ILE DE FRANCE .....	38
TABELA 4 - MÉDIAS GERAIS, MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA O CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMSOBS), CONSUMO DE MATÉRIA SECA EM FUNÇÃO DO PESO VIVO (CMS %PV), GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD), EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA) E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) DE CORDEIROS COM.....	40
TABELA 5 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DOS CONSTITUINTES BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA), E AS MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS COM ALTO OU BAIXO CAR .....	42
TABELA 6 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DOS CONSTITUINTES HEMATOLÓGICOS E DA CONCENTRAÇÃO DE FIBRINOGENIO COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA), E AS MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS CO .....	44
TABELA 7 - INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA FORNECIDA AOS CORDEIROS.....	55
TABELA 8 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), E MÉDIAS $\pm$ DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS COM ALTO OU BAIXO CAR.....	57
TABELA 9 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS MEDIDAS DE CARÇAÇA AVALIADAS POR ULTRASSOM COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), E MÉDIAS $\pm$ DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS COM ALTO OU BAIXO CAR .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS

A:G	-	albumina:globulina
AOL	-	área de olho de lombo
AST	-	aspartato aminotransferase
CA	-	conversão alimentar
CAR	-	consumo alimentar residual
CK	-	creatinofosfoquinase
CMH	-	concentração média de hemoglobina
CMS	-	consumo de matéria seca
CMS%PV	-	consumo de matéria seca com base no peso vivo
CMS <sub>est</sub>	-	consumo de matéria seca estimado
CMS <sub>obs</sub>	-	consumo de matéria seca observado
EA	-	eficiência alimentar
EGS	-	espessura de gordura subcutânea
GGT	-	gama-glutamil transferase
GMD	-	ganho de peso médio diário
HGM	-	hemoglobina globular média
MS	-	matéria seca
N:L	-	neutrófilos:linfócitos
PM	-	peso metabólico médio
PROF	-	profundidade do músculo longissimus
PV	-	peso vivo
PVF	-	peso vivo final
PVI	-	peso vivo inicial
TCR	-	taxa de crescimento relativo
TK	-	taxa de Kleiber
VGM	-	volume globular médio

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
2. <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1 O Consumo Alimentar Residual.....	16
2.2 Componentes sanguíneos e o CAR.....	20
2.3 Medidas de desempenho e eficiência e as relações com o CAR .....	22
2.4 CAR e características de carcaça.....	25
2.5 REFERÊNCIAS .....	26
3. <b>CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E OS PERFIS HEMATOLÓGICO E METABÓLICO SANGUÍNEO DE CORDEIROS ILE DE FRANCE</b> .....	33
RESUMO .....	33
ABSTRACT.....	34
3.1 INTRODUÇÃO.....	35
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	36
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
3.4 CONCLUSÕES.....	46
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
4. <b>O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA E CARACTERÍSTICAS <i>IN VIVO</i> DA CARÇA DE CORDEIROS</b> .....	51
RESUMO .....	51
ABSTRACT.....	52
4.1 INTRODUÇÃO.....	53
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	54
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
4.4 CONCLUSÕES.....	60
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
5. <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	65
6. <b>ANEXOS</b> .....	67

## 1 INTRODUÇÃO

A criação de ovinos se encontra presente em todo o mundo e tem apresentado cada vez mais a capacidade de se tornar uma atividade de efetiva expressão econômica. No Brasil, a ovinocultura também tem se destacado dentro do cenário produtivo como alternativa para incrementar o desenvolvimento rural, deixando de ser considerada uma atividade secundária. São aproximadamente 16.810.100 cabeças de ovinos que colocam o país em 13º lugar dentro do cenário mundial em rebanho efetivo (FAO, 2009). Esse crescimento no interesse pela produção nacional de ovinos de corte também pode ser visto pelo aumento relatado no número de pesquisas na área, entre os anos de 2006 e 2010 (PAULA et al., 2010). Além disso, recentemente tem sido observado aumento no consumo de carne ovina pela população com perspectivas promissoras de comercialização (VIEIRA et al., 2010). Diante disto, existe a necessidade de otimização da produção para atender a demanda e para tornar a ovinocultura mais competitiva, com melhoras na eficiência dos sistemas de produção.

A alimentação é comumente um dos itens mais caros em análises de custos para rebanhos ovinos (BARROS et al., 2009) e uma maneira de reduzir esses gastos seria melhorar a eficiência alimentar dos animais, por meio de seleção e uso de reprodutores geneticamente superiores para esta característica. Além da representatividade econômica, o uso de animais mais eficientes pode desempenhar importante papel na redução do impacto ambiental, uma vez que as áreas de pastagens necessárias para pecuária podem ser reduzidas e a produção de resíduos como esterco e metano diminuem com o melhor aproveitamento da dieta (BASARAB et al., 2003).

A eficiência alimentar pode ser interpretada como a eficácia de conversão do alimento ingerido em produtos comercializáveis, ou seja, é a relação entre o ganho de peso (kg) e a quantidade de alimento ingerido (kg), sendo o inverso denominado conversão alimentar. Entretanto, a mensuração feita desta maneira resulta em uma medida bruta de eficiência, que não leva em consideração as exigências de manutenção e crescimento dos indivíduos (ALMEIDA et al., 2004). Dentre outras propostas que surgiram ao longo dos anos para avaliação da eficiência alimentar

dos animais, o consumo alimentar residual (CAR) foi sugerido para bovinos de corte principalmente por não estar diretamente correlacionado com a taxa de ganho e o peso vivo (KOCH et al., 1963). Estudos têm sido conduzidos visando verificar associações entre CAR e parâmetros sanguíneos dos animais, identificar e avaliar as relações com outras medidas de eficiência e desempenho, e entre CAR e características de carcaça. Este primeiro objetivo, a fim de melhor entender os mecanismos fisiológicos da regulação do CAR bem como buscar obter marcadores sanguíneos visando uma seleção indireta de eficiência em grandes rebanhos. Já o segundo, para caracterizar o CAR e o seu comportamento em relação a outras medidas de eficiência e desempenho animal enquanto que o terceiro para verificar se ocorrem alterações na composição corporal de animais com eficiência distinta.

Para ovinos, as informações ainda são escassas sobre CAR e sobre as possíveis consequências biológicas da seleção para esta característica. Nesse contexto, o objetivo com a realização deste trabalho foi avaliar o CAR de cordeiros e suas relações com componentes sanguíneos, medidas de desempenho e eficiência e com características *in vivo* da carcaça.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo eficiência se refere à capacidade com que os recursos são convertidos em resultados de maneira mais econômica possível, ou seja, na produção animal, diz respeito à habilidade de transformação do alimento ingerido em produtos como carne, ovos e lã. A existência de variação na eficiência de utilização dos alimentos, em animais de sexo, raça, estado fisiológico e idades distintos, já é reconhecida e considerada pelos profissionais da área. Contudo, os fatores que causam divergências nesta utilização em animais similares e recebendo mesma dieta não são ainda bem compreendidos (CORVINO, 2010). Acredita-se que os menos eficientes tenham maiores taxas de catabolismo, o que eleva o gasto energético de manutenção desses animais, com menor disponibilidade de nutrientes para produção (SANTANA, 2009).

Nesse contexto, diversas medidas para avaliação da eficiência e desempenho dos animais têm sido propostas conforme discutido por ARTHUR e HERD (2008). Dentre elas se destacam o ganho de peso médio diário (GMD), o peso vivo (PV) a determinada idade, o peso vivo metabólico médio ( $PM: PV^{0,75}$ ), a eficiência alimentar bruta (EA: relação do GMD pela quantidade de alimento ingerida), a conversão alimentar (CA: relação da quantidade de alimento ingerida pelo GMD), o consumo alimentar residual (CAR: diferença entre o consumo real e o consumo esperado para determinado peso e GMD), a taxa de crescimento relativo (TCR: expresso em porcentagem de mudança no PV por dia) e a taxa de Kleiber (TK: peso ganho por unidade de peso vivo metabólico).

### 2.1 O Consumo Alimentar Residual

O consumo alimentar residual (CAR), também chamado de consumo alimentar líquido, é definido como a diferença entre o consumo alimentar observado e o consumo estimado de um animal. Trata-se de uma medida de eficiência alimentar descrita inicialmente por KOCH et al. (1963) que, todavia, não obteve tanto reconhecimento na época pelos pesquisadores, sendo posteriormente melhor

estudada pelos australianos e canadenses na década de 90 (LANNA e ALMEIDA, 2004).

Diferentemente das medidas usualmente utilizadas, como eficiência e conversão alimentar, a seleção considerando o CAR parece resultar em animais de menor consumo e menores exigências de manutenção, sem alterar o peso adulto ou o ganho de peso (ARCHER et al. 1998; ARTHUR et al. 2001a). O conceito proposto por KOCH et al. (1963) sugere que a ingestão de alimento deveria ser ajustada para o peso corporal e para a taxa de ganho de peso, e subdividida em dois componentes: a) o consumo previsto para determinado nível de produção; b) a porção residual, que corresponde à medida efetiva de eficiência (HERD e ARTHUR, 2009), ou seja, quanto mais negativa for a porção residual, maior a eficiência no aproveitamento do alimento pelo animal.

Para obtenção do CAR é necessário estimar o consumo de alimento individual de cada animal, o qual pode ser predito a partir de bases de dados de nutrição, como o NRC (2007), ou obtido por regressão do consumo em função do tamanho corporal e velocidade de crescimento (ARTHUR e HERD, 2008). Entretanto, conforme ressaltado pelos mesmos autores previamente referenciados, a utilização desse segundo procedimento torna o CAR fenotipicamente independente das características produtivas incluídas na predição do consumo de MS estimado (GMD e PM) e, dessa forma, permite a comparação entre indivíduos que diferem no nível de produção durante o período de mensuração do consumo. Assim sendo, o CAR tem sido calculado e discutido com mais freqüência pelo método da regressão e a equação geral para sua obtenção é:

$$\text{CAR} = \text{CMS}_{\text{obs}} - \text{CMS}_{\text{est}}(f \{ \text{PM}, \text{GMD} \})$$

Em que:

Consumo de Matéria Seca observado ( $\text{CMS}_{\text{obs}}$ ): Obtido com pesagens diárias da quantidade de alimento ofertada e da quantidade diária de sobras;

Consumo de Matéria Seca estimado ( $\text{CMS}_{\text{est}}$ ): obtido por equações de regressão ajustadas em função das exigências de manutenção (com base no peso metabólico do animal) e crescimento (taxa de ganho de peso diário), calculado para o grupo de animais testados em determinado período.

PM: Peso metabólico ( $\text{PV}^{0,75}$ )

GMD: Ganho de peso diário

Para ovinos, são poucos os estudos sobre eficiência alimentar na perspectiva de CAR, o que faz com que as inferências sobre o assunto sejam apoiadas essencialmente em informações oriundas de outras espécies. Todavia, percebe-se, pelo incremento no número de pesquisas sobre CAR em ovinos nos últimos anos, que tem crescido o interesse pelo tema (FRANÇOIS et al., 2002; SNOWDER e VAN VLECK, 2003; CAMMACK et al., 2005; KNOTT et al., 2008; KNOTT et al., 2010; REDDEN et al., 2011; RINCÓN-DELGADO et al., 2011; MURO-REYES et al., 2011).

Para bovinos de raças européias, segundo protocolo recomendado por ARCHER et al. (1997), o período ideal para obtenção precisa do CAR não deve ser inferior a 70 dias. CASTILHOS et al. (2011) determinaram para animais da raça Nelore que esse período deve ser de 84 dias. Entretanto, os trabalhos com ovinos têm sido realizados em períodos de 40-57 dias, devido ao desenvolvimento mais rápido dessa espécie.

ARCHER et al. (2002) descreveram existência de alta correlação genética entre CAR no desmame de fêmeas e nessas mesmas fêmeas quando adultas (*Bos taurus*), levando a crer que é possível determinar precocemente a eficiência pelo CAR. Isto é fundamental para garantir que animais eficientes quando selecionados jovens mantenham esta característica em idades posteriores. Entretanto, REDDEN et al. (2011) avaliaram ovelhas confinadas em duas épocas, a fim de verificar se a eficiência alimentar dos animais no pós-desmame corresponde à eficiência no sobreano. Os resultados apresentados pelos autores demonstraram não haver correlação entre as duas fases experimentais e esses sugeriram que o teste de eficiência realizado pós-desmame pode não resultar em animais mais eficientes em teste quando adultos. Assim, seria importante a identificação e padronização da idade ideal para realização de testes efetivos de eficiência alimentar pelo CAR em ovinos.

Segundo HERD et al. (1998) e HERD et al. (2002), houve correlação entre a eficiência alimentar (CAR) em confinamento com a eficiência encontrada em pastejo. Este é um aspecto de grande importância a ser considerado em países como o Brasil, onde a pecuária é praticada essencialmente a pasto, tanto no caso de bovinos quanto para ovinos. HERD et al. (2004) demonstraram que progênies de reprodutores com eficiência pelo CAR comprovada apresentaram também eficiência mais alta a pasto, com consumo mensurado pela técnica de alcanos. Isto sugere que, com o uso de animais mais eficientes, menores áreas de pastagem seriam

necessárias para alimentar o mesmo número de animais, indicando benefícios de ordem ambiental. Adicionalmente, foi estimada correlação significativa e positiva entre CAR e produção de metano, ou seja, bovinos com menor CAR (mais eficientes) apresentaram menores taxas diárias de produção de metano (HEGARTY et al., 2007). Resultados similares foram descritos também para ovinos e os autores concluíram que carneiros e ovelhas de baixo CAR emitem menos metano sem afetar parâmetros produtivos, com redução na quantidade de alimento fermentado por unidade de kg de peso ganho (MURO-REYES et al., 2011).

