

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTOS DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL EM CABRITOS SAANEN  
DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL**

**Samuel Figueirêdo de Souza**

Médico Veterinário

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2011**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTOS DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL EM CABRITOS SAANEN  
DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL**

**Samuel Figueirêdo de Souza**

**Orientador: Kleber Tomás de Resende**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Nutrição e Produção Animal)

**JABOTICABAL – SÃO PAULO  
Dezembro de 2011**

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**Samuel Figueirêdo de Souza**, filho de Pedro Calasans de Souza e Suzana Figueirêdo de Souza, nascido, na cidade de Aracaju, Sergipe, em 19 de maio de 1980. Em 1998 ingressou no Curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, realizando estágios nas áreas de sanidade, clínica e cirurgia de ruminantes e atuando como Monitor das Disciplinas Patologia Geral e Especial, Clínica de Ruminantes e Doenças Carenciais, Tóxicas e Metabólicas. Realizou atividades de pesquisa em nutrição de ovinos e atividades de extensão em sanidade, produção e reprodução de ovinos e caprinos. Realizou Estágio Supervisionado Obrigatório na Universidade de Córdoba, Espanha, nas Áreas de Genética, Produção e Reprodução Animal, formando-se Médico Veterinário pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em 2004. Ainda na Universidade de Córdoba realizou Curso de Especialização em Conservação e Gestão de Recursos Zoogenéticos, obtendo em 2005 por essa Instituição o título de Especialista em Produção Animal. Em 2005 iniciou docência em Fisiologia e Patologia Animal no Curso de Graduação e Anátomo-fisiologia Reprodutiva no Curso de Especialização da Faculdade de Medicina Veterinária “Pio Décimo”. Em 2006 ingressou como aluno regular no Curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba, desenvolvendo trabalho de pesquisa em precocidade reprodutiva de caprinos, e realizando “Mestrado-Sanduíche” mediante Programa de Cooperação Acadêmica PROCAD na Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo. Obteve em 2008 o título de Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba e ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, submetendo-se à defesa de Tese de Doutorado em 22 de dezembro de 2011. Atualmente é responsável pelas ações de Transferência de Tecnologias para Produção Animal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Unidade dos Tabuleiros Costeiros.

"Quanto mais as pessoas acreditam em uma coisa,  
quanto mais se dedicam a ela,  
mais podem influenciar no seu acontecimento."

(DOV ÉDEN)

"Superação é ter a humildade de aprender com o passado,  
não se conformar com o presente e desafiar o futuro."

(HUGO BETHLEM)

"O otimista é um tolo e o pessimista é um chato...

... bom mesmo é ser um realista esperançoso."

(ARIANO SUASSUNA)

## **Ofereço**

A todos os Médicos Veterinários, Zootecnistas, Agrônomos e Técnicos Agrícolas...

Profissionais de Ensino, Pesquisa e Extensão...

Caprino-ovinocultores de todas as partes do mundo!

## **Dedico**

Aos meus amados pais...

*Pedro Calasans e Suzana Figueirêdo*

Aos meus irmãos, cunhadas e sobrinha...

*Daniel e Patrícia, Rafael e Grace, Ana Clara (Clarinha)*

Aos meus avós...

*Reinaldo Figueirêdo e Catarina Bastos*

*Tereza Calasans e Pedro Pantaleão (in memórian)*

À minha esposa, amiga e companheira...

*Juciléia Moraes (Juci)*

## **Refliço**

Minhas sinceras desculpas e meus maiores agradecimentos...

*Aos animais que “doaram” suas vidas para a realização desse estudo!*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a *Deus*, que me presenteou com uma vida de saúde, capacidades e oportunidades; iluminou os meus caminhos para que mais esse sonho eu pudesse realizar! Independente de quem seja, como seja e de onde esteja, sei que olha por nós nos erros e certos, permitindo assim que possamos evoluir e nos tornar espíritos cada vez melhores!!!

Aos meus pais, por todo amor e carinho incondicionais, além da educação, formação, incentivo, confiança e, principalmente, os exemplos! Aos meus irmãos pelo respeito e compreensão da minha ausência... peço desculpas e prometo retribuir reaproximando-me!

A todos os familiares, de sangue ou não, que acreditaram e torceram por mim e pelo meu sucesso, mesmo estando na maior parte do tempo “geograficamente” distantes. Em especial ao “Tio Dal” (Agnaldo Bastos) e ao primo “Fabinho” (Fábio Figueirêdo) por serem os maiores apostadores e pela saudade eterna que sentiremos deles. Descansem em paz!!!

À Juci (Juciléia Morais), minha namorada, noiva, esposa, amiga, conselheira e “anjo da guarda”, por todo amor e companheirismo, além da “quase” inesgotável paciência! Pelo apoio pessoal, moral e científico; nos momentos bons ou ruins, pessoais ou profissionais que sempre estive ao meu lado! Obrigado por me mostrar um mundo novo e ainda maior, além de me tornar uma pessoa melhor a cada dia que estou ao seu lado! Amo você, minha gatonal!!!

Ao Prof. Dr. Kleber Resende, “orientador e paizão”, minha gratidão pela confiança e ensinamentos profissionais, pessoais e políticos! Especialmente por serem transmitidos com imensa humildade e realismo! Agradeço também à sua esposa Maryjane pela compreensão dos constantes e inadequados horários de incômodo para busca de soluções!

À Profa. Dra. Izabelle Teixeira, “co-orientadora e instigante”, pelas orientações científicas, esclarecimentos das dúvidas e, principalmente, pelos constantes desafios e provocações que me proporcionaram diversos momentos de superação acadêmica e científica! Aproveito o ensejo e peço desculpas pelos resmungos e reatividades constantes!

Aos técnicos e funcionários dos diversos laboratórios que freqüentei para realização das intermináveis análises: Damaris e Sr. Orandir (Lab. Fisiologia – UNESP/FCAV); Sr. Orlando e Ana Paula (Lab. Nutrição – UNESP/FCAV); Cláudia e Renata (Lab. Bioquímica Clínica e Cirurgia); D. Sandra (Lab. Experimentação Animal – USP/FZEA). Agradeço pela ajuda na condução das análises, pelas explicações técnicas, pelo incentivo e confiança!

Aos funcionários do setor de caprinocultura, “Juninho e Carlinhos”, pela ajuda, confiança, histórias e amizade! Obrigado também pelos desabafos e gargalhadas! À simpática

e prestativa Adriana, secretária do DZO da UNESP/FCAV, pela ajuda nas diversas orientações burocráticas e informações logísticas sempre que necessárias!

Aos Profs. Drs. Renato Furlan, João Negrão e Jurandir Fagliari, não somente pelas sugestões e orientações para construirmos um bom projeto de pesquisa, mas também pela confiança e disponibilização das instalações de seus laboratórios para realização das análises pertinentes e/ou colaborações nas bancas de qualificação. Às Dras. Ângela Ferreira, Márcia Helena, Lisiane de Lima e Juciléia Morais, pelas colaborações nas intermináveis correções da Tese. Ao Prof. Dr. Normand St. Pierre, pelo auxílio nas análises estatísticas e exemplos de capacidade, humildade e alegria, além dos passeios e momentos de “Crabs”! Todos vocês sempre serão bem-vindos em minha terra!

À FAMÍLIA CABRITOLÂNDIA...

Aos amigos e mestres iniciais na Zootecnia, Herymá Giovane e Lisiane de Lima, que tiveram paciência e sabedoria para ensinar-me novas lições de Zootecnia. Muito obrigado por me ajudarem e me orientarem, assim como pelos momentos de troca de experiências!

Ao Oscar (mago da canela ôca), pela amizade de outrora; pelo respeito e confiança; pela ajuda no momento mais difícil da condução experimental; por realizar conquistas das quais me sinto parte, pelo empenho e vontade de querer aprender e fazer bem-feito, e pelos incontáveis momentos de descontração, desabafo, desespero e “muuuuuuuuuita Skol”!