Estudos propuseram valores de herdabilidade moderada para diferentes espécies, o que sugere que o CAR é uma característica transmissível aos descendentes e que pode ser utilizada para seleção individual em melhoramento genético. Para bovinos de corte de raças européias foram encontradas estimativas de herdabilidade de  $0,28 \pm 0,11$  (KOCH et al., 1963) até 0,49 (ARTHUR et al., 2001b). Em suínos, a herdabilidade para o CAR foi também descrita como moderada, variando de 0,30 a 0,38 (MRODE e KENNEDY, 1993). Para ratos os valores propostos foram de 0,33 (ARCHER e PITCHFORD, 1996) e para coelhos 0,41 (LARZUL e ROCHAMBEAU, 2005). No caso de ovinos, espécie focada neste estudo, as herdabilidades relatadas também são de ordem moderada, sendo os valores descritos por FRANÇOIS et al. (2002) e SNOWDER e VAN VLECK (2003), respectivamente, 0,30 e 0,26. Entretanto, CAMMACK et al (2005) apresentaram valores mais baixos de herdabilidade para esta característica (0,11) em cordeiros.

Pesquisadores do instituto INRA, na França, utilizaram para cálculo do CAR de carneiros um modelo de estimação que incluiu, além do PM e GMD, mensurações da composição corporal dos animais (deposição de músculo e gordura entre a 12ª e 13ª costela), com objetivo de melhorar o coeficiente de determinação da regressão (FRANÇOIS et al., 2002). Nesse sentido, KNOTT et al. (2008) destacaram que a composição corporal tem papel fundamental na variação da ingestão de alimento pelos ovinos e, assim sendo, deveria ser efetivamente incluída no modelo de cálculo de eficiência. Conforme revisão realizada por LANNA e ALMEIDA (2004), diversos trabalhos com bovinos também já fizeram esta recomendação, porém tradicionalmente, o CAR continua sendo estimado com a inclusão de somente PM e GMD no modelo.

É necessário maior investimento em pesquisas relacionadas ao CAR até a inclusão e consolidação deste em programas de melhoramento genético no Brasil.

Devido aos elevados custos para determinação precisa do consumo individual dos animais, que limitariam a adoção dessa tecnologia em larga escala, faz-se necessário a busca pela identificação de características de mais fácil obtenção, tais como indicadores sanguíneos, que sejam correlacionadas com o CAR, visando uma seleção indireta e mais prática em grandes rebanhos. Além disso, principalmente na região Sul do Brasil, onde pode haver disponibilidade de forragem o ano inteiro e a produção e terminação de cordeiros têm sido feita frequentemente em pastagens, é necessário aprimorar as técnicas que estimam o consumo individual em pastejo, para possibilitar a inclusão dessas informações em avaliações de eficiência alimentar.

## 2.2 Componentes sanguíneos e o CAR

Segundo o exposto por RICHARDSON et al. (2004), que relacionaram a influência de alguns fatores para a variação do CAR, os padrões de alimentação contribuíram em 2% dessa variação (animais menos eficientes passaram mais tempo se alimentando), a composição corporal contribuiu para 5%, a digestibilidade 10%, a atividade, o incremento calórico da fermentação e outros fatores não estudados contribuíram para 46% da variação. O *turnover* protéico, metabolismo dos tecidos e estresse contribuíram com 37% (novilhos de alto CAR apresentaram maiores valores de degradação protéica e valores menores de deposição de proteína).

As variações individuais do CAR, principalmente em ovinos, não são ainda claramente conhecidas bem como as implicações dessas no metabolismo do animal e, conseqüentemente, suas relações com os componentes sanguíneos. Para bovinos, há indícios que animais mais eficientes pelo CAR possuem menores taxas de catabolismo, o que pode acarretar diferenças nas concentrações plasmáticas dos metabólitos. Além disso, animais de baixo CAR parecem ser menos suscetíveis ao estresse (RICHARDSON et al, 2002). KNOTT et al. (2008) descreveram correlações moderadas entre cortisol sérico e eficiência alimentar para cordeiros mestiços, mensurada tanto pelo CAR quanto pela CA. O cortisol é um hormônio corticosteróide que se eleva sob condições de estresse e, quando em longos períodos, afeta a

resposta imune do animal alterando características hematológicas (HICKEY et al., 2003). Assim sendo, o perfil celular sanguíneo está relacionado com a forma na qual os animais reagem a fatores estressores. Nesse contexto, estudos têm sido desenvolvidos para ampliar o entendimento das bases fisiológicas que atuam na variação do CAR e buscando identificar e verificar a viabilidade do estabelecimento de elementos dos perfis sanguíneos (bioquímico e hematológico) como indicadores de eficiência alimentar em ruminantes.

RICHARDSON et al. (2002) constataram em bovinos de origem européia, que animais de alto CAR apresentaram baixa contagem de leucócitos totais, linfopenia e neutrofilia, ou seja, alterações tipicamente relacionadas ao estresse, nos menos eficientes. Os autores enfatizaram ainda que esses animais tiveram incremento na demanda por oxigênio e menor adaptabilidade ao ambiente de confinamento. Porém, GOMES et al. (2011) não detectaram diferenças nos padrões de alteração do perfil hematológico em animais zebuínos da raça Nelore de alto e baixo CAR após exposição a condição de estresse.

Em outro estudo foram estimadas correlações positivas entre CAR e os níveis séricos de glicose e aspartato aminotransferase, e correlação negativa com a concentração de creatinina (RICHARDSON et al., 2004). Esses autores encontraram ainda correlação entre o CAR no pós desmame e a concentração plasmática de uréia e destacaram que animais menos eficientes podem ter maior catabolismo protéico, uma vez que esse metabólito é produto da degradação protéica. SANTANA (2009) também estimou correlação significativa entre CAR e uréia plasmática (+0,29) para bovinos da raça Nelore, porém não encontrou significância em nenhuma correlação com componentes do hemograma. Outro metabólito que têm sido descrito como correlacionado ao CAR é a creatinina sérica (RICHARDSON et al., 2004; SANTANA, 2009), e esse componente foi associado com aumento na deposição de proteína muscular e decréscimo na degradação protéica (MORGAN et al., 1993)

Em ovinos, RINCÓN-DELGADO et al. (2011) estudaram o CAR de ovelhas e carneiros da raça Rambouillet também com o objetivo de avaliar as relações com parâmetros hematológicos e bioquímicos sanguíneos. Os carneiros mais eficientes tiveram menores valores de eritrócitos totais e leucócitos totais, bem como maior volume globular médio e hemoglobina globular média. Ainda, maiores valores de

hemoglobina globular média foram descritos para ovelhas mais eficientes comparado às menos eficientes.

De maneira geral, os resultados são ainda bastante divergentes possivelmente devido às diferenças existentes entre condições experimentais e procedimentos de coletas de sangue. Com isso, ressalta-se a necessidade de aprofundar os estudos e discussão relacionados aos componentes dos perfis hematológico e metabólico sanguíneos em relação ao CAR, especialmente para ovinos, espécie que apresenta inferioridade em volume de pesquisas nesse sentido.

### **2.3** Medidas de desempenho e eficiência e as relações com o CAR

A avaliação da eficiência alimentar de animais em diferentes épocas e condições ambientais, bem como a utilização de animais com idades e pesos corporais diferentes, levam à alterações nas exigências de manutenção, composição do ganho e no consumo de alimento, o que dificulta a comparação entre indivíduos (CASTILHOS, 2009). Entre tantas medidas existentes para mensuração da eficiência alimentar, o CAR foi descrito como um critério interessante para a comparação de dados entre grupos contemporâneos e ambientes diferentes (HERD et al., 2003).

Para ovinos, KNOTT et al. (2004) ressaltaram com base nos dados de dois diferentes grupos de eficiência (animais de baixo e alto CAR) que a energia proveniente da alimentação é utilizada de maneira menos eficiente para ganho de peso em animais menos eficientes. REDDEN et al. (2010) realizaram experimento com ovelhas no qual os animais foram divididos em dois grupos, os mais eficientes (baixo CAR) e os menos eficientes (alto CAR). Os ganhos de peso foram similares para ambos os grupos, porém, as ovelhas de menor CAR consumiram aproximadamente 20% menos alimento do que as demais. Este fato confirma a possibilidade de utilização do CAR como medida de eficiência alimentar para ovinos, como previamente constatado para bovinos (ARTHUR e HERD, 2008). Em longo prazo, essa redução no consumo de alimento pode representar economia significativa ao produtor, principalmente no caso de grandes rebanhos.

Diversos trabalhos têm buscado caracterizar as relações entre o CAR com outras medidas de eficiência e desempenho. Na TABELA 1 é apresentado um resumo dos resultados relacionados às correlações fenotípicas entre medidas produtivas e CAR, estimadas em trabalhos recentes disponíveis na literatura. Pode-se observar que a grande maioria dos trabalhos corrobora a independência do CAR com aspectos de tamanho corporal e velocidade de crescimento, tais como GMD, PV, PVI, PVF e PM, concordando com o proposto inicialmente por KOCH et al. (1963). Contrário à conversão alimentar o CAR é uma medida que independe dos padrões de crescimento e maturidade e, uma vez que é baseada nas exigências e ingestão de energia dos animais, pode ser uma medida mais precisa e sensível da utilização dos alimentos (CORVINO, 2010).

Os sentidos e as dimensões das correlações entre CAR e CMS, CMS%PV, CA e EA enfatizam o potencial do CAR para mensurar a eficiência alimentar e a ausência de correlações com TK e TCR esta de acordo com o exposto por SOBRINHO et al. (2011), visto que o cálculo de tais taxas leva em consideração o peso, ganho de peso e os dias em avaliação, que costumam ser similares dentro dos experimentos. De forma complementar, NKRUMAH et al. (2004) afirmaram que a TCR e TK podem não detectar diferenças na eficiência energética entre animais.

TABELA 1 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (P<0,05) ENTRE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DESCRITOS EM TRABALHOS RECENTES DISPONÍVEIS NA LITERATURA

Autores	Medidas										
	GMD	CMS	CMS%PV	PV	PVI	PVF	PM	CA	EA	TK	TCR
ARTHUR et al. (2001b) <sup>▲</sup>	ns	0,60	*	ns	*	*	*	0,57	*	ns	ns
CASTILHOS et al. (2010) <sup>■</sup>	ns	0,58	0,72	*	ns	*	*	0,42	*	ns	ns
DAVIS (2009) <sup>▲</sup>	ns	0,74	*	*	ns	ns	*	0,53	-0,82	*	*
JUNIOR (2010) <sup>▲</sup>	ns	0,55	*	ns	ns	*	*	0,44	*	*	*
KELLY et al. (2010) <sup>▲</sup>	ns	0,58	*	ns	ns	ns	ns	*	-0,36	ns	ns
KNOTT et al. (2010) <sup>†</sup>	ns	0,68	*	*	*	*	*	0,73	*	*	*
LANCASTER et al. (2009) <sup>▲</sup>	ns	0,70	*	*	*	*	ns	0,59	*	*	*
MURO-REYES et al. (2011) <sup>†</sup>	*	0,58	*	*	*	*	0,41	*	*	*	*
NKRUMAH et al. (2004) <sup>▲</sup>	ns	0,77	ns	ns	ns	ns	ns	0,62	*	ns	ns
REDDEN et al. (2010) <sup>†</sup>	ns	0,77	*	*	ns	*	*	0,47	*	*	*
RICHARDSON et al. (2001) <sup>▲</sup>	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	*	*	*
SANTANA (2009) <sup>■</sup>	ns	0,67	0,82	ns	ns	ns	ns	ns	-0,32	*	*
SHAFFER et al. (2011) <sup>▲</sup>	ns	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*
SMITH et al (2010) <sup>▲</sup>	ns	0,69	*	ns	*	ns	*	0,68	*	*	*
SOBRINHO et al. (2011) <sup>■</sup>	ns	0,16	0,29		ns	ns	*	0,25	-0,25	ns	ns
STELLA (2010) <sup>■</sup>	ns	0,73	*	ns	ns	ns	ns	0,26	-0,27	*	*

GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca; CMS%PV = CMS em função do peso vivo; PV = peso vivo médio; PVI = PV inicial; PVF = PV final; PM = peso metabólico; CA = conversão alimentar; EA = eficiência alimentar; TK = taxa de Kleiber; TCR = taxa de crescimento relativo; <sup>▲</sup>Trabalhos realizados com bovinos de raças européias; <sup>■</sup>Trabalhos realizados com zebuínos (Nelore); <sup>†</sup>Trabalhos realizados com ovinos; ns = coeficiente de correlação não significativo; \*variável não avaliada.

FONTE: O autor (2011)

## 2.4 CAR e características de carcaça

As consequências negativas da seleção de animais mais eficientes para CAR não são ainda totalmente elucidadas. Porém, observam-se na literatura vários trabalhos que descreveram a obtenção de animais com carcaças mais magras, menor acabamento e menor gordura intramuscular, conforme revisão realizada por LANNA e ALMEIDA (2004).