Aos colegas e amigos “cabriteiros”: Daiana (Farofa), Faiado (ôôô Adriano), Nailson (cumpadre e fí-du-cabrunku), Melina (muié do Adriano), Alana, Andréa, Nariane, Thiago, Carlinha, Douglas, Kaborja, Astrid, Greice (Borrega), Fernanda (Mentirinha), Carlinhos, Juninho (Ferrari), Vitor (Anápolis), Gabriela (Gabi), Matheus (Periquito) pela amizade, ajuda nos trabalhos e pelo companheirismo nos diversos churrascos, reuniões e festas... Sentirei saudades!!!

Aos retirantes gaúchos: Giovani (Gringo), Xanxe, Ian, Régis, Denise e, principalmente ao Tomás (Tchêê); pelos ensinamentos culturais e culinários, além dos diversos momentos de descontração regados a fartos churrascos, muita cerveja (não tinha Polar!), chimarrão gordo- cevado e um bom bailão! Guardarei na minha lembrança o respeito e admiração desse povo que tanto se assemelha ao meu! (Tanto me agradei que tratei de providenciar a minha gaúcha-particular, para gerar meus híbridos e melhorar o produto genético final... hehehe)!

Aos meus “novos colegas” da EMBRAPA - Tabuleiros Costeiros (Paulo Sérgio, Sonise, Tommasi, Eduardo, Joel, Geovânia, Sayonara, Adélia, Deyse, Andrés, Aline, Roque, Ivênio, Curado, Tereza, André, Ronaldo, Edson Diogo, Rangel, Evandro, Hymerson, Cristiane, Zé Luís... dentre outros “oitenta e tantos” que ainda não tive a oportunidade, mas buscarei

conhecer e compartilhar diversos momentos profissionais e pessoais). A todos vocês, o meu agradecimento pelo acolhimento, apoio, confiança, respeito e compreensão pela inexperiência e euforia, além dos essenciais momentos de ausência (física e/ou mental) para conclusão desse desafio chamado “Tese”! Muito obrigado, certo que vos compensarei!!!

Aos Profs. da Universidade Federal de Sergipe (Ângela, Jailson, Maíra, Claudson, Márcia, Leandro, Anselmo, Jodnes, Gladston, Alfredo e Juciléia) pelas palavras de força, apoio e acolhimento, mantendo-me próximo da vida acadêmica e permitindo-me exercer a minha paixão pela docência, colaborando na formação dos seus alunos. Aproveito para parabenizá-los pelas conquistas e pela seriedade com que constroem uma zootecnia melhor!

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Unidade Tabuleiros Costeiros, pela seleção e convocação, permitindo-me conquistas grandiosas nesse difícil momento de transição. Obrigado pelos períodos de “liberação” e pela confiança depositada em mim, tornando possível não somente a conclusão dessa etapa final de doutoramento, mas também por permitir que meus próximos anos sejam de dedicação à minha família e minha esposa. Obrigado ainda por permitir que eu possa contribuir e me comprometer com o desenvolvimento e crescimento do MEU POVO, repassando meus poucos conhecimentos ao sofrido e carente AGRICULTOR sergipano e nordestino, a quem tenho imenso respeito e admiração, e a quem dedicarei toda a minha vida profissional.

Agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP/FCAV), em especial ao curso de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do meu curso de Doutorado!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelos auxílios concedidos tanto para a realização do experimento, quanto pelas bolsas de estudos!

A construção deste trabalho recebeu o apoio de várias pessoas, de diferentes formas! Peço desculpas se alguma dessas não tenha sido citada, mas tenho a consciência de que o resultado não seria o mesmo sem a inestimável participação de cada um de vocês!!!

**Muito obrigado!!!**



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
1. Introdução .....	1
2. Exigências nutricionais .....	2
3. Restrição nutricional .....	4
4. Perfil metabólico-nutricional e hormônios tireoidianos .....	11
5. Avaliações ósseas .....	16
6. Crescimento corporal .....	18
7. Considerações finais .....	20
CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL METABÓLICO-NUTRICIONAL DE CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL .....	21
RESUMO .....	21
1. Introdução .....	22
2. Material e Métodos .....	24
3. Resultados .....	36
4. Discussão .....	55
5. Conclusões .....	70
CAPÍTULO 3 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O CRESCIMENTO CORPORAL, DESENVOLVIMENTO ÓSSEO E PERFIL METABÓLICO-MINERAL EM CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL .....	72
RESUMO .....	72
1. Introdução .....	73
2. Material e Métodos .....	75
3. Resultados .....	88
4. Discussão .....	99
5. Conclusões .....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL METABÓLICO-NUTRICIONAL DE CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL

- Tabela 1. Composição média e características físico-químicas do leite de cabra com respectivos desvios padrão ..... 27
- Tabela 2. Composição químico-bromatológica média dos ingredientes da dieta sólida, expressas na matéria seca (MS) para proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e matéria mineral (MM) ..... 28
- Tabela 3. Esquema de desaleitamento progressivo adotado no manejo nutricional..... 29
- Tabela 4. Idades iniciais e finais, quantidade de dias em aleitamento e pós-desaleitamento, e peso corporal (PC) inicial, ao desmame e final em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 37
- Tabela 5. Consumo médio diário, durante o período de aleitamento, em gramas por dia (g/dia), de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), matéria mineral (CMM), extrato etéreo (CEE) e carboidratos totais (CCHOT), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ... 39
- Tabela 6. Consumo médio diário, durante o período pós-desaleitamento, em gramas por dia (g/dia), de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), matéria mineral (CMM), extrato etéreo (CEE) e carboidratos totais (CCHOT), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 40
- Tabela 7. Ganhos médios diários e eficiência alimentar média (ganho médio diário/consumo de matéria seca), em gramas, referentes aos períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 42
- Tabela 8. Pesos de carcaça quente (PCQ) e de carcaça fria (PCF), em quilogramas, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 43
- Tabela 9. Valores absolutos em gramas, referentes ao peso do sangue, fígado, coração, pulmões, rins, pâncreas e baço, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 44

Tabela 10. Valores absolutos em gramas, referentes ao peso de rúmen-retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon-reto, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal.....	45
Tabela 11. Valores absolutos em gramas, referentes aos depósitos de gordura perirenal, pericárdica, mesentérica, omental e abdominal, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal.....	46
Tabela 12. Valores referentes ao peso de corpo vazio (PCV) em quilogramas, e peso relativo médio (g/Kg de PCV) dos órgãos responsivos (fígado, coração, pulmões, rins, pâncreas e baço), dos órgãos gastrintestinais (rúmen-retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon-reto) e dos depósitos de gordura (perirenal, pericárdica, mesentérica, omental e abdominal), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal.....	48
Tabela 13. Composição corporal em água, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), em porcentagem do peso de corpo vazio (PCV), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal .....	49
Tabela 14. Concentrações séricas médias de proteínas totais, albumina, uréia, creatinina, glicose, triglicérides, colesterol, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (B-HB), durante o período de aleitamento, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal.....	51
Tabela 15. Concentrações séricas médias de proteínas totais, albumina, uréia, creatinina, glicose, triglicérides, colesterol, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (B-HB), no período pós-desaleitamento, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal.....	52
Tabela 16. Valores médios de peso da tireóide (g) e das concentrações hormonais séricas de triiodotironina (T3), tiroxina (T4) e relação T3:T4, durante os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, em ng/ml, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal.....	54

### CAPÍTULO 3 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O CRESCIMENTO CORPORAL, DESENVOLVIMENTO ÓSSEO E PERFIL METABÓLICO-MINERAL EM CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL

Tabela 1. Composição média e características físico-químicas do leite de cabra com respectivos desvios padrão.....	78
Tabela 2. Composição químico-bromatológica média dos ingredientes da dieta sólida, expressas na matéria seca (MS) para proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e matéria mineral (MM) .....	79
Tabela 3. Esquema de desaleitamento progressivo adotado no manejo nutricional.....	80
Tabela 4. Idades inicial e final, e valores médios de peso corporal (PC) inicial e final, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal .....	88
Tabela 5. Consumo médio diário do período experimental total, de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), matéria mineral (CMM), extrato etéreo (CEE) e carboidratos totais (CCHOT), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal .....	89
Tabela 06. Valores biométricos iniciais e finais, referentes à altura de cernelha (AC), altura de garupa (AG), comprimento de corpo (CC) e perímetro torácico (PT), em centímetros, e escore de condição corporal (ECC) em pontos subjetivos, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ...	91
Tabela 07. Valores morfométricos ósseos externos médios dos perímetros da epífise proximal, perímetro da epífise distal, perímetro da diáfise, comprimento ósseo, espessura látero-lateral e espessura crânio-caudal da diáfise do fêmur, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal ...	93
Tabela 08. Valores morfométricos ósseos internos médios da espessura das camadas compacta cranial, compacta caudal e do canal medular, em centímetros (cm), e das áreas das camadas esponjosa proximal e esponjosa distal, em centímetros quadrados (cm <sup>2</sup> ), em função do nível nutricional e do sexo, em fêmur de cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal .....	94
Tabela 09. Valores médios das densidades da epífise proximal, diáfise proximal, diáfise medial, diáfise distal e epífise distal, em milímetros-alumínio (mmal), em função do nível nutricional e do sexo, em fêmur de cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal .....	95
Tabela 10. Concentrações séricas médias de cálcio total, fósforo inorgânico total (mg/dL), magnésio total, sódio iônico, potássio iônico (mmol/L), fosfatase alcalina (U/L)	

e as relações cálcio:fósforo e sódio:potássio, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen em aleitamento, dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 97

Tabela 11. Concentrações séricas médias de cálcio total, fósforo inorgânico total (mg/dL), magnésio total, sódio iônico, potássio iônico (mmol/L), fosfatase alcalina (U/L) e as relações cálcio:fósforo e sódio:potássio, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen desaleitados, dos 05 aos 15 kg de peso corporal ..... 98

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL METABÓLICO-NUTRICIONAL DE CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL

Figura 1. Fluxograma de distribuição experimental dos animais (machos não castrados, fêmeas e machos castrados) submetidos a diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição de 25% ou moderada e restrição de 50% ou severa).....25

### CAPÍTULO 3 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O CRESCIMENTO CORPORAL, DESENVOLVIMENTO ÓSSEO E PERFIL METABÓLICO-MINERAL EM CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL

Figura 1. Fluxograma de distribuição experimental dos animais (machos não castrados, fêmeas e machos castrados) submetidos a diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição de 25% ou moderada e restrição de 50% ou severa).....25

Figura 2. Exemplo de posicionamento dos ossos em placa de raios-X (à esquerda), imagem produzida após o procedimento realizado com pontos selecionados para leitura densitométrica (à direita).....86

## IMPACTOS DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL EM CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL

**RESUMO** – Objetivou-se avaliar os impactos da restrição nutricional em cabritos machos castrados, fêmeas e machos não castrados da raça Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal (PC). Foram utilizados 46 cabritos da raça Saanen (17 machos não castrados, 14 fêmeas e 15 machos castrados), submetidos a três diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrições de 25% e de 50%), sendo que os sob restrição tiveram a oferta diária de alimento baseada no consumo do *ad libitum*. Foram avaliados os parâmetros de desempenho, carcaça, composição corporal, perfil metabólico-nutricional, hormônios tireoidianos, biometria, escore de condição corporal, morfometria óssea e densitometria mineral óssea. Todos os animais foram abatidos quando os *ad libitum* atingiram 15 kg de PC, realizando-se a avaliação dos componentes de carcaça (pesos de carcaça quente e de carcaça fria), dos não-componentes de carcaça (órgãos internos e depósitos de gordura) e da composição corporal. O perfil metabólico-nutricional e hormônios tireoidianos foram determinados em dosagens séricas realizadas ao longo de nove semanas sucessivas. O sexo não exerceu efeito ( $P>0,05$ ) sobre nenhum dos parâmetros avaliados. Os animais em aleitamento mostraram-se mais eficientes que no pós-desaleitamento. Os componentes de carcaça e de não carcaça foram afetados negativamente ( $P<0,05$ ) pelas restrições, havendo redução ( $P<0,05$ ) na deposição de tecido muscular e na composição corporal em gordura, assim como nos parâmetros de desempenho, biometria, escore de condição corporal, morfometria e densitometria mineral óssea. As estruturas ósseas internas foram mais afetadas que as externas, e quanto às densidades, nas epífises foram mais afetadas que na diáfise. Dos parâmetros séricos, apenas os de uréia, creatinina, colesterol e fósforo sofreram impacto ( $P<0,05$ ) das restrições. Houve ainda impacto negativo ( $P<0,05$ ) sob as concentrações de  $T_3$ . Diante dos resultados apresentados, conclui-se que as restrições nutricionais exercem impactos sob diferentes parâmetros e com diferentes intensidades em cabritos Saanen em fase inicial de crescimento.

**Palavras-chave:** biometria, desenvolvimento, densitometria, morfometria, subnutrição, tireóide

## IMPACTS OF NUTRITIONAL RESTRICTION ON SAANEN KID GOATS OF 5 TO 15 KG BODY WEIGHT

**ABSTRACT** - The objective was to assess the impact of nutritional restriction in castrated male, females and males not-castrated Saanen kid goats from 05 to 15 kg of body weight (BW). Was used 46 Saanen kid goats (17 not-castrated, 14 females and 15 castrated males), under three different nutrient levels (*ad libitum*, restriction of 25% and 50%), and the under restriction had the daily supply of food based on consumption of *ad libitum*. Was evaluated the performance parameters, carcass characteristics, body composition, nutritional-metabolic profile, thyroid hormones, biometrics, body condition score, bone morphometry and bone mineral density. All animals were slaughtered when the *ad libitum* reached 15 kg of BW, and where the assessment of carcass components (weight of hot and cold carcass), the non-carcass components (internal organs and fat deposits) and body composition. The nutritional-metabolic profile and thyroid hormones were determined in serum taken over nine consecutive weeks. Sex had no effect ( $P > 0.05$ ) on any of the parameters evaluated. Lactating animals were more efficient than the post-weaning. The components of carcass non-carcass components were negatively affected ( $P < 0.05$ ) by restrictions, with a decrease ( $P < 0.05$ ) in muscle tissue deposition and body composition in fat, the same way as parameters of performance, biometrics, body condition score, morphometry and bone mineral density. The internal bone structures were more affected than outside and on the densities in the epiphyses were more affected than in the diaphysis. Of serum parameters, only urea, creatinine, cholesterol and phosphorus were affected ( $P < 0.05$ ) of the restrictions. Was also negative ( $P < 0.05$ ) impact in concentrations of triiodothyronine hormone. Considering the results presented, can concluded that the restrictions have an impact under different parameters and with different intensities in Saanen kid goats in the early stages of growth.

**Keywords:** biometrics, development, densitometry, morphometry, undernutrition, thyroid



## **CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. Introdução**

Os caprinos são importantes animais domésticos para produção de alimentos e para a segurança econômica e social, particularmente nos países em desenvolvimento (SAHLU & GOETSCH, 2005), mas sua contribuição em países desenvolvidos também tem aumentado nos últimos anos, deixando de ser uma exploração vista como sinônimo de subdesenvolvimento e pobreza (BOYAZOGLU *et al.*, 2005). Seus produtos diferenciam-se dos originados de outros ruminantes por apresentarem menores concentrações de gorduras saturadas e de colesterol, além do elevado valor biológico e nutricional de suas proteínas na alimentação humana (MADRUGA *et al.*, 1999).

No Brasil, nas últimas três décadas, a caprinocultura tem se consolidado como uma atividade cada vez mais rentável e despertando o interesse em diferentes categorias de produtores rurais. Esta consolidação está alicerçada na exploração de raças caprinas exóticas, especializadas na produção de leite (GONÇALVES *et al.*, 2002), dentre as quais se destaca a raça Saanen, sendo notável o crescimento de seu efetivo nacional devido principalmente a sua elevada capacidade de produção leiteira (RIBEIRO, 1997).

Apesar de seu crescimento, a caprinocultura no Brasil ainda é pouco explorada e assume papel secundário na economia nacional, com um efetivo de aproximadamente 10 milhões de cabeças (IBGE, 2009). De uma maneira geral, trata-se de uma exploração pouco tecnificada e com índices de produtividade insatisfatórios, muito aquém de suas potencialidades, o que pode ser explicado pelo uso de sistemas

de produção ineficientes ou incompatíveis com o potencial biológico animal (BANDEIRA *et al.*, 2004). Do ponto de vista econômico, a produtividade e a viabilidade de qualquer espécie animal de produção dependem da qualidade genética dos animais, dos fatores ambientais e da interação entre estes, dentre os quais a nutrição representa o principal fator ambiental, podendo limitar a produtividade em termos de quantidade e qualidade, além de ser o fator de maior participação nos custos de produção (MORAND-FEHR, 2005).