Portanto, pode haver significativa redução nas quantidades de gordura na carcaça de animais selecionados pelo CAR (RICHARDSON et al., 2001; LEME e GOMES, 2007). Em um grupo de animais taurinos avaliado no Canadá, os de baixo CAR apresentaram também menor gordura subcutânea, menos gordura intermuscular e interna, consumiram menos energia metabolizável, produziram menos calor e tiveram menor retenção de energia (BASARAB et al., 2003). Entretanto, animais zebuínos com diferentes valores para CAR não apresentaram essa mesma tendência de redução da espessura de gordura de cobertura na carcaça (ALMEIDA, 2005).

Para ovinos foi estimada correlação negativa entre carcaça magra e CAR, ou seja, animais mais eficientes apresentaram carcaças com menores quantidades de gordura (KNOTT et al., 2003). A gordura subcutânea depositada na carcaça tem a função de isolante térmico, de diminuição da velocidade de resfriamento e do risco de encurtamento pelo frio (LAWRIE, 1981), sendo importante fator considerado nos sistemas de classificação de carcaças.

Logo, se existem realmente mecanismos antagônicos entre seleção para melhor CAR e características relacionadas à qualidade e acabamento da carcaça, é de fundamental importância que estes sejam corretamente identificados e compreendidos, visto que poderiam promover diminuição dos benefícios obtidos pela redução dos custos com alimentação (MCDONAGH et al., 2001).

## 2.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 181f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 4.

ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; PARNELL, P.F.; PITCHFORD, W.S. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 8, p. 2024-2032, 1997.

ARCHER, J.A.; PICHFORD, W.S. Phenotypic variation in residual food intake of mice at different ages and its relationships with efficiency of growth, maintenance and body composition. **Animal Science**, Cambridge, v. 63, n. 1, p. 149-157, 1996.

ARCHER, J.A.; PITCHFORD, W. S.; HUGHES, T. E.; PARNELL, P. F. Genetic and phenotypic relationships between food intake, growth, efficiency and body composition of mice post weaning and at maturity. **Animal Science**, Cambridge, v. 67, n. 1, p. 171-182, 1998.

ARCHER, J.A.; REVERTER, A.; HERD, R.M.; JOHNSTON, D.J.; ARTHUR, P.F. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cow and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings ...** Montpellier: 7WCGALP, 2002.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 11, p. 2805-2811, 2001a.

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, p.131-139, 2001b.

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

BARROS, C.S.; MONTEIRO, A.L.G.; POLI, C.H.E.C.P.; DITTRICH, J.R.; CANZIANI, J.R.F.; FERNANDES, M.A.M. Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 2270-2279, 2009.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 189–204, 2003.

CAMMACK, K.M.; LEYMASTER, K.A.; JENKINS, T.G.; NIELSEN, M;K; Estimates of genetic parameters for feed intake, feeding behaviour, and daily gain in composite ram lambs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 773-785, 2005.

CASTILHOS, A.M. **Eficiência alimentar e desempenho de bovinos nelore selecionados para peso e pós-desmame**. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CASTILHOS, A.M.; BRANCO, R.H.; CORVINO, T.L.S.; RAZOOK, A.G.; BONILHA, S.F.M.; FIGUEIREDO, L.A. Duração do período de avaliação pós-desmame para medidas de desempenho, consumo e eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 301-307, 2011.

CORVINO, T.L.S. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore**. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

DAVIS, M.P. **Influence of diet, production traits, blood hormones and metabolites, and mitochondrial complex protein concentrations on residual feed intake in beef cattle**. 90f. Dissertação. Faculty of the Graduate School - University of Missouri, Columbia, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. FAOSTAT, 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 02/10/2011.

FRANÇOIS, D.; BIBE, D.; BRUNEL, J.B.; WEISBECKER, J.L.; RICARD, E. Genetic parameters of feeding traits in meat sheep. In. 7th WORLD CONGRESS ON

GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 2002, Montpellier.  
**Proceedings** ... Montpellier, 2002, p. 233-236.

GOMES, R.C.; SIQUEIRA, R.F.; BALLOU, M.A.; STELLA, T.R.; LEME, P.R.  
Hematological profile of beef cattle with divergent residual. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 9, p. 1105-1111, 2011.

HEGARTY, R. S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M.; McCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1479-1486, 2007.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. A Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 64-71, 2009.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 9-17, 2003.

HERD, R.M.; DICKER, R.W.; LEE, G.J.; JOHNSTON, D.J.; HAMMOND, A.J.; ODDY, V.H. Steer growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. **Animal Production in Australia**, Collingwood, v. 25, p. 93-96, 2004.

HERD, R. M.; HEGARTY, R. S.; DICKER, R. W.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Selection for residual feed intake improves feed conversion in steers on pasture. **Animal Production in Australia**, v. 24, p. 85–88, 2002.

HERD, R. M.; RICHARDSON, E. C.; HEGARTY, R. S.; WOODGATE, R.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Pasture intake by high versus low net feed efficient Angus cows. **Animal Production in Australia**, v. 22, p. 137–140, 1998.

HICKEY, M.C.; DRENNAN, M.; EARLEY, B. The effect of abrupt weaning of suckler calves on the plasma concentrations of cortisol, catecholamines, leukocytes, acute-phase proteins and in vitro interferon-gamma production. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2847-2855, 2003.

JUNIOR, W.C.R. **Evaluation of residual feed intake in centrally-tested bulls and related steers**. 90f. Tese. Auburn University, Auburn, 2010.

KELLY, A.K., MCGEE, M., CREWS JR., D.H., FAHEY, A.G., WYLIE, A.R., KENNY, D.A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 109-123, 2010.

KNOTT, S.A., CUMMIINS, L.J., DUNSHEA, F.R., LEURY, B.J. 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, p. 242-255, 2008.

KNOTT, S.A., CUMMIINS, L.J., DUNSHEA, F.R., LEURY, B.J. Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domestic Animal Endocrinol.** v. 39, p. 137-146, 2010.

KNOTT, S.A.; DUNSHEA, F.R.; CUMMINS, L.J.; BRIEN, F.D.; SUSTER, D.; LEURY, B.J. Body composition influences net feed intake in terminal sire rams. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 25., 2004, Victoria. **Proceedings ...** Victoria, 2004, v.25, p.274.

KNOTT, S.A.; LEURY, B.J.; CUMMINS, L.J.; BRIEN, F.D.; DUSHEA, F.R. Relationship between body composition, net feed intake and gross feed conversion efficiency in composite sire line sheep. **EAAP Publication**, v. 109, p. 525-528, 2003.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 486-494, 1963.

LANCASTER, P.A., CARSTENS, G.E., CREWS JR., D.H., WELSH JR., T.H., FORBES, T.D.A., FORREST, D.W., TEDESCHI, L.O., RANDEL, R.D., et al. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3887-3896, 2009.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p. 248-259.

LARZUL, C. AND ROCHAMBEAU, H. Selection for residual feed consumption in the rabbit. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 95, p. 67-72, 2005.

LEME, P.R., GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual. In: XX REUNIÓN ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 2007,. Cuzco. **Anais ...** Cuzco: ALPA, 2007.

LAWRIE, R. **Developments in meat science**, vol. 2. London: Elsevier Applied Science, 1981.

McDONAGH, M.B.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C. ODDY, V.H.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 41, p. 103-121, 2001.

MORGAN, J. B.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J. D.; SAVELL, J. W. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 408-414, 1993.

MRODE, R.A.; KENNEDY, B.W. Genetic variation in measures of food efficiency in pigs and their genetic relationships with growth rate and backfat. **Animal Production**, v. 56, p. 225-232, 1993.

MURO-REYES, A.; GUTIERREZ-BANUELOS, H.; DIAZ-GARCIA, L.H.; GUTIERREZ-PINA, F.J.; ESCARENO-SANCHEZ, L.M.; BANUELOS-VALENZUELA, R.; MEDINA-FORES, C.A.; CORRAL LUNA, A. Potential Environmental Benefits of Residual Feed Intake as Strategy to Mitigate Methane Emissions in Sheep. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, p. 1551-1556, 2011.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K., AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2451-2459, 2004.

PAULA, E.F.E.; LEITZKEI, N.; GILAVERTE, S.; SOUZA, D.F.; STIVARI, T.S.; MONTEIRO, A.L.G. Produção científica relacionada à ovinocultura de corte brasileira nos últimos cinco anos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 2010, Maceió. **Anais ...** Maceió – Zootec, 2010.

REDDEN, R.; SURBER, L.; ROEDER, B.; KOTT, R. Growth Rate Alters Residual Feed Intake and Feeding Behavior in Yearling Ewes. In: U.S. SHEEP RESEARCH

AND OUTREACH PROGRAMS, 2010, Tennessee. **Proceedings...** Tennessee, 2010. p.26-28.

REDDEN, R.R., SURBER, L.M.M., ROEDER, B.L., NICHOLS, B.M., PATERSON, J.A.; KOTT, R.W. Residual feed efficiency established in a post-weaning growth test may not result in more efficient ewes on the range. **Small Ruminant Research**, v. 96, p. 155-159, 2011.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER J.A.; ARTHUR, P.F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 441-452, 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; COLDITZ, I.G.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, p. 901–908, 2002.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER J.A.; ARTHUR, P.F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 441-452, 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1065–1072, 2001.

RINCON-DELGADO, R.M.D.; GUTIERREZ H.B.; PEREZ, E.D.V.; MURO, A.R.; DIAZ, L.H.G.; BANUELOS, R.V.; GUTIERREZ, F.J.P.; MEDINA, C.A.F.; et al. Relationship of Residual Feed Intake on Specific Hematological and Biochemical Parameters in Rambouillet Sheep. **Agricultural Journal**, v. 6, p. 87-91, 2011.

SANTANA, M.H.A. **Relação do consumo alimentar residual e conversão alimentar com características de carcaça, perfil metabólico e sanguíneo de touros da raça nelore**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

SHAFFER, K.S.; TURK, P.; WAGNER, W.R.; FELTON, E.E.D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**. v. 89, p. 1028-1034, 2011.

SMITH, S.N.; DAVIS, M.E.; LOERCH, S.C. Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. **Livestock Science**. v. 132, p. 41-47, 2010.

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, p. 2704-2713, 2003.

SOBRINHO, T.L.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M.; CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A. Residual feed intake and relationships with performance of Nelore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p. 929-937, 2011.

STELLA, T.R. **Desempenho, características de carcaça e parâmetros fecais indicativos da digestão do amido e suas relações com a eficiência alimentar de bovinos Nelore**. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

VIEIRA, T.R.L.; CUNHA, M.G.G.; GARRUTTI, D.S.; DUARTE, T.F.; FELEX, S.S.S.; FILHO, J.M.P.F.; MADRUGA, M.S. Propriedades físicas e sensoriais da carne de cordeiros Santa Inês terminados em dietas com diferentes níveis de caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum*) **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 30, p. 372-377, 2010.

### 3 CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E OS PERFIS HEMATOLÓGICO E METABÓLICO SANGUÍNEO DE CORDEIROS ILE DE FRANCE

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar as correlações do consumo alimentar residual (CAR) e eficiência alimentar (EA) com os perfis hematológico e metabólico sanguíneo de cordeiros, bem como verificar as diferenças para essas características em animais de diferentes classes de CAR. Utilizou-se 20 cordeiros machos da raça Ile de France, com  $115 \pm 8$  dias de idade e  $31.3 \pm 4.1$  kg de peso vivo, que foram individualmente confinados e o consumo de matéria seca foi mensurado durante 65 dias. Os animais foram pesados a cada 13 dias para determinação do ganho médio diário e duas amostras de sangue foram coletadas nas duas últimas pesagens, para análises das variáveis sanguíneas. Foram estabelecidas duas classes: baixo CAR (mais eficientes:  $<0,5DP$  abaixo da média;  $n = 6$ ) e alto CAR (menos eficientes:  $>0,5DP$  acima da média;  $n = 8$ ). Houve correlação ( $P < 0,05$ ) entre CAR e as variáveis séricas albumina ( $r_{CAR} = 0,74$ ) e creatinina ( $r_{CAR} = -0,45$ ), e entre EA e albumina sérica ( $r_{EA} = -0,70$ ). Os animais menos eficientes pelo CAR apresentaram maiores concentrações séricas de albumina e menores níveis de creatinina ( $P < 0,05$ ) e mostraram tendência ( $P = 0,08$ ) em possuir maior concentração de proteína plasmática total. Os demais parâmetros bioquímicos não se mostraram correlacionados ( $P > 0,05$ ) com EA e com CAR, e as classes apresentaram similaridade neste perfil. Houve correlação ( $P < 0,01$ ) entre o percentual de eosinófilos e CAR ( $r_{CAR} = -0,65$ ). Os animais mais eficientes tiveram maior proporção dessas células ( $P < 0,05$ ) e apresentaram tendência ( $P < 0,10$ ) em apresentar menor porcentagem de monócitos. O presente estudo forneceu evidências de associações entre CAR e o metabolismo protéico de cordeiros, refletido pelos níveis séricos de albumina e creatinina. De acordo com os resultados hematológicos, o CAR está relacionado à suscetibilidade ao estresse dos cordeiros e devem servir como base para mais pesquisas nesse sentido.