## **2. Exigências nutricionais**

De uma maneira geral, alimentar adequadamente um animal é adequar os alimentos disponíveis às suas exigências ou necessidades nutricionais, levando em consideração a influência do ambiente e a interação deste com o animal (PEREIRA FILHO *et al.*, 2005). Com relação aos alimentos para ruminantes já existem várias tabelas, inclusive com dados de pesquisas no Brasil (VALADARES FILHO *et al.*, 2001), no entanto em sua grande maioria as recomendações nutricionais são para as espécies ovina e bovina (GOETSCH & SAHLU, 2004).

A primeira publicação consistente sobre exigências nutricionais de caprinos tenha sido a do NRC (1981), que foi amplamente utilizada. Com o desenvolvimento das pesquisas em relação à nutrição destes animais, outras tabelas de exigências nutricionais mais recentes de exigências e recomendações nutricionais foram sendo publicados (INRA, 1989; EAAP, 1991; AFRC, 1998; DROCHNER *et al.*, 2003; SAHLU *et al.*, 2004; NRC, 2006). No entanto, as informações ainda são limitadas, fazendo com

que as equações de exigências sejam baseadas em um número limitado de experimentos ou ainda por extrapolação das exigências de outras espécies.

Segundo RESENDE *et al.* (2008), dentre os sistemas avaliados o NRC (2006) pode ser considerado o mais moderno e completo, pois permite correções para vários fatores que conhecidamente afetam as exigências nutricionais dos animais, e suas equações são mais flexíveis, permitindo o ajuste quanto à qualidade da ração. No caso específico de caprinos, este comitê é o único que faz a predição para diferentes genótipos. Por outro lado, apresentam as limitações de considerar as exigências de crescimento constantes independente do peso corporal, peso à maturidade relativo e sexo, e a inexistência de recomendações nutricionais para cabritos com peso corporal inferior aos 10 kg.

Diante dessas informações, fica evidente a importância de estudos voltados para a nutrição de caprinos, de maneira que suas necessidades sejam adequadamente atendidas para que não acarretem em perdas produtivas, ao mesmo tempo em que não haja desperdício de nutrientes na formulação das dietas (COSTA *et al.*, 2003). Dessa forma, o fornecimento de dietas que atendam às exigências nutricionais dos animais pode evitar prejuízos tanto econômicos quanto ambientais, reduzindo o desperdício de nutrientes e minimizando a deposição de poluentes no ambiente (RESENDE *et al.*, 2008).

### **3. Restrição nutricional**

#### **3.1. Período de aleitamento**

A criação de cabritos durante a fase de aleitamento torna-se onerosa pelo elevado preço do leite, o que tem levado produtores, técnicos e pesquisadores a buscarem alternativas para a redução dos custos, de maneira que a restrição alimentar torna-se uma das poucas alternativas existentes (PEREIRA FILHO *et al.*, 2005). Entretanto, nos primeiros dias de vida, os cabritos e demais ruminantes dependem exclusivamente da ingestão de leite, de maneira que níveis elevados de restrição poderão prejudicar o desenvolvimento do animal, exigindo um longo período para recuperação (MANSO *et al.*, 1998).

Objetivando reduzir os custos, tem sido prática usual na caprinocultura leiteira a separação dos cabritos das mães logo após a fase de ingestão do colostro, quando passam então a ser aleitados artificialmente, visando elevar a disponibilidade do leite da cabra para a comercialização (COSTA *et al.*, 2010). Segundo RIBEIRO *et al.* (1997), as despesas com alimentação dos cabritos podem atingir até 80% dos custos de produção durante a fase de aleitamento.

Nesse contexto, a busca por alternativas que possam reduzir os custos com a alimentação dos cabritos e que permitam a realização do desaleitamento precoce, são fatores importantes para a sustentabilidade da atividade (GENANDOY *et al.*, 2002). Entretanto, todas as práticas de aleitamento e desaleitamento devem ser avaliadas, pois a utilização de sucedâneos ou mesmo a redução do volume de leite fornecido podem comprometer o desenvolvimento dos cabritos por não receberem alimentos de qualidade e/ou na quantidade necessária (RAMOS *et al.*, 2004).

### **3.2. Pós-desaleitamento**

O abomaso e o intestino delgado dos cabritos são órgãos importantes durante os primeiros estágios da alimentação láctea, mas com a mudança de pré-ruminante para ruminante, o rúmen, retículo e o intestino grosso desenvolvem-se mais rapidamente do que o abomaso e o intestino delgado, de maneira que o caprino jovem começa apresentar mudanças anátomo-fisiológicas no trato digestivo, caracterizando assim a fase de transição de pré-ruminante para ruminante, fato que está relacionado com o povoamento do rúmen por microrganismos (COSTA *et al.*, 2003).

Superada a fase de aleitamento e com os pré-estômagos totalmente desenvolvidos, segundo DEVENDRA & BURNS (1983), os caprinos destacam-se pela grande capacidade de transformação de alimentos fibrosos em produtos de alta qualidade, como carne e leite. Nessa nova fase, as despesas com alimentação representam de 50 a 60% dos custos de produção devendo-se buscar alternativas para reduzi-los e garantir maior competitividade na atividade (RIBEIRO, 1997), sendo a exploração da capacidade desses animais de digerir alimentos fibrosos um fator positivo para a redução dos custos (MORON FUENMAYOR & CLAVERO, 1999).

Buscando maiores reduções dos custos com a alimentação dos animais, recorre-se a diferentes alternativas, como a restrição qualitativa com diferentes teores de proteína, (MTENGA & KITALLY, 1990); a restrição alimentar e exploração do crescimento compensatório (SAHLU *et al.*, 1999) e a utilização de dieta única com restrição quantitativa (YÁÑEZ, 2002). Todavia, muitos cuidados devem ser tomados ao realizar qualquer tipo de restrição, pois uma nutrição de qualidade tem extrema

importância em todas as fases de vida do animal, mas torna-se imprescindível nas fases mais críticas como gestação, lactação e a fase inicial de crescimento, onde suas exigências tornam-se consideravelmente mais elevadas (GOETSCH & SAHLU, 2004).

Diante disso, fica ainda mais evidente que o não atendimento às exigências nutricionais, como ocorre nas situações de restrição, caso ocorram durante os processos de formação tecidual e desenvolvimento corporal, irão acarretar em comprometimento parcial, ou mesmo total da vida produtiva e reprodutiva do animal (CALDEIRA *et al.*, 2007).

### **3.3. Composição corporal**

Proteína, cinzas, água e gordura são os principais componentes químicos do corpo de um animal, sendo a água o componente mais abundante (BEZABIH & PFEFFER, 2003). A tendência geral em relação à deposição desses nutrientes no corpo do animal é que ao atingir a maturidade, as concentrações de proteína e cinzas praticamente não modificam. Por outro lado, a concentração de gordura aumenta e a proporção de água diminui (McCRACKEN, 1986; SANZ SAMPELAYO *et al.*, 1990). Sendo assim, a concentração de matéria seca do corpo vazio aumenta quando o animal cresce ou amadurece fisiologicamente.

Como regra geral, a concentração de gordura no corpo de animais em crescimento aumenta com a idade, e quanto mais rápido o animal cresce, maior é a proporção de gordura em qualquer peso (CAMPBELL & DUNKIN, 1983; SPENCER & HULL, 1984). Diversos trabalhos mostram que a baixa ingestão voluntária de alimentos em pré-ruminantes torna difícil o crescimento nas fases seguintes, o que

pode ser superado através do uso de sucedâneos do leite com elevadas concentrações de gordura, proteína e minerais (BAS & MORAND-FEHR, 1987; SANZ SAMPELAYO *et al.*, 1995).

DI MARCO (1994) descreve que o ganho de peso e a quantidade de gordura são afetados pelo nível alimentar, onde animais que apresentam um bom estado corporal apresentam uma menor eficiência alimentar do que animais que previamente tenham passado por uma restrição alimentar. Por outro lado, restrições mais severas podem afetar a deposição de tecido magro e o potencial de crescimento do animal e, conseqüentemente, estes podem depositar mais gordura durante a realimentação (BEZABIH & PFEFFER, 2003). No entanto, quando a restrição é muito severa e acontece precocemente, pode afetar permanentemente o potencial de crescimento do animal.

Diferenças na composição corporal inerentes ao sexo são abordadas por SAHLU *et al.* (2004), ao relacionar situações de restrição nutricional, afirmando que a adaptação dos animais pode variar conforme o sexo do animal, uma vez que existem diferenças no desenvolvimento entre machos, fêmeas e castrados, por apresentarem distintas características de deposição tecidual (músculo e gordura), determinadas através da ação e da concentração de hormônios sexuais.

SOUZA *et al.* (2007) atribui às concentrações hormonais de testosterona as diferenças corporais observadas em animais de diferentes sexos, entretanto essas diferenças se tornam mais evidentes no início da puberdade, onde os machos inteiros apresentam picos hormonais sucessivos e crescentes que, além da função sexual,

também possuem potente ação anabolizante, permitindo um maior desenvolvimento muscular e de determinadas dimensões biométricas do corpo (CAMPOS *et al.*, 2003).

#### **3.4. Órgãos e adaptações fisiológicas**

De acordo com SANZ SAMPELAYO *et al.* (2003), o tamanho dos órgãos dos animais modifica de acordo com a raça, sexo, idade, fase de produção, nível de alimentação e fatores ambientais . Esses autores enfatizam que o conhecimento das modificações no desenvolvimento de órgãos como fígado, rins, coração, pâncreas e do trato digestivo é de suma importância, porque estes refletem, em grande parte, as necessidades em energia e proteína para manutenção das atividades basais. Desta maneira, podem alterar a eficiência alimentar do animal e a utilização dos nutrientes por vários tecidos do corpo (FURUSHO-GARCIA *et al.*, 2003).

Segundo HUIDOBRO & VILLAPADIERNA (1992), quando os aportes nutricionais durante o crescimento são escassos, os componentes corporais de cabeça, coração, pulmão e ossos utilizam a maior parte destes aportes e, em consequência disso, o animal sofre uma inibição no desenvolvimento dos constituintes corporais na musculatura e no tecido adiposo. Esses mesmos autores constataram que, ao restringir a alimentação, o peso dos ossos e músculos da cabeça aumentava em relação ao peso dos ossos e músculos da carcaça.

Segundo SILANIKOVE (2000), esses resultados indicam que os órgãos precisam manter determinada dimensão para que sejam capazes de realizar suas atividades metabólicas vitais, de maneira que as restrições afetam o seu desenvolvimento em caráter parcial. Essa afirmação reforça a hipótese também



defendida por CHILLIARD *et al.* (1998), relatando que o organismo desenvolve mecanismos compensatórios resguardando-se para a realização de suas funções fisiológicas basais, na tentativa de compensar situações de privação nutricional.

Os ruminantes, quando sujeitos à restrição alimentar, são capazes de, dentro de certos limites, manterem a homeostase e sustentar as funções produtivas através de alterações na taxa metabólica (HORNICK *et al.*, 2000). Evidências indicam que nesse âmbito, os caprinos são muito mais eficientes em ajustar o metabolismo energético e a utilização do nitrogênio do que outras espécies ruminantes (SILANIKOVE, 2000). Essas alterações aparentemente são mediadas por modificações no metabolismo dos tecidos, principalmente daqueles relacionados à absorção, transformação e distribuição dos nutrientes (TOVAR-LUNA *et al.*, 2007b).

Diversos são os estudos que avaliam os efeitos da restrição nutricional em pequenos ruminantes, dentre os quais se destacam os efeitos sobre digestibilidade (BEM SALEM & SMITH, 2008), eficiência nutricional (TOVAR-LUNA *et al.*, 2007a), perfil metabólico (CALDEIRA *et al.*, 2007b), exigências nutricionais (FERNANDES *et al.*, 2007), desempenho (GERASEEV *et al.*, 2006), composição corporal (SANZ SAMPELAYO *et al.*, 2003), balanço hídrico (TEIXEIRA *et al.*, 2006), características de carcaça (YÁNEZ *et al.*, 2007) e fisiologia adaptativa (CHILLIARD *et al.*, 1998).

Embora seja extensa a relação de estudos sobre os efeitos da restrição nutricional, poucos foram realizados com caprinos durante a fase inicial de desenvolvimento, avaliando as diferenças no momento de transição entre os períodos de pré-ruminante para ruminante que contam com inúmeros processos fisiológicos ainda pouco amadurecidos pelo organismo (MORAND-FEHR, 2005). Além disso, a

adaptação frente a um quadro de restrição pode variar conforme o sexo do animal, uma vez que existem diferenças no desenvolvimento entre machos, fêmeas e castrados, por apresentarem diferentes características de deposição tecidual (músculo e gordura), determinadas através da ação e da concentração de hormônios sexuais (SAHLU *et al.*, 2004).

Estudando mecanismos adaptativos em ambientes nutricionalmente desfavoráveis, SILANIKOVE (2000) enfatiza que, dentre os ruminantes, os caprinos são os que apresentam maior capacidade de enfrentar essas adversidades, atribuindo tal capacidade à baixa massa corporal, reduzida exigência nutricional, eficiência digestiva e capacidade de reduzir e/ou modificar o seu metabolismo. Entretanto, esses mecanismos são observados em animais com sistema digestivo desenvolvido, onde há uma interação positiva entre fermentação ruminal, digestão e taxa de reciclagem da uréia (CHOWDHURY & ORSKOV, 1997), de maneira que os animais precisam reduzir a deposição de massa corporal e priorizar os nutrientes para dimensões e funções dos órgãos mediante modificações metabólicas (CALDEIRA *et al.*, 2007b).

Em estudos conduzidos por SANZ SAMPELAYO *et al.* (1995), constatou-se que as adaptações na utilização de substratos para a neoglicogênese hepática em resposta à demanda aumentada de energia ainda não estão bem esclarecidas. Contudo, esse mesmo autor atribuiu ao fígado a função de aumentar a utilização de aminoácidos, acarretando no esgotando desses precursores protéicos circulantes no sangue, para o atendimento das necessidades metabólicas frente a mudanças bruscas nas exigências nutricionais de energia e, conseqüentemente, de proteína.

#### **4. Perfil metabólico-nutricional e hormônios tireoidianos**

As diferentes características de deposição tecidual bem como seus mecanismos fisiológicos relacionados às adversidades nutricionais tem sido objeto de estudos nas mais diferentes áreas da nutrição e da fisiologia, onde as respostas dependerão de múltiplos fatores tais como espécie, idade, sexo e nutrição (MARINOVA *et al.*, 2001; TENEGE NEGESSE *et al.*, 2001; ATTI *et al.*, 2004). Sabe-se ainda que as atividades metabólicas podem variar nos animais de mesmo genótipo por ação de diferentes fatores fisiológicos, tais como o peso vivo, a composição corporal, a fase fisiológica, o nível produtivo, as condições ambientais e a atividade física (KANEKO *et al.*, 1997; McDONALD *et al.*, 2002; GOMIDE *et al.*, 2004).

A complexidade desses mecanismos tem estimulado o uso de diferentes ferramentas, dentre as quais o perfil metabólico-nutricional tem-se mostrado valioso no sentido de elucidar o comportamento fisiológico dos animais nas mais diferentes situações (RUSSEL, 1983).

Nesse sentido, desde 1970, os metabólitos têm sido utilizados como indicadores fisiológicos em estudos metabólico-nutricionais (PAYNE & PAYNE, 1987), pois buscam estabelecer por meio de análises sanguíneas o grau de adequação nas principais vias metabólicas relacionadas com energia, proteínas e minerais, bem como a funcionalidade de órgãos vitais em diferentes espécies, condições sexuais e fases de vida dos animais (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003). Buscam ainda identificar situações de risco de aparecimento de desequilíbrios metabólicos nos rebanhos, causados por uma maior demanda de nutrientes favorecendo o desequilíbrio entre a

entrada, saída e a capacidade para metabolizar esses componentes no organismo (RUSSEL, 1983).