Palavras-chave: bioquímica do sangue, eficiência alimentar, hematologia, metabolismo, ovinos

## RESIDUAL FEED INTAKE AND HEMATOLOGICAL AND METABOLIC BLOOD PROFILES OF ILE DE FRANCE LAMBS

### ABSTRACT

This study aimed to estimate the correlations of residual feed intake (RFI) and gross feed efficiency (GFE) with hematological and metabolic blood profiles of lambs and to determine the differences for these traits in animals of different RFI classes. Twenty Ile de France male lambs,  $115 \pm 8$  days of age and  $31.3 \pm 4.1$  kg of body weight (means  $\pm$  SD), were individually confined and their dry matter intake was measured over 65 days. They were weighed every 13 days to determine the average daily weight gain and two blood samples were collected at the last two weighings for analysis of blood variables. The animals were divided into two classes: low RFI (most efficient:  $<0.5$  SD below the mean;  $n = 6$ ) and high RFI (less efficient:  $>0.5$  SD above the mean;  $n = 8$ ). There were correlations ( $P < 0.05$ ) among RFI and the serum metabolic variables for albumin ( $r_{RFI} = 0.74$ ) and creatinine ( $r_{RFI} = -0.45$ ) and between GFE and serum albumin ( $r_{GE} = -0.70$ ). Less efficient animals as measured by RFI had higher serum albumin and lower creatinine levels ( $P < 0.05$ ) and showed a tendency ( $P = 0.08$ ) to have a greater concentration of total plasma protein. Other serum biochemical parameters were not correlated ( $P > 0.05$ ) with GFE and RFI, and the classes showed similarity in this profile. There was a correlation ( $P < 0.01$ ) between the percentage of eosinophils and RFI ( $r_{RFI} = -0.65$ ), and more efficient animals had a higher proportion of these cells ( $P < 0.05$ ) and a trend ( $P < 0.10$ ) to have a lower percentage of monocytes. This study provided evidence indicating associations between RFI and protein metabolism, as reflected by the serum albumin and creatinine. The hematological findings indicate that RFI is related to lambs' stress susceptibility and should provide a basis for further research in this regard.

Keywords: blood biochemistry, gross feed efficiency, hematology, metabolism, sheep

### 3.1 INTRODUÇÃO

A alimentação é comumente um dos itens mais caros em análises de custos na ovinocultura (BARROS et al., 2009). Dessa forma, a eficiência no aproveitamento desses alimentos para gerar produtos animais, como a carne, possui importante influência na rentabilidade dos sistemas de produção. Portanto, a possibilidade de identificação e seleção de animais com mesmo ganho e menor consumo se torna bastante atrativa. Além disso, melhor eficiência alimentar dos rebanhos representa importante papel na redução do impacto ambiental, uma vez que as áreas de pastagens necessárias para pecuária podem ser reduzidas e a produção de resíduos como esterco e metano diminui com o melhor aproveitamento da dieta (BASARAB et al., 2003).

A eficiência alimentar bruta (EA) pode ser interpretada como a eficácia de conversão do alimento ingerido em produtos, ou seja, trata-se da relação entre o ganho de peso (kg) e a quantidade de alimento ingerido (kg). Dentre outras medidas que surgiram ao longo dos anos para a avaliação da eficiência alimentar dos animais, o consumo alimentar residual (CAR), também chamado consumo alimentar líquido, foi proposto para bovinos de corte principalmente por não estar diretamente correlacionado com a taxa de ganho e o peso vivo, o que é importante porque esses fatores afetam os requerimentos nutricionais dos animais (ARTHUR et al., 2001).

O CAR é definido como a diferença entre o consumo alimentar observado ( $CMS_{obs}$ ) e o consumo alimentar estimado ( $CMS_{est}$ ) de um animal. O conceito proposto por KOCH et al. (1963) sugere que a ingestão de alimento deveria ser ajustada para o peso corporal e para a taxa de ganho de peso, e subdividida em dois componentes: a) o consumo previsto para determinado nível de produção; b) a porção residual, que corresponde à medida efetiva de eficiência (HERD e ARTHUR, 2009), ou seja, quanto mais negativa for a porção residual, maior a eficiência no aproveitamento do alimento pelo animal.

Devido aos elevados custos para a determinação precisa do consumo individual de alimento pelos ovinos e bovinos, que limitariam a adoção da eficiência alimentar como ferramenta de auxílio na seleção genética em larga escala (LANNA e ALMEIDA, 2004), a procura por parâmetros fisiológicos, tais como indicadores sanguíneos preditivos de CAR, torna-se útil como maneira de seleção prévia indireta

em grandes rebanhos. Somado a isso, existe o interesse em compreender melhor as possíveis variações fisiológicas que estejam envolvidas nas diferenças em eficiência no aproveitamento da dieta entre os indivíduos.

Para ovinos, são poucos os estudos sobre eficiência alimentar na perspectiva de CAR (KNOTT et al., 2010; REDDEN et al., 2011; RINCON-DELGADO et al., 2011). As inferências sobre o assunto são apoiadas principalmente em informações provenientes de outras espécies, sobretudo bovinos. Há relatos de que novilhos de distintas classes de eficiência pelo CAR apresentaram diferenças significativas nas concentrações dos metabólitos sanguíneos e alguns desses (tais como aspartato aminotransferase, creatinina e glicose) demonstraram correlações com o CAR (RICHARDSON et al., 2004). Nesse contexto, o perfil hematológico também tem sido estudado, pois está relacionado, entre outros fatores, ao estresse ao qual os animais são submetidos. De acordo com os autores supracitados, dentre os processos fisiológicos que regulam a variação no CAR entre indivíduos, 37% pode ser atribuído ao metabolismo tecidual e ao estresse.

Diante disso, objetivou-se estimar as correlações entre eficiência alimentar, representada pela eficiência alimentar bruta e pelo consumo alimentar residual, e parâmetros hematológicos e metabólicos sanguíneos de cordeiros Ile de France. Buscou-se ainda, investigar diferenças nos parâmetros sanguíneos em animais classificados de acordo com a eficiência pelo CAR.

### **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

A Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (CEUSCA-UFPR) concedeu parecer favorável à realização deste projeto (protocolo nº 010/2011). O experimento foi realizado entre os meses de agosto e novembro de 2010, no Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos (LAPOC-UFPR), situado na Fazenda Experimental do Canguiri, em Pinhais-PR, região metropolitana de Curitiba. Este estudo foi desenvolvido em aprisco suspenso de piso ripado com baias individuais de aproximadamente 1,0m x 2,2m, providas de cochos individuais para ração e bebedouros. Foram utilizados 20 cordeiros machos não-castrados da raça Ile de

France ( $115 \pm 8$  dias de idade,  $31,3 \pm 4,1$  kg de peso vivo inicial e  $51,8 \pm 4,2$  kg de peso vivo final), filhos de mesmo pai, provenientes da Fazenda Tangará em Reserva – PR, na qual eram mantidos em pastagem.

Após 17 dias de adaptação à dieta e ao manejo, os animais permaneceram confinados durante 65 dias para mensuração do consumo individual de matéria seca (MS). A alimentação foi fornecida *ad libitum* e ofertada três vezes ao dia, às 8:00, 13:00 e 17:00 h, na forma de ração total misturada (TABELA 2) com proporção volumoso:concentrado de 30:70. A quantidade individual de alimento era fornecida com base em ajustes diários de oferta, preconizando-se sobras de aproximadamente 10% do fornecido.

TABELA 2 - INGREDIENTES DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA FORNECIDA AOS CORDEIROS ILE DE FRANCE

Ingredientes	Inclusão (g/kg)
Feno moído de azevém	300,00
Calcário calcítico	11,90
Casquinha de soja	140,00
Farelo de soja 44%	116,90
Milho grão moído	408,10
Mistura mineral*	23,10
Monensina sódica	0,024

\*Ovinofós Núcleo Produção® - Tortuga Companhia Zootécnica Agrária. Níveis de garantia (por kg do produto) – P: 61 g; Ca: 267 g; S: 35 g; Co: 20 mg; Mn: 2000 mg; Cu: 350 mg; F: 610 mg; Se: 23 mg; Mg: 20 g; Cr: 60 mg; Mo: 500 mg; Zn: 6000 mg; Fe: 3000 mg; I: 80 mg.

FONTE: O autor (2011).

A composição bromatológica média da ração total (TABELA 3) foi obtida com amostragem diária e formação de amostras compostas semanais, que foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná. Os valores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela fórmula de WEISS et al. (1992), os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido foram determinados conforme descrito por VAN SOEST et al. (1991), enquanto os demais nutrientes foram determinados de acordo com as metodologias descritas por SILVA e QUEIROZ (2002). A dieta atingiu o valor mínimo de 2,4 Mcal EM/kg de MS estipulado para não limitar a ingestão em testes de consumo em bovinos, segundo a Beef Improvement Federation (BIF, 2010).

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA FORNECIDA AOS CORDEIROS ILE DE FRANCE

Item	%
Matéria seca	87,70
Proteína bruta	14,12
Extrato etéreo	2,87
Resíduo mineral	6,32
Fibra em detergente ácido	18,14
Fibra em detergente neutro	34,63
Nutrientes digestíveis totais	66,56
Cálcio	1,13
Fósforo	0,47

FONTE: O autor (2011)

As sobras de alimento foram pesadas e também amostradas diariamente pela manhã, permitindo-se a formação de amostras compostas semanais para determinação dos teores de MS, e posterior obtenção do  $CMS_{obs}$ , que foi calculado como a diferença entre a quantidade de ração oferecida e as sobras. O teor de MS médio das sobras ao longo do experimento foi de 76,2%.

Os animais foram everminados com dosagem seguindo as recomendações do fabricante (Cydectin<sup>®</sup>, Fort Dodge Saúde Animal LTDA) após 7 dias do início de adaptação. A partir do 13º dia de adaptação, a carga de parasitas gastrointestinais foi monitorada a cada 14 dias (dias experimentais 9, 23, 37, 51 e 65), por meio do exame de contagem de ovos e oocistos por grama de fezes (GORDON e WHITLOCK, 1939).

Durante o período experimental, foram realizadas seis pesagens (a cada 13 dias) após jejum de 12 horas e o ganho de peso médio diário (GMD) foi obtido por regressão linear dos pesos vivos (PV) individuais contra o tempo de experimento. A EA foi calculada como a razão entre o GMD e o  $CMS_{obs}$  e o CAR foi medido pela diferença entre o  $CMS_{obs}$  e o  $CMS_{est}$  (KOCH et al., 1963). O  $CMS_{est}$  foi calculado por regressão do  $CMS_{obs}$  em função do peso vivo metabólico médio ( $PV_{médio}^{0,75}$ ) e do GMD de cada animal durante o experimento, utilizando-se o programa estatístico R Development Core Team (2010), conforme a equação estimada ( $R^2 = 0,34$ ) para esse experimento:  $CMS_{est} = 0,09830 + 0,07470 * PV_{met} + 0,62617 * GMD$ . Após a determinação do CAR, os cordeiros foram divididos em classes de eficiência com base no CAR, em que os de valores mais negativos compuseram a classe dos mais eficientes ( $<0,5 * DP$  abaixo da média,  $n = 6$ ) e os de CAR mais positivos a classe dos menos eficientes ( $>0,5 * DP$  acima da média;  $n = 8$ ).

Na ocasião das duas últimas pesagens, foram coletadas duas amostras de sangue de cada animal (7:30 h), via punção da veia jugular com tubos a vácuo (Labor Import) e agulha de calibre 25X8, para realização de análises sanguíneas que ocorreram no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná.

As análises bioquímicas foram realizadas a partir do soro sanguíneo cujas amostras foram coletadas em tubo sem anticoagulante e permaneceram em descanso até coagulação completa, sendo posteriormente centrifugadas a 4000 rpm por 10 minutos. O soro obtido foi retirado e armazenado em microtubos, em freezer a -20°C de temperatura até o momento da análise. Foram determinadas, com uso de analisador bioquímico automático Mindray BS-200 e kits comerciais (Katal Biotecnológica), as concentrações dos seguintes metabólitos (com as respectivas metodologias utilizadas): albumina (método colorimétrico do verde de bromocresol), enzima aspartato aminotransferase (método cinético UV da aspartato aminotransferase), bilirrubina direta e bilirrubina total (método colorimétrico de Sims-Horn), creatinofosfoquinase (método cinético UV da creatinofosfoquinase), colesterol (método enzimático colorimétrico do COD-PAP), creatinina (método colorimétrico de Jaffé), gama-glutamil transferase (método cinético UV da gama-glutamil transferase), glicose (método enzimático colorimétrico da glicose), proteínas totais (método colorimétrico do biureto), triglicerídeos (método enzimático colorimétrico do GPO-PAP) e uréia (método enzimático colorimétrico da urease). Os valores da globulina sérica foram obtidos pela subtração dos valores de albumina séricas da proteína total e a relação albumina:globulina foi calculada dividindo-se o valor da fração albumina pelo valor da fração globulina de cada amostra analisada.

As análises dos componentes hematológicos foram conduzidas no plasma sanguíneo. As respectivas amostras foram coletadas em tubos a vácuo contendo anticoagulante (EDTA) e, após a colheita, foram preparadas lâminas com esfregaço sanguíneo para análise do leucograma. As células diferenciadas contabilizadas e expressas em porcentagem de leucócitos foram os eosinófilos, basófilos, monócitos, linfócitos e neutrófilos, permitindo posterior obtenção da relação neutrófilo/linfócito. Além disso, procedeu-se determinação do percentual de hematócrito pela técnica do microhematócrito (Farrand, 1976) e a contagem automatizada de eritrócitos, leucócitos totais e hemoglobina foi executada no auto analisador hematológico (BC 2800 Vet, Myndray). O volume globular médio foi obtido pela fórmula

VGM=(HematócritoX10)/Total de eritrócitos, a hemoglobina globular média pela fórmula HGM=(HemoglobinaX10)/Total de eritrócitos e a concentração média de hemoglobina pela fórmula CMH=(Hemoglobina/Hematócrito)X100, segundo Wintrobe (1933). A concentração de fibrinogênio foi analisada por estimativa, mediante precipitação por calor, em relação à concentração de proteína plasmática total determinada por refratometria (THOMAS, 2000).