Os indicadores protéicos não são modificados somente por desequilíbrios nutricionais, por isso a interpretação de suas concentrações no perfil metabólico deve considerar, além da alimentação, manejo, saúde, estado fisiológico e disponibilidade de energia para atividades metabólicas. Alguns transtornos relacionados à deficiência nutricional, funcionalidade hepática e renal, níveis de absorção de nutrientes e excreção de metabólitos podem ser identificados através dos níveis de indicadores protéicos, como as proteínas totais, albumina, uréia e creatinina. Nesse sentido, o perfil metabólico pode colaborar no estudo do balanço nutricional protéico dos animais, uma vez que em algumas situações os desequilíbrios nutricionais podem influir nas concentrações sanguíneas de alguns desses metabólitos (CONTRERAS *et al.*, 2000). Dessa forma, a avaliação do metabolismo protéico pode ser abordada mediante a determinação das concentrações de proteína total, albumina, uréia e creatinina no sangue dos animais (PAYNE & PAYNE, 1987; TURNER *et al.*, 2005).

A identificação das diferenças entre a energia que o organismo necessita e a energia que é consumida não é fácil de ser estabelecida, todavia através de indicadores metabólicos de energia torna-se possível identificar com precisão quaisquer situações de deficiências energéticas, evitando que a restrição alimentar venha a ocasionar danos irreversíveis ao animal e, portanto, ao processo produtivo (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003).

Metabólitos sanguíneos ligados ao metabolismo energético como o beta-hidroxiacetato ( $\beta$ HB), os ácidos graxos livres (AGL), o colesterol e os triglicérides estão

diretamente relacionados tanto com os níveis de energia disponível, quanto à taxa de mobilização das reservas lipídicas em momentos de déficit energético, além de serem os indicadores mais usados para aferir esse metabolismo nos animais de produção (CALDEIRA *et al.*, 2007b; WITTWER, 2000).

Importante ressaltar que, embora os efeitos da restrição alimentar sob o metabolismo energético e protéico de caprinos sejam bastante estudados em animais durante as fases de gestação e lactação, poucos são os trabalhos que estudam esses efeitos em animais em fase de crescimento. Essa constatação reforça a necessidade desses estudos, uma vez que CHOWDHURY & ORSKOV (1997) relatam dificuldades em estabelecer as relações entre proteína e energia, opinião que foi corroborada por BERMINGHAM *et al.* (2008) ao relacionar os níveis de ingestão com o fluxo portal de metabólitos em ruminantes com o auxílio de meta-análises, reforçando assim a necessidade de ampliação e aprofundamento dos estudos metabólicos.

O papel dos minerais na produção animal possui papel de grande importância, pois a adequada ingestão e absorção de minerais são necessárias para uma variedade de funções metabólicas, sendo o crescimento e a reprodução das mais importantes. Segundo LARSON (2005), as estratégias de suplementação mineral são consideradas complexas, uma vez que as exigências minerais nas diferentes espécies são limitantes, dificultando assim a obtenção de uma produção totalmente eficiente.

Os elementos inorgânicos são dieteticamente essenciais para todos os animais, exercendo influência direta sobre a eficiência de produção e correspondendo a, aproximadamente, 4 a 5% do peso corporal (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). Entretanto, os dados de disponibilidade de minerais, nas diversas fontes dietéticas,

podem acarretar imprecisões nos cálculos de suas exigências dietéticas, uma vez que a biodisponibilidade dos minerais é mais importante que o próprio nível destes nos alimentos (KINCAID, 1999; LARSON, 2005).

Deficiências marginais ou subclínicas pode ser um problema ainda maior do que os da deficiência mineral aguda por não apresentarem sintomas específicos. Na aguda os sintomas são mais evidentes e permitirão ao produtor reconhecer a deficiência, no entanto, nas subclínicas os animais continuam a crescer e se reproduzir, mas a uma taxa reduzida (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). Dentre as deficiências minerais mais comuns e que apresentam maiores limitações metabólicas em ruminantes estão, na ordem, as de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio (MORAES *et al.*, 1999), bem como a enzima fosfatase alcalina (MUNDIM *et al.*, 2007) devendo, portanto, fazerem parte do perfil metabólico mineral para detecção de possíveis desequilíbrios metabólicos.

Durante décadas, várias pesquisas foram conduzidas para desenvolver medidas bioquímicas simples e acuradas para avaliar o status mineral dos animais, as quais envolveram as análises de solo, água, planta e tecido animal (MCDOWELL, 1992 & 1999; UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). Todavia, as concentrações de minerais nos tecidos ou fluídos corporais freqüentemente são melhores indicadores do status mineral do rebanho do que as análises realizadas nas plantas e no solo (MCDOWELL, 1992 & 1999).

#### 4.1 Hormônios tireoidianos

Dentre os principais mecanismos relacionados ao crescimento e desenvolvimento dos animais encontram-se as atividades endócrinas, pois estas interagem diretamente com o metabolismo, estimulando ou inibindo processos fisiológicos em graus variáveis (REECE, 2006). A tireóide e seus hormônios tiroxina ( $T_4$ ) e triiodotironina ( $T_3$ ) estão intimamente relacionados a esses processos fisiológicos, atuando no metabolismo e sendo fundamentais para o desenvolvimento corporal (AHMED *et al.*, 2008). Importante ressaltar que embora o  $T_4$  seja predominante, este possui pouca atividade biológica, enquanto que o  $T_3$  é biologicamente ativo e principal responsável pelas alterações metabólicas. O  $T_4$  é convertido em  $T_3$  pela enzima 5'-deiodinase (5'D) em um processo conhecido como deiodinação enzimática, onde o  $T_4$  perde uma molécula de iodo, sendo que 75% desse processo ocorre nos tecidos periféricos (REECE, 2006).

Os hormônios tireoidianos têm sido considerados bons indicadores do estado nutricional dos animais (RIIS & MADSEN, 1985), indicando situações de restrição alimentar (RHIND *et al.*, 2000), sazonalidade das pastagens em caprinos (TODINI *et al.*, 1992) e ovinos (SOUZA *et al.*, 2002) e respostas à suplementações em animais jovens (ALSHAIKH *et al.*, 1997), machos adultos (ZHANG *et al.*, 2004) e fêmeas adultas (SHETAEWI & ROSS, 1991). Esses estudos relacionam variações na concentração de hormônios, de maneira que os animais possam buscar seu equilíbrio metabólico em diferentes condições ambientais, nutricionais e fases fisiológicas (AHMED *et al.*, 2008).

## 5. Avaliações ósseas

Estudos envolvendo metabolismo energético, protéico e mineral utilizaram de avaliações ósseas para avaliar o status nutricional geral através da deposição de nutrientes nos ossos e características de crescimento através do desenvolvimento das camadas ósseas (FIELD, 2000). Perda óssea substancial tem sido descrita em humanos e em situações de desequilíbrio nutricional de animais durante as fases de gestação e lactação, o que foi identificado através de parâmetros histológicos e morfométricos do osso, de maneira que o uso desses parâmetros torna-se viável para realização de estudos nutricionais em outras fases de elevada exigência nutricional, como a fase de crescimento (LIESEGANG *et al.*, 2006). Dessa forma, as avaliações ósseas são uma importante ferramenta para estudos do metabolismo de minerais, pois consistem no local de deposição (ou seqüestro) desses elementos em situações de desequilíbrio nutricional (FIELD, 2000; LIESEGANG *et al.*, 2006), auxiliando na compreensão do processo de mineralização óssea.

As mensurações ósseas podem ainda ser utilizadas para avaliação do crescimento (LAWRENCE & FAWLER, 2002), pois os ossos são órgãos compostos por tecidos rígidos e que desempenham importantes funções no organismo, como o crescimento corporal, a sustentação, a proteção, a produção de células sanguíneas e o estoque de minerais (REECE, 2006). Os ossos longos são divididos em epífises (extremidades) e diáfise (haste longa central), que nos animais em crescimento apresentam ainda a placa epifisária (matriz cartilaginosa), também chamada de metáfise (REECE, 2006). Esse importante órgão consiste em sais inorgânicos depositados dentro da matriz orgânica composta por colágeno e glicoproteínas,



tornando-o dependente do aporte nutricional em proteínas, energia e principalmente de minerais, como o cálcio, fósforo, magnésio e potássio para seu desenvolvimento (REECE, 2006).