As correlações entre CAR e as variáveis sanguíneas foram estimadas pela análise de correlação simples de Pearson, utilizando-se o procedimento analítico cor.test do programa estatístico R DEVELOPMENT CORE TEAM (2010). Os dados dos diferentes grupos de eficiência foram submetidos à análise de variância para verificar as diferenças pelo teste F a 5% de significância. Para examinar associações com o grau de infecção parasitária (avaliado pela contagem de ovos por grama de fezes), utilizou-se a correlação de Spearman, uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os animais consumiram em média  $1,53 \pm 0,16$  kg de ração (MS) por dia durante o período, equivalente a aproximadamente  $3,7 \pm 0,34\%$  do PV (TABELA 4). Esses valores estiveram próximos aos descritos pelo NRC (2007) para cordeiros nas faixas de peso e idade utilizadas no experimento.

TABELA 4 - MÉDIAS GERAIS, MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA O CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMSOBS), CONSUMO DE MATÉRIA SECA EM FUNÇÃO DO PESO VIVO (CMS %PV), GANHO MÉDIO DIÁRIO (GMD), EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA) E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) DE CORDEIROS COM

Variáveis	Médias	CAR (classes)				P
		Alto (n = 8)	DP	Baixo (n = 6)	DP	
CMS <sub>obs</sub> (kg/dia)	1,527	1,633 a	0,120	1,422 b	0,169	0,02
CMS (%PV)	3,69	3,94 a	0,12	3,31 b	0,360	0,01
GMD (kg/dia)	0,332	0,335	0,040	0,329	0,031	0,76
EA	0,219	0,206	0,026	0,235	0,040	0,10
CAR (kg/dia)	0,000	0,103 a	0,011	-0,137 b	0,148	0,01

Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

FONTE: O autor (2011).

Os valores mínimo e máximo de CAR foram, respectivamente, -0,426 kg de MS/dia e 0,149 kg de MS/dia, ou seja, o animal menos eficiente consumiu aproximadamente 0,575 kg de MS/dia de alimento a mais que o mais eficiente, evidenciando a existência de grande variação no consumo entre indivíduos, o que também pode ser observado pelo desvio padrão do CAR, que foi de 0,129 kg de MS/dia. Entre as classes de CAR (TABELA 4), essa diferença foi em média, de 0,240 kg de MS/dia ( $P < 0,01$ ). Os animais mais eficientes pelo CAR apresentaram tendência em ser também mais eficientes por EA ( $P = 0,10$ ), tiveram menor  $CMS_{obs}$  ( $P = 0,02$ ) e menor CMS em percentual do PV ( $P < 0,01$ ), com similar GMD ( $P > 0,10$ ) no período. Devido à considerável variação na eficiência dos cordeiros, e ao menor consumo de alimento pelos animais mais eficientes, o CAR pode se tornar ferramenta importante para aumentar a rentabilidade na produção. FRANÇOIS et al. (2002) e SNOWDER e VAN VLECK (2003) relataram herdabilidades moderadas de, respectivamente, 0,30 e 0,26 para esta característica em ovinos, o que indica a possibilidade de resposta à seleção individual. Entretanto, primeiramente é essencial que se conheça os possíveis efeitos do uso do CAR como critério de seleção em ovinos.

Em relação aos constituintes do perfil sanguíneo, ambos os parâmetros bilirrubina direta e basófilos (expresso em porcentagem dos leucócitos) tiveram valores iguais a zero em todas as amostras de sangue dos cordeiros. A concentração sérica de albumina se mostrou significativamente correlacionada com o CAR ( $P < 0,01$ ) e com a EA ( $P < 0,01$ ) dos animais experimentais, com coeficientes de correlação de 0,74 e -0,70, respectivamente (TABELA 5). A albumina é a proteína mais abundante no sangue e corresponde de 50% a 65% das proteínas totais (CONTRERAS et al., 2000), sendo importante constituinte do metabolismo e indicador do estado nutricional protéico. Além da correlação moderada entre CAR e este parâmetro sanguíneo, foi detectada diferença estatística ( $P = 0,04$ ) entre as classes de eficiência (TABELA 5) nos níveis séricos de albumina, em que os animais mais eficientes tiveram concentrações mais baixas. A ocorrência de relações entre CAR e essa variável metabólica pode estar ligada ao maior CMS pelos animais menos eficientes, como descrito por CONNELL et al. (1997), que afirmaram que os níveis séricos de albumina estão intimamente ligados ao nível de ingestão de alimento e ao suprimento de nutrientes.

TABELA 5 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DOS CONSTITUINTES BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA), E AS MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS COM ALTO OU BAIXO CAR

Variáveis	Correlações		CAR (classes)				P
	$r_{CAR}$	$r_{EA}$	Alto (n = 8)	DP	Baixo (n = 6)	DP	
Albumina (g/dL)	0,74**	-0,70**	3,62 a	0,09	3,51 b	0,09	0,04
AST (U/L)	0,03	-0,22	93,04	12,24	89,40	9,60	0,56
Bilirrubina total (mg/dL)	-0,25	0,14	0,38	0,07	0,41	0,06	0,37
CK (U/L)	0,17	-0,27	170,79	36,88	166,60	48,59	0,86
Colesterol (mg/dL)	0,09	-0,22	53,36	6,28	53,46	5,33	0,97
Creatinina (mg/dL)	-0,45*	0,24	0,74 b	0,07	0,86 a	0,05	0,01
GGT (U/L)	0,04	-0,01	52,36	11,55	52,15	4,48	0,98
Glucose (mg/dL)	0,05	0,35	81,91	3,65	81,68	4,28	0,92
Globulina (g/dL)	0,06	-0,22	2,62	0,30	2,45	0,19	0,26
Proteína total (g/dL)	0,30	-0,42	6,24	0,32	5,96	0,17	0,07
A:G	0,14	0,02	1,40	0,16	1,44	0,13	0,62
Triglicerídeos (mg/dL)	0,13	0,05	19,14	2,71	18,92	3,02	0,90
Uréia (mg/dL)	-0,27	0,15	45,34	6,67	47,64	5,24	0,51

AST = Aspartato aminotransferase; CK = Creatinofosfoquinase; GGT = Gama-glutamil transferase; A:G = Albumina:globulina; \*P<0,05 e \*\*P<0,01; Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste F (P<0,05).

FONTE: O autor (2011).

Houve correlação negativa significativa (P<0,05) entre o CAR e a concentração média de creatinina sérica ( $r_{CAR} = -0,45$ ) e a comparação dos dois grupos de eficiência demonstrou diferenças estatísticas para esta variável (P<0,01). Similarmente ao ocorrido no presente estudo, bovinos Nelore mais eficientes apresentaram maior concentração de creatinina no soro (SANTANA, 2009). A variável creatinina constitui importante indicador do metabolismo protéico em ruminantes. Esta foi descrita como negativamente correlacionada com a espessura de gordura em ovinos (CLARKE et al., 1996) e tem sido referida como positivamente correlacionada com a quantidade de massa muscular (CAMERON, 1992; CALDEIRA et al., 2007). Nesse contexto, sugere-se que a seleção de animais pela eficiência com base no CAR pode resultar em maiores concentrações de creatinina no sangue e, concomitantemente, promover alterações na composição corporal, com menor deposição de gordura na carcaça e maior proporção de massa muscular,

semelhante ao constatado em bovinos por RICHARDSON et al. (2001). Dessa forma, ressalta-se a importância de maiores estudos nesse sentido em ovinos, como têm sido desenvolvidos em bovinos (RICHARDSON et al., 2001; LANCASTER et al., 2009; KELLY et al., 2010; SCHAFFER et al., 2011), para avaliar possíveis mudanças na composição corporal dos animais.

RICHARDSON et al. (2004) estimaram igual correlação negativa ( $r_{CAR} = -0,45$ ) entre CAR e creatinina para novilhos de corte e também correlações positivas importantes entre o CAR e o nível de glicose sanguínea ( $r_{CAR} = 0,40$ ) e da enzima AST ( $r_{CAR} = 0,43$ ). Todavia, neste trabalho, com exceção da albumina e da creatinina, os componentes do perfil metabólico sanguíneo não demonstraram correlações significativas com o CAR e com a EA, e em relação aos demais metabólitos, as classes de eficiência foram similares no perfil bioquímico sanguíneo (TABELA 5), ao contrário do que foi descrito por RINCON-DELGADO et al. (2011) que encontraram ovelhas e carneiros mais eficientes exibindo maiores níveis de glicose.

Os cordeiros de CAR alto apresentaram tendência em ter maior concentração de proteínas plasmáticas totais que os de CAR baixo ( $P=0,08$ ). Em bovinos, animais de alto CAR tiveram maiores níveis de proteínas plasmáticas totais (RICHARDSON et al., 2004), corroborando a tendência encontrada neste estudo.

Não houve correlação significativa entre EA e os componentes hematológicos estudados (TABELA 6) e, semelhantemente, o CAR não se mostrou correlacionado com esses parâmetros sanguíneos, exceto a porcentagem de eosinófilos ( $P<0,01$ ) que apresentou moderada correlação negativa ( $r_{CAR} = -0,65$ ). Da mesma maneira, as classes de CAR diferiram apenas para esta variável, com animais mais eficientes apresentando maior proporção de eosinófilos na contagem diferencial de leucócitos ( $P<0,01$ ). O percentual de monócitos apresentou tendência à significância e os cordeiros de CAR alto tiveram maior proporção destas células do que os de CAR baixo ( $P<0,10$ ).

TABELA 6 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DOS CONSTITUINTES HEMATOLÓGICOS E DA CONCENTRAÇÃO DE FIBRINOGENIO COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA), E AS MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS CO

Variáveis	Correlações		CAR (Classes)				
	r <sub>CAR</sub>	r <sub>EA</sub>	Alto (n = 8)	DP	Baixo (n = 6)	DP	P
CMH (%)	0,11	-0,03	30,07	0,80	29,05	1,40	0,11
Eritrócitos (10 <sup>6</sup> /uL)	0,06	-0,15	11,75	0,76	11,43	1,49	0,61
Hematócrito (%)	-0,04	-0,33	35,81	0,75	35,92	2,27	0,90
HGM (pg)	0,03	-0,12	9,20	0,68	9,18	0,55	0,95
Hemoglobina (g/dL)	0,12	-0,36	10,77	0,31	10,43	0,80	0,30
VGM (fL)	-0,04	-0,09	30,61	2,36	31,70	2,86	0,45
Leucócitos (10 <sup>3</sup> /uL)	0,18	-0,02	9,14	1,50	8,13	1,87	0,28
Linfócitos (%)	0,17	-0,30	52,19	7,54	50,25	9,33	0,67
Eosinófilos (%)	-0,65**	0,27	2,75 b	1,16	6,08 a	2,03	0,01
Monócitos (%)	0,33	-0,48	5,63	4,69	2,25	0,76	0,09
Neutrófilos (%)	-0,14	0,41	39,44	8,07	41,42	9,41	0,67
N:L	-0,17	0,39	0,78	0,24	0,88	0,37	0,56
Fibrinogênio (g/dL)	0,09	-0,26	0,23	0,09	0,30	0,17	0,29

CMH = Concentração média de hemoglobina; HGM = Hemoglobina globular média; VGM = Volume globular médio; N:L = Neutrófilos:Linfócitos; \*P<0,05 e \*\*P<0,01; Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste F (P<0,05).

FONTE: O autor (2011).

RINCON-DELGADO et al. (2011) relataram menores valores de eritrócitos totais e leucócitos totais, bem como maior volume globular médio e hemoglobina globular média para carneiros mais eficientes. Esses autores descreveram também maiores valores de hemoglobina globular média para ovelhas da raça Rambouillet mais eficientes comparado às menos eficientes. Entretanto, esse comportamento não foi observado para cordeiros no presente estudo.

Os resultados disponíveis na literatura indicam que bovinos de CAR alto são mais suscetíveis a condições de estresse (RICHARDSON et al., 2002). De acordo com RICHARDSON e HERD (2004), o estresse provoca liberação de glicocorticóides em bovinos, o que leva a alterações no padrão de células brancas do sangue, e KNOTT et al. (2010) relataram maior concentração sérica de cortisol em carneiros menos eficientes. A elevação na produção de cortisol, resultante de estresse agudo, pode acarretar neutrofilia, linfopenia, monocitose e eosinopenia

(JAIN, 1993). Assim sendo, a presença de menor quantidade de eosinófilos no sangue dos cordeiros menos eficientes e a tendência apresentada em relação à porcentagem de monócitos podem constituir alguns dos indicadores típicos do leucograma de estresse em ruminantes (JONES e ALISON, 2007).

Alterações dessa natureza no leucograma de ovinos são frequentemente associadas às parasitoses. Entretanto, o percentual de eosinófilos não esteve correlacionado ( $n = 20$ ,  $P > 0,10$ ) com o grau de infecção parasitária dos cordeiros em nenhuma das avaliações e nem com os valores médios de OPG. Como pode ser visto na FIGURA 1, os cordeiros possuíam uma carga parasitária oriunda do sistema de produção em pastagem no período pré-experimental que, como já era esperado devido à aplicação de vermífugo e às boas condições de higiene e manejo no confinamento, reduziu-se consideravelmente ao longo do tempo.