Os ossos longos se desenvolvem a partir da disponibilidade de nutrientes para o crescimento longitudinal e diametral. O crescimento longitudinal consiste no aumento do comprimento a partir da deposição de minerais alongando a estrutura e levando à maturação da placa epifisária. Já o crescimento diametral consiste no aumento da largura envolvendo não somente a deposição mineral, mas também um processo de reabsorção óssea da camada mais interna para deposição na externa (FRANDSON *et al.*, 2005; REECE, 2006).

A densitometria mineral óssea (DMO) vem sendo utilizada em muitos estudos objetivando a determinação de valores normais nas diferentes espécies, sendo em sua maioria realizada em cães (ROBSON *et al.*, 2006), cavalos (PRADO FILHO & STERMAN, 2004; VULCANO *et al.*, 2006) e gatos (VULCANO *et al.*, 2008), com o intuito de avaliar de forma eficiente a estrutura óssea para diagnosticar e prevenir possíveis lesões ósseas. Por outro lado, o emprego da DMO em estudos nutricionais para animais de produção tem sido discretamente utilizada, a exemplo de estudos em cabras e ovelhas em gestação e lactação (LIESEGANG *et al.*, 2006) e em caprinos em crescimento (ARAÚJO *et al.*, 2011), sendo considerada por esses autores uma importante ferramenta para diversos estudos.

Embora a análise da DMO não forneça a quantidade exata de minerais específicos, trata-se de uma importante ferramenta auxiliando numa melhor compreensão e avaliação do processo de mineralização óssea, uma vez que o osso é

formado quase que exclusivamente por cálcio, fósforo e magnésio (VULCANO & SANTOS, 2003; VULCANO *et al.*, 2006).

## **6. Crescimento corporal**

O crescimento corporal de qualquer animal segue uma tendência sigmoideal, com desenvolvimento inicial lento, seguido de uma fase acelerada até atingir o pico, voltando então a ser lenta. Por outro lado, músculo, osso e gordura não crescem na mesma proporção e velocidade do corpo do animal (SAINZ & BENTLEY, 1997). Tem sido estabelecido como regra geral que a seqüência de crescimento dos diferentes tecidos ocorre inicialmente no tecido nervoso, seguido do ósseo, muscular e, por fim, o tecido adiposo (SAINZ & BENTLEY, 1997; LAWRENCE & FAWLER, 1997). Essa seqüência determina o destino dos nutrientes no corpo do animal, sendo fundamental para o manejo nutricional dos animais a identificação do momento (peso e/ou idade) em que a taxa de crescimento muscular diminui e a maioria dos nutrientes é direcionada para o tecido adiposo (YÁÑEZ *et al.*, 2006).

Segundo YÁÑEZ (2002) e PEREIRA FILHO (2003), poucas são as informações referentes ao crescimento dos caprinos leiteiros e às modificações relacionadas aos componentes corporais dos animais, pertencentes ou não à carcaça, assim como suas alterações quando submetidos às restrições nutricionais. Associado a isso, é importante ressaltar que tanto as taxas de crescimento quanto o desenvolvimento corporal dos animais não dependem somente da condição nutricional (CALDEIRA *et*

*al.*, 2007b), mas também da idade, do sexo, das diferenças genéticas (FREETLY *et al.*, 1995), do tamanho corporal adulto e condições climáticas (MANDAL *et al.*, 2005).

É fato que restrições mais severas afetam a dinâmica da deposição tecidual, o crescimento e o tamanho final dos animais e, quando ocorrem precocemente podem afetar permanentemente o potencial de desenvolvimento (CALDEIRA, 2005). Além da época em que ocorram as restrições, o período de duração também deve ser levado em consideração, podendo ser determinantes no crescimento e na capacidade funcional dos tecidos e órgãos desde a concepção até a maturidade (LAWRENCE & FOWLER, 2002).

A mensuração do crescimento dos animais pode ser realizada com o uso de diversas ferramentas, visando o acompanhamento do seu desenvolvimento como um todo ou de partes específicas, sejam para uso em estudos científicos ou para um simples controle zootécnico (SOUZA *et al.*, 2009). Essas ferramentas incluem técnicas objetivas e subjetivas, dentre as quais se destacam a biometria (realizadas em animais vivos), o escore corporal (relacionado à condição nutricional) e a morfometria (mensurações realizadas pós-abate) (DE CAMPENEERE *et al.*, 2000).

Essas ferramentas tem sido utilizadas com sucesso em estudos de provas de ganho de peso (VARADE *et al.*, 1997; RESENDE *et al.*, 2001), curvas de crescimento (SOUZA *et al.*, 2010), desempenho produtivo e econômico (PEREIRA FILHO *et al.*, 2005), parâmetros reprodutivos (CAMPOS *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2008), escore de condição corporal (CALDEIRA *et al.*, 2007a, 2007b; THOMPSON & MEYER, 1994) e metabolismo de minerais (BONJOUR *et al.*, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2011), comprovando assim a ampla possibilidade de aplicação e confiabilidade dessas ferramentas.

## **7. Considerações finais**

Em vista do comentado anteriormente, pode-se afirmar que diversas mudanças fisiológicas e metabólicas durante a fase de crescimento podem ser avaliadas e monitoradas como uso de diferentes ferramentas. Essas mudanças influenciam diretamente no desenvolvimento corporal, no desempenho produtivo, na eficiência nutricional, na condição e composição corporal, nos tamanhos e proporções dos órgãos, nos perfis metabólico-nutricional e hormonal, bem como no crescimento e metabolismo ósseo. Importante ressaltar que o organismo desenvolve diferentes mecanismos adaptativos frente às restrições de acordo com o período e a intensidade que ocorrem, apresentando diferentes estratégias para os períodos de pré-ruminante e ruminante.

Portanto, diante da extrema importância que a nutrição possui nas fases críticas como a de crescimento, associada à carência de informações detalhadas sobre o metabolismo dos caprinos quando submetidos às restrições nutricionais, faz-se necessário a realização de estudos objetivando melhor conhecer seus efeitos e compreender os mecanismos fisiológicos e metabólico-nutricionais envolvidos.

## **CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL METABÓLICO-NUTRICIONAL DE CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL**

**RESUMO** – Objetivou-se no presente estudo avaliar os impactos da restrição nutricional sob os parâmetros de desempenho, características de carcaça, composição corporal, perfil metabólico-nutricional e hormonal tireoidiano em cabritos machos castrados, fêmeas e machos não castrados da raça Saanen, dos 05 aos 15 kg de peso corporal (PC). Foram utilizados 46 cabritos da raça Saanen (17 machos não castrados, 14 fêmeas e 15 machos castrados), dos 05 aos 15 kg de peso corporal, submetidos a três diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição de 25% e restrição de 50%), sendo que os sob restrição tiveram a oferta diária de alimento baseada no consumo do *ad libitum*. Todos os animais foram abatidos quando os *ad libitum* atingiram 15 kg de PC, realizando-se a avaliação do volume sanguíneo, do peso de carcaça (pesos de carcaça quente e de carcaça fria), dos não-componentes de carcaça (trato gastrointestinal, depósitos de gordura, órgãos internos) e da composição corporal. O perfil metabólico-nutricional e hormônios tireoidianos foram determinados em dosagens séricas realizadas ao longo das nove semanas sucessivas. O sexo não exerceu efeito ( $P>0,05$ ) sobre nenhum dos parâmetros avaliados. Os animais em aleitamento mostraram-se mais eficientes que no pós-desaleitamento. Os componentes de carcaça e de não carcaça foram afetados negativamente ( $P<0,05$ ) pelas restrições, havendo redução ( $P<0,05$ ) na deposição de tecido muscular e na composição corporal em gordura para manter a funcionalidade dos órgãos responsivos. Apenas os parâmetros séricos de uréia, creatinina e colesterol foram influenciados pelo efeito das restrições nutricionais ( $P<0,05$ ), havendo ainda redução dos níveis séricos de triiodotironina. Portanto, com o presente estudo, pode-se concluir que a restrição nutricional exerce diferentes impactos sob o desempenho, composição corporal, perfil metabólico-nutricional e hormonal em cabritos Saanen.