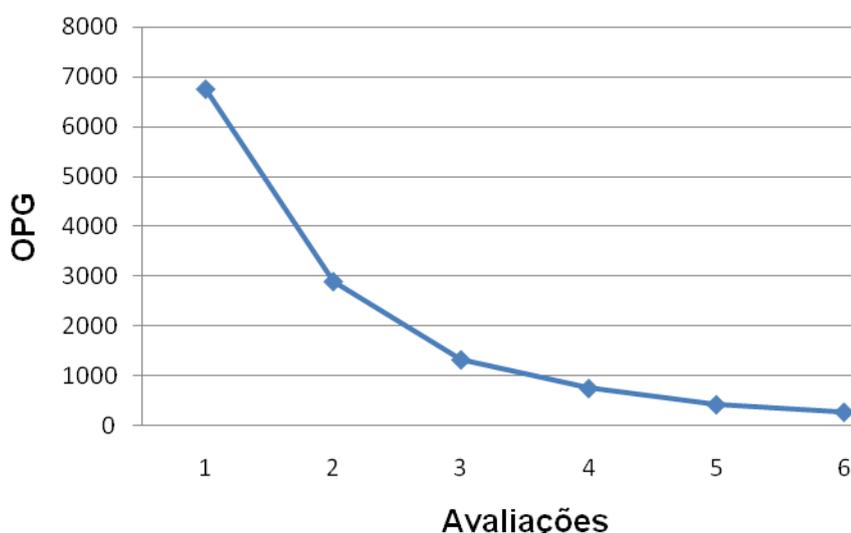


FIGURA 1 - OSCILAÇÃO DAS MÉDIAS DE OVOS POR GRAMA DE FEZES (OPG) DOS CORDEIROS NO DECORRER DO PERÍODO EXPERIMENTAL (AVALIAÇÕES REALIZADAS NOS DIAS 12 DE ADAPTAÇÃO E 9, 23, 37, 51 E 65 EXPERIMENTAIS).  
FONTE: O AUTOR (2011).

Esses resultados demonstram a necessidade de estudos adicionais para confirmar a porcentagem de eosinófilos como potencial indicador de eficiência alimentar e, especialmente, para verificar a ocorrência de efeitos adicionais e complementares relacionados ao estresse e às diferenças no CAR desses animais.

### 3.4 CONCLUSÕES

Os cordeiros de CAR baixo tiveram GMD semelhantes e consumiram menos alimento que os cordeiros de CAR alto, o que mostra que esta característica pode ser usada como ferramenta para identificação de cordeiros mais eficientes em confinamento.

Este estudo forneceu evidências de associações entre o CAR e o metabolismo protéico de cordeiros, refletido pelos níveis séricos de albumina e creatinina. Os resultados hematológicos sugerem a relação do CAR com a susceptibilidade ao estresse e servirão de base para pesquisas futuras, buscando caracterizar melhor a relação entre tais fatores bem como identificar outros indicadores fisiológicos que possam ser preditivos de CAR em ovinos.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2805-2811, 2001.

BARROS, C.S.; MONTEIRO, A.L.G.; POLI, C.H.E.C.P.; DITTRICH, J.R.; CANZIANI, J.R.F.; FERNANDES, M.A.M. Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2270-2279, 2009.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 189–204, 2003.

BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Guidelines for uniform beef improvement programs**. Raleigh: U.S. Department of Agriculture, North Carolina State University, 2010.

CALDEIRA, R.M.; BELO, A.T.; SANTOS, C.C.; VAZQUES, M.I.; PORTUGAL, A.V. The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 233-241, 2007.

CAMERON, N. D. Correlated physiological responses to selection for carcass lean content in sheep. **Livestock Production Science**, v. 30, p. 53–68, 1992.

CLARKE, J.N.; BINNIE, D.B.; DOBBIE, J.L.; JONES, K.R.; MOWAT, C.M.; PURCHAS, R.W.; ULJEE, A.E. Repeatabilities of blood plasma metabolites and their associations with leanness in genotypes showing a wide divergence in carcass composition. In: NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 1996, Nova Zelândia. **Proceedings ...** New Zealand: NZSAP, 1996, v. 6, p. 180-183.

CONNELL, A; CALDER, A.G.; ANDERSON, S.E.; LOBLEY, G.E. Hepatic protein synthesis in the sheep: effect of intake as monitored by use of stable-isotope-labelled glycine, leucine and phenylalanine. **The British Journal of Nutrition**, v. 77, p. 255-271, 1997.

CONTRERAS, P.A.; WITTEWER, F.; BÖHMWALD, H. Uso dos Perfis Metabólicos no Monitoramento Nutricional dos Ovinos. In: PERFIL METABÓLICO EM

RUMINANTES: SEU USO EM NUTRIÇÃO E DOENÇAS NUTRICIONAIS, 2000, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, 2000, p. 75-88.

FARRAND, L.L., The microhematocrit: technique and applications. **The Nurse practitioner**. v. 1, p. 19-20, 1976.

FRANÇOIS, D.; BIBE, D.; BRUNEL, J.B.; WEISBECKER, J.L.; RICARD, E. Genetic parameters of feeding traits in meat sheep. In. **WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION**, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings ...** Montpellier: WCGALP, 2002, p.233-236.

GORDON, H.M.; WHITLOCK, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of the Council of Scientific and Industrial Research**, v. 12, p. 50-52, 1939.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. A Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 64-71, 2009.

JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: LEA & FEBIGER, 1993.

JONES, M.L.; ALISON, R.W.; Evaluation of the Ruminant Complete Blood Cell Count. **The Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice**, v. 3, p. 377-402, 2007.

KELLY, A.K., MCGEE, M., CREWS JR., D.H., FAHEY, A.G., WYLIE, A.R., KENNY, D.A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 109-123, 2010.

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.

KNOTT, S.A., CUMMIINS, L.J., DUNSHEA, F.R., LEURY, B.J. Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domestic Animal Endocrinol.** v. 39, p. 137-146, 2010.

LANCASTER, P.A., CARSTENS, G.E., CREWS JR., D.H., WELSH JR., T.H., FORBES, T.D.A., FORREST, D.W., TEDESCHI, L.O., RANDEL, R.D., et al.

Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science** v. 87, p. 3887-3896, 2009.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 248-259.

NRC, **National Research Council**. Nutrients requirements of sheep. Washington: National Academies Press, p.362, 2007.

R Development Core Team (2010). **R: A language and environment for statistical computing** . R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>

REDDEN, R.R., SURBER, L.M.M., ROEDER, B.L., NICHOLS, B.M., PATERSON, J.A.; KOTT, R.W. Residual feed efficiency established in a post-weaning growth test may not result in more efficient ewes on the range. **Small Ruminant Research**, v. 96, p. 155-159, 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**, Collingwood, v. 44, p. 431-440, 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER J.A.; ARTHUR, P.F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 441-452, 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; COLDITZ, I.G.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, p. 901–908, 2002.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1065–1072, 2001.

RINCON, R.M.D.; GUTIERREZ H.B.; PEREZ, E.D.V.; MURO, A.R.; DIAZ, L.H.G.; BANUELOS, R.V.; GUTIERREZ, F.J.P.; MEDINA, C.A.F.; et al. Relationship of

Residual Feed Intake on Specific Hematological and Biochemical Parameters in Rambouillet Sheep. **Agricultural Journal**, v. 6, p. 87-91, 2011.

SANTANA, M.H.A. **Relação do consumo alimentar residual e conversão alimentar com características de carcaça, perfil metabólico e sanguíneo de touros da raça nelore**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

SCHAFFER, K.S., TURK, P., WAGNER, W.R., FELTON, E.E.D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 1028-1034, 2011.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.235, 2002.

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, p. 2704-2713, 2003.

THOMAS, J.S., Overview of plasma proteins. In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. (Eds.), **Schalm's Veterinary Hematology**. 5th. ed. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2000, p. 891-898.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, p. 95-110, 1992.

WINTROBE M.M.. Variations in the size and hemoglobin content of eritrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, v. 54, p. 32-59, 1933.

#### 4 O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA E CARACTERÍSTICAS *IN VIVO* DA CARÇA DE CORDEIROS

##### RESUMO

Avaliou-se o consumo alimentar residual (CAR) e a conversão alimentar (CA) de 20 cordeiros da raça Ile de France com o objetivo de estimar as correlações entre essas variáveis com medidas de desempenho animal e com características *in vivo* da carcaça. Os animais experimentais apresentavam  $115 \pm 8$  dias de idade e  $31.3 \pm 4.1$  kg de peso vivo inicial (PVI), tiveram o consumo de MS (CMS) mensurado ao longo de 65 dias e foram pesados a cada 13 dias para obtenção do ganho médio diário (GMD). As seguintes medidas de desempenho e eficiência dos cordeiros foram consideradas: PVI, peso vivo final (PVF), GMD, taxa de crescimento relativo ( $TCR=100X[\log PF-\log PI]/n^o$  de dias em experimento), taxa de Kleiber ( $TK=GMD/PV^{0,75}$ ), conversão alimentar ( $CA=CMS/GMD$ ), CMS e CMS em percentual do PV (CMSPV). As avaliações de carcaça foram realizadas por ultrassom e as medidas obtidas foram: área de olho de lombo, profundidade do músculo *Longissimus* e espessura de gordura subcutânea entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas, bem como os ganhos dessas características ao longo do tempo. Correlações simples de Pearson foram estimadas e os dados das classes de eficiência (CAR alto:  $>0,5*DP$  acima da média,  $n=8$ ; e CAR baixo:  $<0,5*DP$  abaixo da média,  $n=6$ ) foram comparados pelo teste F a 5% de significância. O CAR se mostrou positivamente correlacionado ( $P<0,01$ ) com o CMS (0,81), CMSPV (0,90) e com a CA (0,63). As demais variáveis de desempenho e eficiência não se mostraram correlacionadas com o CAR ( $P>0,05$ ) e animais de alto e baixo CAR apresentaram similaridade nestes itens. Coeficientes de correlação significativos e negativos foram encontrados entre CA e GMD; CA e TCR; e CA e TK ( $r = -0,63$ ,  $r = -0,74$  e  $r = -0,75$ , respectivamente), enquanto que entre CA e PVI foi positivo ( $r = 0,51$ ). O CAR e a CA não se mostraram correlacionados ( $P>0,05$ ) com nenhuma das características de carcaça avaliadas por ultrassom e, da mesma forma, não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre as classes de eficiência alimentar pelo CAR para as variáveis analisadas. O CAR se mostrou ferramenta útil como medida de eficiência alimentar para cordeiros em confinamento, sem existência de relações com o ganho de peso e o tamanho corporal dos animais. Ainda, o CAR de cordeiros não apresentou associações com alterações na composição corporal, refletidas pelas características estudadas *in vivo* na carcaça.

Palavras-chave: deposição de gordura, eficiência alimentar, ovinos, ultrassonografia

## THE RESIDUAL FEED INTAKE AND ITS RELATIONSHIP WITH PERFORMANCE AND EFFICIENCY MEASURES AND *IN VIVO* CARCASS CHARACTERISTICS OF LAMBS

### ABSTRACT

It was evaluated the residual feed intake (RFI) and the feed conversion ratio of 20 Ile de France lambs in order to estimate the correlations between these traits with performance measures and with *in vivo* carcass characteristics. The experimental animals had  $115 \pm 8$  days of age and  $31.3 \pm 4.1$  kg of initial body weight (IBW), their dry matter intake (DMI) was measured over 65 days and they were weighed every 13 days to determine the average daily weight gain (ADG). The following performance and efficiency traits were considered: IBW, final body weight (FBW), ADG, relative growth rate ( $RGR = [\log FBW - \log IBW] / n^0$  of feeding days), Kleiber ratio ( $KR = ADG / BW^{0.75}$ ), feed conversion ratio ( $FCR = DMI / ADG$ ), DMI and DMI in BW percentual (BWDMI). The carcass evaluation were performed by ultrasound and measurements were: rib eye area, *Longissimus* muscle depth and fat thickness between the 12th and 13th ribs as well as the gains of these characteristics throughout time. Simple Pearson correlations were estimated and the data of the efficiency classes (high-RFI:  $> 0.5 * SD$  above the mean,  $n = 8$ , and low-RFI:  $< 0.5 * SD$  below the mean,  $n = 6$ ) were compared by F test with the 5% significance level. The RFI was positively correlated ( $P < 0,01$ ) with the DMI (0,81), BWDMI (0,90) and with FCR (0,63). The others performance and efficiency variables did not show correlations with RFI and high and low RFI animals showed similarity in these items. Negative and significant correlation coefficients were found between FCR and ADG; FCR and RGR; and FCR and KR ( $r = -0,63$ ,  $r = -0,74$  e  $r = -0,75$ , respectively), while among FCR and IBW was positively ( $r = 0,51$ ). The RFI and the FCR were not correlated ( $P > 0,05$ ) with any of the carcass traits and, similarly, there was no difference ( $P > 0.05$ ) between the RFI-classes for the variables analyzed. The RFI proved effective as a measure of feed efficiency for housed lambs without the existence of relations with weight gain and body size of animals. Still, the RFI of lambs did not show associations with changes in body composition, reflected by the characteristics studied *in vivo* in the carcass.

Keywords: fat deposition, feed efficiency, sheep, ultrasonography

## 4.1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura tem se consolidado cada vez mais no cenário da pecuária mundial. Segundo dados da FAO (2009), o rebanho efetivo de ovinos já ultrapassa a faixa de 1 bilhão de indivíduos e o interesse por essa atividade é visivelmente crescente. Dessa maneira, torna-se imperiosa a busca pela identificação e seleção de animais que utilizem mais eficientemente o alimento que lhes é fornecido, uma vez que o melhor aproveitamento da dieta acarreta importantes benefícios de ordem ambiental (MURO-REYES et al., 2011) e resulta em menos gastos com alimentação (ARTHUR e HERD, 2008).

O consumo alimentar residual (CAR) é uma medida para mensuração da eficiência alimentar dos animais e é definido como a diferença entre o consumo de matéria seca observado ( $CMS_{obs}$ ) e o consumo estimado ( $CMS_{est}$ ), conforme proposto por KOCH et al. (1963). Um valor mais positivo de CAR denota que o animal apresenta consumo observado maior do que o esperado para determinado nível de produção, ou seja, é menos eficiente. Em contrapartida, quanto menor o valor do CAR significa que mais representativa é a diferença entre o consumo predito e o observado de um animal, portanto, esse aproveita mais eficientemente o alimento para ganho de peso.

A importância do CAR como ferramenta para identificação e seleção de animais de produção mais eficientes tem sido destacada por diversos autores, principalmente pelo fato da ausência de relações desta característica com medidas de crescimento, tais como o peso vivo e a taxa de ganho do animal (ARTHUR et al., 2001a; HERD et al., 2003; SCHENKEL et al., 2004). Todavia, de acordo com revisão realizada por LANNA e ALMEIDA (2004) para bovinos de corte, diversos autores estimaram correlação positiva entre CAR e deposição de gordura subcutânea. Com isso, a seleção pelo CAR poderia ocasionar redução na deposição de gordura, o que prejudicaria o acabamento e qualidade final das carcaças.

Ressalta-se que a grande maioria dos trabalhos disponíveis na literatura foram realizados com bovinos, sendo ainda escassos os resultados publicados para a espécie ovina. Assim sendo, o objetivo com a realização deste trabalho foi verificar as relações entre CAR, medidas de desempenho animal e avaliações realizadas na carcaça por ultrassonografia em cordeiros da raça Ile de France. Também, buscou-

se avaliar as diferenças relacionadas a essas características em animais classificados com base no CAR (alto ou baixo)

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos da Universidade Federal do Paraná (LAPOC-UFPR), situado na Fazenda Experimental do Canguiri, em Pinhais-PR, região metropolitana de Curitiba, entre os meses de setembro/2010 e novembro/2010, com aprovação (protocolo nº 010/2011) da Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (CEUSCA-UFPR).

Após 17 dias de adaptação ao manejo e à alimentação, 20 cordeiros machos da raça Ile de France com  $115 \pm 8$  dias de idade e  $31,3 \pm 4,1$  kg de peso vivo inicial (PVI), filhos de mesmo pai, procedentes da Fazenda Tangará em Reserva – PR, na qual eram mantidos em pastagem, foram mantidos confinados durante 65 dias em baias individuais para determinação do consumo individual de alimento. As baias possuíam dimensões de aproximadamente 1,0m x 2,2m e continham cochos individuais para ração e bebedouros.

A alimentação foi fornecida *ad libitum*, na forma de ração total misturada (TABELA 7) com a proporção volumoso concentrado de 30:70, sendo ofertada três vezes ao dia às 8:00, 13:00 e 17:00 h. O arraçoamento diário era feito mantendo-se porcentagem de sobras de 10% do fornecido. A composição bromatológica média da ração (TABELA 7) foi obtida com a formação de amostras compostas semanais analisadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR, conforme SILVA e QUEIROZ (2002) e, para os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido, segundo VAN SOEST et al. (1991). Os valores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela fórmula de WEISS et al. (1992). A dieta atingiu o valor mínimo de 2,4 Mcal EM/kg de MS recomendado para não limitar a ingestão em testes de consumo em bovinos, segundo a Beef Improvement Federation (BIF, 2010).

Diariamente, as sobras de alimento eram retiradas dos cochos, pesadas e também amostradas, permitindo-se a formação de amostras compostas semanais para determinação do teor de MS das sobras, que foi em média de 76,2% no período.

Para obtenção do ganho de peso médio diário (GMD), que foi calculado por regressão linear entre o tempo de experimento e os pesos vivos (PV) individuais, foram realizadas pesagens a cada 13 dias, em condição de jejum de 12 horas. A primeira pesagem pós-adaptação ao confinamento individual foi representativa do PVI e a última, aos 65 dias de experimento, representativa do peso vivo final (PVF).

TABELA 7 - INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA FORNECIDA AOS CORDEIROS

Ingredientes	Inclusão (g/kg)
Feno moído de azevém	300,00
Calcário calcítico	11,90
Casquinha de soja	140,00
Farelo de soja 44%	116,90
Milho grão moído	408,10
Mistura mineral*	23,10
Monensina sódica	0,024
Composição química	% (MS)
Matéria seca	87,70
Proteína bruta	14,12
Extrato etéreo	2,87
Resíduo mineral	6,32
Fibra em detergente ácido	18,14
Fibra em detergente neutro	34,63
Nutrientes digestíveis totais	66,56
Cálcio	1,13
Fósforo	0,47

\*Ovinofós Núcleo Produção® - Tortuga Companhia Zootécnica Agrária. Níveis de garantia (por kg do produto) – P: 61 g; Ca: 267 g; S: 35 g; Co: 20 mg; Mn: 2000 mg; Cu: 350 mg; F: 610 mg; Se: 23 mg; Mg: 20 g; Cr: 60 mg; Mo: 500 mg; Zn: 6000 mg; Fe: 3000 mg; I: 80 mg.

FONTE: O autor (2011).

O  $CMS_{obs}$  foi obtido pela média da subtração da quantidade de alimento diário fornecido pela quantidade de sobras diárias (ambos ajustados para MS). O  $CMS_{est}$  foi modelado com auxílio do programa estatístico R (2010), por regressão do  $CMS_{obs}$  em função do PV metabólico ( $PV_{met}^{0,75}$ ) e do GMD de cada animal durante o período, conforme a equação ( $R^2 = 0,34$ ):  $CMS_{est} = 0,09830 + 0,07470 * PV_{met} +$

0,62617\*GMD. Utilizando a metodologia proposta por KOCH et al. (1963), o CAR de cada animal foi obtido da diferença do  $CMS_{obs}$  pelo  $CMS_{est}$ .

A conversão alimentar foi calculada como a relação direta do  $CMS_{obs}$  diário pelo GMD, enquanto a taxa de crescimento relativa foi obtida pela fórmula  $TCR=100*(\log PVF-\log PVI)/n^o$  de dias em experimento, de acordo com FITZHUGH e TAYLOR (1971). Para a taxa de Kleiber, considerou-se a divisão do GMD pelo PV metabólico (KLEIBER, 1947).

Nos dias 32 e 65 do período experimental foram feitas avaliações de carcaça por meio de imagens de ultrassom (Aloka Prosound 2®) com determinação das seguintes características: área de olho de lombo, profundidade do músculo *Longissimus* e espessura de gordura subcutânea entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas. Também foram avaliados os ganhos dessas características no decorrer do tempo, subtraindo os valores da primeira avaliação dos valores da segunda avaliação.

Para efeito de comparação, estabeleceram-se duas classes de eficiência entre os animais, baseadas no CAR: os menos eficientes (CAR alto: 0,5\*DP acima da média, totalizando 8 animais) e os mais eficientes (CAR baixo: 0,5\*DP abaixo da média, totalizando 6 animais).

Foram estimadas as correlações simples de Pearson utilizando-se o procedimento analítico cor.test do programa estatístico R DEVELOPMENT CORE TEAM (2010) e os dados das diferentes classes de eficiência foram submetidos à análise de variância para verificar as diferenças pelo teste F a 5% de significância.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CAR se mostrou positivamente correlacionado ( $P<0,01$ ) com o  $CMS_{obs}$ , CMS (%PV) e com a CA (TABELA 8). Semelhantemente, SNOWDER e VAN VLECK (2003) estimaram correlação de 0,64 entre CAR e o consumo de MS enquanto KNOTT et al. (2010), REDDEN et al. (2011) e MURO-REYES et al. (2011) encontraram coeficientes de, respectivamente, 0,68, 0,77 e 0,58 também para ovinos. Esses mesmos autores não encontraram correlações significativas entre CAR e GMD, corroborando os resultados aqui apresentados. O  $CMS_{obs}$  também apresentou correlação com a CA ( $r_{CA} = 0,61$ ).

O sentido e a dimensão dessas correlações confirmam a capacidade do CAR para identificação de animais mais eficientes, o que pode ser visto também pelas diferenças mostradas entre as classes, em que o grupo dos mais eficientes (CAR baixo) apresentou menor ( $P < 0,05$ ) ingestão de alimento, tanto no consumo total (0,211 kg de MS/dia a menos ou 12,92% inferior) quanto em % do PV, para mesma faixa de ganho de peso ( $P > 0,05$ ). Entre as classes, houve diferença no CAR de 0,240 kg de MS/dia ( $P < 0,01$ ).

TABELA 8 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS MEDIDAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), E MÉDIAS  $\pm$  DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS COM ALTO OU BAIXO CAR

Variáveis	Correlações		CAR (classes)		P
	$r_{CAR}$	$r_{CA}$	Alto (n=8)	Baixo (n=6)	
CMS <sub>obs</sub>	0,81**	0,61**	1,633 $\pm$ 0,120 a	1,422 $\pm$ 0,169 b	0,02
CMS (%PV)	0,90**	0,33	3,94 $\pm$ 0,12 a	3,31 $\pm$ 0,36 b	0,01
GMD (kg/dia)	0,00	-0,63**	0,335 $\pm$ 0,040	0,329 $\pm$ 0,031	0,76
PVI	0,01	0,51**	31,250 $\pm$ 4,314	32,833 $\pm$ 4,271	0,51
PVF	-0,01	0,15	51,844 $\pm$ 4,245	53,208 $\pm$ 3,706	0,54
PM	-0,00	0,34	16,352 $\pm$ 1,210	16,787 $\pm$ 1,141	0,51
CA	0,63**	-	4,935 $\pm$ 0,696	4,359 $\pm$ 0,702	0,15
TCR	-0,03	-0,74**	0,342 $\pm$ 0,054	0,326 $\pm$ 0,047	0,56
TK	0,02	-0,75**	0,021 $\pm$ 0,003	0,020 $\pm$ 0,002	0,41
CAR	-	0,63**	0,133 $\pm$ 0,011 a	-0,137 $\pm$ 0,148 b	0,01

CMS<sub>obs</sub> = Consumo de MS observado (kg de MS/dia); GMD = ganho médio diário; PVI = peso vivo inicial; PVF = peso vivo final; PM = peso metabólico médio; CA = conversão alimentar; TCR = taxa de crescimento relativo; TK = taxa de Kleiber; \* $P < 0,05$  e \*\* $P < 0,01$ ; Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

FONTE: O autor (2011).

O coeficiente de correlação entre CAR e CA foi significativo ( $r = 0,63$ ,  $P < 0,01$ ) e maior que os descritos por ARTHUR et al. (2001a), LANCASTER et al. (2009) e KELLY et al. (2010) para bovinos em crescimento de 0,53, 0,59 e 0,46, respectivamente, porém inferior ao estimado para cordeiros ( $r_{CAR} = 0,73$ ) por KNOTT et al. (2010). Seria importante verificar a existência de correlação genética de mesmo sentido entre tais parâmetros para ovinos, assim como encontrado em bovinos (LANCASTER et al., 2009), pois dessa forma uma seleção para CAR melhoraria também a conversão alimentar dos animais. Apesar da correlação

moderada entre CAR e CA no presente estudo, não houve diferença entre as classes de eficiência para este último componente.

As demais variáveis de desempenho e eficiência não se mostraram correlacionadas com o CAR ( $P > 0,05$ ) e animais de alto e baixo CAR apresentaram similaridade nestes itens. Quanto ao GMD, era esperado que não houvessem resultados significativos, pois a própria definição do CAR comporta o GMD no ajuste da regressão, o que leva à independência fenotípica entre essas características (ARTHUR et al., 2001a; SOBRINHO, et al., 2011). Em relação ao PVI, PVF e PM, os resultados aqui obtidos estão em concordância que o CAR não está ligado às medidas de tamanho corporal, como previamente descrito por ARTHUR et al. (2001b) e CARSTENS et al. (2002). Para TCR e TK, semelhante ao encontrado por NKRUMAH et al. (2004) em bovinos de corte, também houve ausência de relações com o CAR de cordeiros. Uma vez que o cálculo de tais taxas leva em consideração os pesos vivos e o ganho de peso dos animais, e estes se mostraram similares neste experimento, justifica-se a ausência de significância para essas medidas.

Coefficientes de correlação significativos e negativos foram encontrados entre CA e GMD; CA e TCR; e CA e TK ( $r_{CA} = -0,63$ ,  $r_{CA} = -0,74$  e  $r_{CA} = -0,75$ , respectivamente), enquanto que entre CA e PVI foi positivo ( $r_{CA} = 0,51$ ). NKRUMAH et al. (2004) descreveram correlações muito parecidas entre CA e GMD, TCR e TK para bovinos mestiços, com coeficientes de, respectivamente, -0,63, -0,75 e -0,73. Para animais Nelore, SANTANA (2009) estimou correlações de -0,85 para CA e GMD, e de 0,50 entre CA e PVI, este último muito próximo ao exposto para cordeiros neste estudo. No caso de bovinos, discute-se muito os prejuízos da utilização da CA como critério de seleção, pelo fato das relações com características de crescimento e tamanho corporal, que levariam a produção de animais maiores e com maior exigência nutricional de manutenção (ARTHUR e HERD, 2008). Destaca-se que, apesar do menor avanço nos programas de melhoramento genético de ovinos em relação aos de bovinos, com base nos resultados desse trabalho existe a necessidade de se atentar para este fato também na seleção dessa espécie, especialmente em raças de maior porte e mais tardias. Adicionalmente, CABRAL et al. (2008) discutiram a importância de considerar eficiência alimentar em conjunto com medidas de desempenho na seleção de raças para produção de carne, devido a relação entre CA e tais medidas, buscando assim reduzir o custo de manutenção desses animais na ovinocultura.

O CAR e a CA não se mostraram correlacionados ( $P>0,05$ ) com nenhuma das características de carcaça avaliadas por ultrassom e, da mesma forma, não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre as classes de eficiência alimentar pelo CAR para as variáveis analisadas (TABELA 9).

TABELA 9 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS MEDIDAS DE CARCAÇA AVALIADAS POR ULTRASSOM COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), E MÉDIAS  $\pm$  DESVIOS-PADRÃO OBTIDOS PARA ESSAS CARACTERÍSTICAS EM CORDEIROS COM ALTO OU BAIXO CAR

Variáveis	Correlações		CAR (classes)		P
	$r_{CAR}$	$r_{CA}$	Alto (n=8)	Baixo (n=6)	
AOL intermediária (cm <sup>2</sup> )	0,09	0,36	11,74 $\pm$ 1,23	12,09 $\pm$ 1,37	0,62
AOL final (cm <sup>2</sup> )	0,19	0,16	14,40 $\pm$ 1,13	14,39 $\pm$ 1,79	0,99
AOL ganho (cm <sup>2</sup> )	0,11	-0,14	2,66 $\pm$ 1,24	2,29 $\pm$ 1,57	0,63
EGS intermediária (cm)	-0,30	0,29	0,45 $\pm$ 0,09	0,52 $\pm$ 0,08	0,16
EGS final (cm)	-0,04	0,24	0,58 $\pm$ 0,11	0,59 $\pm$ 0,07	0,79
EGS ganho (cm)	0,25	-0,02	0,12 $\pm$ 0,09	0,07 $\pm$ 0,05	0,21
PROF. intermediária (cm)	0,14	0,39	2,36 $\pm$ 0,16	2,38 $\pm$ 0,24	0,87
PROF. final (cm)	0,07	0,10	2,77 $\pm$ 0,21	2,82 $\pm$ 0,31	0,73
PROF. ganho (cm)	-0,05	-0,22	0,41 $\pm$ 0,23	0,44 $\pm$ 0,27	0,82

AOL = Área de olho de lombo, EGS = Espessura de gordura subcutânea, PROF. = profundidade do músculo *Longissimus*; \* $P<0,05$  e \*\* $P<0,01$ ; Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste F ( $P<0,05$ ).

FONTE: O autor (2011).

BASARAB et al. (2003) e LANCASTER et al. (2009) estimaram correlações significativas entre CAR e espessura de gordura subcutânea em bovinos de raças européias e para bovinos da raça Nelore, LEME e GOMES (2007) relataram também menor espessura de gordura em animais de CAR baixo, ou seja, os mais eficientes. KNOTT et al. (2003), em trabalho com ovinos, encontraram correlação negativa entre carcaça magra e CAR. Todos esses relatos sugerem que animais mais eficientes pelo CAR tendem a apresentar menos gordura na carcaça.

Entretanto, isso não foi confirmado com os resultados obtidos no presente estudo, embora os cordeiros mais eficientes tenham apresentado maiores níveis séricos de creatinina (PAULA et al., 2011) e esse metabólito seja frequentemente associado com alterações na composição corporal (RICHARDSON et al., 2004). A ausência de significância pode ser atribuída possivelmente à idade e maturidade

reduzidas dos animais experimentais (aproximadamente 3,8 a 6 meses). De acordo com PRESCOTT (1982), o crescimento do cordeiro é descrito como uma curva sigmóide, com aceleração da velocidade até que a puberdade seja atingida e diminuição gradativa até o alcance da maturidade. SANTOS et al. (2001) ressaltaram ainda que os diferentes componentes da carcaça (ossos, músculo e gordura) apresentam padrões distintos de desenvolvimento, sendo que os músculos têm crescimento mais acelerado em cordeiros mais jovens e a gordura em animais mais maduros, enquanto os ossos crescem mais lentamente que os demais constituintes. Portanto, devido ao fato dos cordeiros estarem em fase menos avançada na curva de crescimento, a proporção de gordura na composição do ganho corporal pode não ter sido representativa o suficiente para permitir detectar resultados significativos na idade utilizada neste experimento. Vale lembrar que a puberdade em ovinos se manifesta entre 6 e 9 meses de idade (PRICE et al., 1995). Dessa maneira, sugere-se a realização de pesquisas similares com ovinos em idade mais avançada.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Nas condições deste experimento foi possível confirmar o potencial de utilização do CAR como medida de eficiência alimentar para cordeiros em confinamento, sem existência de relações com o ganho de peso e o tamanho corporal dos animais. Ainda, o CAR de cordeiros não apresentou associações com alterações nas características *in vivo* da carcaça.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2805-2811, 2001a.

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, p. 131-139, 2001b.

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

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 189–204, 2003.

BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Guidelines for uniform beef improvement programs**. Raleigh: U.S. Department of Agriculture, North Carolina State University, 2010.

CABRAL, L.S.; SANTOS, J.W.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ABREU, J.G.; SOUZA, A. L.; RODRIGUES, R.C. Consumo e eficiência alimentar em cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 703-714, 2008.

CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B.; WELSH, T.H.; WARRINGTON JR, B.G.; MILLER, R.K.; RANDEL, R.D.; FORBES, T.D.A.; LIPPKE, H.; GRENNE L.W., LUN, D.K. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, p. 31-34, 2002.

FITZHUGH, H.A.; TAYLOR, C.S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, v. 33, p. 717-725, 1971.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. FAOSTAT, 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 02 /10/2011.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 9-17, 2003.

KELLY, A.K., MCGEE, M., CREWS JR., D.H., FAHEY, A.G., WYLIE, A.R., KENNY, D.A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 109-123, 2010.

KLEIBER, M. Body size and metabolic rate. **Physiological Reviews**, v. 27, p. 511–541, 1947.

KNOTT, S.A., CUMMIINS, L.J., DUNSHEA, F.R., LEURY, B.J. Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domestic Animal Endocrinology**. v. 39, p. 137-146, 2010.

KNOTT, S.A.; LEURY, B.J.; CUMMINS, L.J.; BRIEN, F.D.; DUSHEA, F.R. Relationship between body composition, net feed intake and gross feed conversion efficiency in composite sire line sheep. In: **EAAP Publication**, 109, 2003, p. 525-528.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 486-494, 1963.

LANCASTER, P.A., CARSTENS, G.E., CREWS JR., D.H., WELSH JR., T.H., FORBES, T.D.A., FORREST, D.W., TEDESCHI, L.O., RANDEL, R.D., et al. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science** v. 87, p. 3887-3896, 2009.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 248-259.

LEME, P.R., GOMES, R.C. Características de carcaça de novilhos Nelore com diferente consumo alimentar residual. In: XX REUNIÓN ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 2007, Cuzco. **Anais ...** Cuzco: ALPA, 2007.

MURO-REYES, A.; GUTIERREZ-BANUELOS, H.; DIAZ-GARCIA, L.H.; GUTIERREZ-PINA, F.J.; ESCARENO-SANCHEZ, L.M.; BANUELOS-VALENZUELA, R.; MEDINA-FORES, C.A.; CORRAL LUNA, A. Potential Environmental Benefits of Residual Feed Intake as Strategy to Mitigate Methane Emissions in Sheep. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, p. 1551-1556, 2011.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K., AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2451-2459, 2004.

PAULA, E.F.E.; SANTANA, M.H.A.; MONTEIRO, A.LG.; NOMURA, T.M.; CASTILHOS, B.Q.; DITTRICH, R.L. Consumo alimentar residual e o perfil metabólico sanguíneo de cordeiros Ile de France. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2011, Maceió. **Anais ...** Maceió: Zootec, 2011, CD-ROM.

PRESCOTT, J.H.D. Crecimiento y desarrollo de los corderos. In: HAPEZ, E.S.E. (Ed.). **Crecimiento e desarrollo de los corderos..** Zaragoza: Acribia. 1982, p. 35-369.

PRICE, E.O.; BORGWARDT, R.; DALLY, M.R. Heterosexual experience differentially affects the expression of sexual behavior in 6- and 8-month-old ram lambs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 46, n. 3/4, p. 193-199, 1995.

R Development Core Team (2010). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>

REDDEN, R.R., SURBER, L.M.M., ROEDER, B.L., NICHOLS, B.M., PATERSON, J.A.; KOTT, R.W. Residual feed efficiency established in a post-weaning growth test may not result in more efficient ewes on the range. **Small Ruminant Research**, v. 96, p. 155-159, 2011.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER J.A.; ARTHUR, P.F. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 441-452, 2004.

SANTANA, M.H.A. **Relação do consumo alimentar residual e conversão alimentar com características de carcaça, perfil metabólico e sanguíneo de touros da raça nelore**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

SANTOS, C.L.; PÉREZ, J.R.O.; MUNIZ, J.A.; GERASEEV, L.C.; SIQUEIRA, E.R. Desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 487-492, 2001.

SCHENKEL, F. S.; MILLER S.P.; WILTON J.W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, p. 177–185, 2004.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SOBRINHO, T.L.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M.; CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A. Residual feed intake and relationships with performance of Nellore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p.929-937, 2011.

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, p. 2704-2713, 2003.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, p. 95-110, 1992.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos trabalhos disponíveis até o momento e nos resultados aqui obtidos, pode-se afirmar que o CAR é uma medida que apresenta complexa regulação fisiológica, porém, é ferramenta útil na identificação de animais mais eficientes em confinamento, sem ocasionar prejuízos aos índices de desempenho. Os cordeiros experimentais de baixo CAR tiveram GMD similar aos de alto CAR, porém consumiram menos alimento, o que confirma esta proposição. Destacam-se ainda as diferentes formas com que o CAR e a CA se relacionaram com as demais medidas de desempenho, enquanto o CAR se mostrou independente do ganho de peso e peso vivo, a CA apresentou correlações importantes com tais características.

Em relação aos componentes sanguíneos, este trabalho proveu evidências de associações do CAR com o metabolismo de proteínas, com correlações significativas das concentrações séricas de albumina e creatinina e o CAR, bem como diferenças nos níveis desses metabólitos em animais de baixo ou alto CAR. Além disso, de acordo com a literatura, bovinos mais eficientes pelo CAR têm demonstrado menor suscetibilidade ao estresse e nesse estudo foi possível detectar sinais hematológicos que indicam esse acontecimento também para cordeiros e poderá servir como base para pesquisas consequentes. O fato dos animais mais eficientes apresentarem tendência a depositar menor quantidade de gordura subcutânea não ocorreu com os cordeiros da raça Ile de France entre 3 e 6 meses de idade utilizados neste experimento, possivelmente pela idade muito jovem desses animais. Com isso, sugere-se a realização de estudos com candidatos a reprodutores em idade mais próxima a puberdade.

Devido à inegável dificuldade de mensurar precisamente o consumo individual de alimento dos animais, pela necessidade de instalações adequadas e mão-de-obra suficiente, seria importante verificar a viabilidade de adoção de sistemas de alimentação e controle de consumo automáticos, como é feito em diversas pesquisas internacionais. Todavia, sabe-se que anteriormente a isso, é primordial que a importância da eficiência alimentar seja reconhecida pelos pesquisadores e produtores. Principalmente no caso de ovinos, a grande maioria dos criadores ainda adquire reprodutores em exposições sem considerar características de relevância econômica, tais como eficiência alimentar, o que acaba contribuindo ao ínfimo

desenvolvimento de pesquisas na área. É necessário igualmente maior investimento em pesquisas nacionais para confirmar o potencial do CAR também em condições de pastejo, uma vez que a produção pecuária no Brasil ocorre em sua grande maioria a pasto.

Os estudos realizados com CAR em ovinos têm apresentado, de maneira geral, comportamento semelhante aos descritos para bovinos, com benefícios tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental, haja vista a redução da ingestão de alimento por animais mais eficientes com menor produção de resíduos como o metano. Todavia, é notória a carência de estudos sobre CAR em ovinos, o que torna difícil a comparação de resultados, considerando que a grande maioria desses se baseia em experimentos com bovinos. Assim, sugere-se a realização de maior número de pesquisas com ovinos a fim de aprofundar a compreensão do CAR nesta espécie.

**ANEXOS**

ANEXO 1 – Certificado de aprovação do trabalho pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.....	68
--	----



**Universidade Federal do Paraná**  
**Setor de Ciências Agrárias**  
**Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA**

### CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 010/2011, referente ao projeto “Relação entre eficiência alimentar, características da carcaça e perfis hematológico e metabólico sanguíneo de cordeiros Ile de France”, sob a responsabilidade de Edson Ferraz Evaristo de Paula, na forma que foi apresentado, foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 29 de junho de 2011.

### CERTIFICATE

We certify that the protocol number 010/2011, regarding the project “Relationship between feed efficiency, carcass characteristics and hematologic and metabolic blood profiles of Ile de France lambs”, in charge of Edson Ferraz Evaristo de Paula, in the terms it was presented, was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on June, 2011.

Curitiba, 29 de junho de 2011.

Geraldo Camilo Alberton  
Presidente

Patrick Schmidt  
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais  
Setor de Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Paraná.