**Palavras-chave:** aleitamento, caprinos, desenvolvimento, pré-ruminante, subnutrição

## 1. Introdução

Os caprinos são importantes animais domésticos para produção de alimentos e para a segurança econômica e social, particularmente nos países em desenvolvimento (SAHLU & GOETSCH, 2005), mas sua contribuição em países desenvolvidos também tem aumentado nos últimos anos, deixando de ser uma exploração vista como sinônimo de subdesenvolvimento e pobreza (BOYAZOGLU *et al.*, 2005). Do ponto de vista econômico, a produtividade e a viabilidade de qualquer espécie animal de produção dependem da qualidade genética dos animais, dos fatores ambientais e da interação entre estes, dentre os quais a nutrição representa o principal fator ambiental, podendo limitar a produtividade em termos de quantidade e qualidade, além de ser o fator de maior participação no custo de produção (MORAND-FEHR, 2005).

É prática usual na caprinocultura leiteira a separação dos cabritos das mães logo após a fase de ingestão do colostro, quando passam então a ser aleitados artificialmente, visando elevar a disponibilidade do leite da cabra para a comercialização (COSTA *et al.*, 2010). Segundo RIBEIRO *et al.* (1997), as despesas com alimentação dos animais na caprinocultura leiteira representam 50 a 60% dos custos de produção, podendo atingir até 80% durante a fase de aleitamento. Nesse contexto, a busca por alternativas que possam reduzir os custos com a alimentação dos cabritos e que permitam a realização do desaleitamento precoce, são fatores importantes para a sustentabilidade da atividade (GENANDOY *et al.*, 2002). Entretanto, todas as práticas de aleitamento e desaleitamento devem ser avaliadas, pois a utilização de sucedâneos ou mesmo a redução do volume de leite fornecido podem

comprometer o desenvolvimento dos cabritos por não receberem alimentos de qualidade e/ou na quantidade necessária (RAMOS *et al.*, 2004).

Os ruminantes, quando sujeitos a restrição alimentar, são capazes de, dentro de certos limites, manter a homeostase e sustentar as funções produtivas através da alteração na taxa metabólica (HORNICK *et al.*, 2000). Evidências indicam que nesse âmbito, os caprinos são muito mais eficientes em ajustar o metabolismo energético e a utilização do nitrogênio do que outras espécies ruminantes (SILANIKOVE, 2000). Essas alterações aparentemente são mediadas por modificações no metabolismo dos tecidos, principalmente daqueles relacionados à absorção, transformação e distribuição dos nutrientes (TOVAR-LUNA *et al.*, 2007b).

Diversos são os estudos que avaliam os efeitos da restrição nutricional em pequenos ruminantes, dentre os quais se destacam os efeitos sobre digestibilidade (BEM SALEM & SMITH, 2008), eficiência nutricional (TOVAR-LUNA *et al.*, 2005a), perfil metabólico (CALDEIRA *et al.*, 2007b), exigências nutricionais (FERNANDES *et al.*, 2007), desempenho (GERASEEV *et al.*, 2006), composição corporal (SANZ SAMPELAYO *et al.*, 2003), características de carcaça (YÁNEZ *et al.*, 2007) e fisiologia adaptativa (CHILLIARD *et al.*, 1998).

Embora seja extensa a relação de estudos sobre os efeitos da restrição nutricional, poucos foram realizados com caprinos durante a fase inicial de desenvolvimento, avaliando as diferenças no momento de transição entre os períodos de pré-ruminante para ruminante que contam com inúmeros processos fisiológicos ainda pouco amadurecidos pelo organismo (MORAND-FEHR, 2005). Além disso, a

adaptação frente a um quadro de restrição pode variar conforme o sexo do animal, uma vez que existem diferenças no desenvolvimento entre machos, fêmeas e castrados, por apresentarem diferentes características de deposição tecidual (músculo e gordura), determinadas através da ação e da concentração de hormônios (SAHLU *et al.*, 2004).

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da restrição nutricional sob os parâmetros de desempenho, características de carcaça, composição corporal e perfil metabólico-nutricional de cabritos machos, fêmeas e castrados da raça Saanen, dos 05 aos 15 kg de peso corporal.

## **2. Material e Métodos**

### *2.1. Local, período experimental e condições climáticas*

O experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, localizado na região nordeste do Estado de São Paulo, iniciado em março de 2008 e finalizado em maio de 2009.

As condições climáticas da instalação experimental foram aferidas diariamente, às 6:00 e às 16:00 horas, sempre antes da higienização da instalação. Para tal foi utilizado aparelho termohigrômetro digital Incoterm<sup>®</sup> 7429, com variação de  $\pm 1$  grau Célsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) e de  $\pm 5\%$  de umidade relativa (UR), apresentando valores médios de  $25,3 \pm 6,4^{\circ}\text{C}$  e de  $48,7 \pm 27\%$  de UR ao longo do experimento.



## 2.2. Animais e tratamentos experimentais

Foram utilizados 46 cabritos da raça Saanen, sendo 17 machos não castrados, 14 fêmeas e 15 machos castrados, dos 05 aos 15 kg de peso corporal (PC), agrupados em blocos, onde cada bloco os animais foram sorteados e submetidos a três diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) (Figura 1). Castrações foram realizadas entre 7 e 10 dias de idade, mediante extirpação cirúrgica dos testículos (orquiectomia) conforme metodologia descrita por TURNER & MCLWRAITH (2007). Aos animais submetidos à restrição moderada e severa, foi oferecido, respectivamente, 75% e 50% da quantidade consumida pelos animais sem restrição (*ad libitum*), o qual recebeu alimento à vontade garantindo aproximadamente 20% de sobras. O experimento finalizou quando os animais sem restrição (*ad libitum*) atingiram 15 kg de PC, sendo estes abatidos juntamente aos animais do mesmo bloco que estavam submetidos aos tratamentos de restrição moderada e severa.

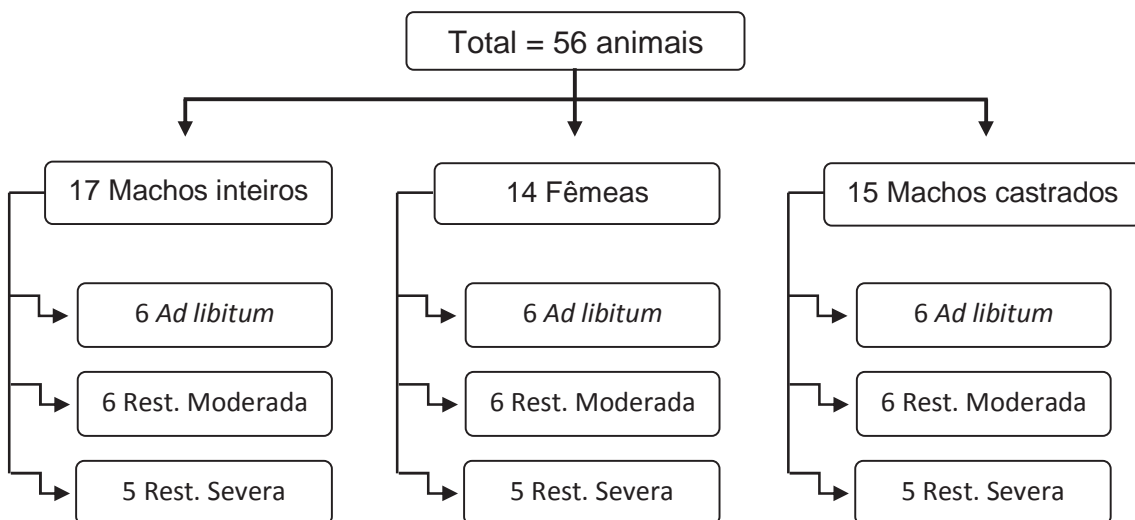


Figura 1. Fluxograma de distribuição experimental dos animais (machos não castrados, fêmeas e machos castrados) submetidos a diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição de 25% ou moderada e restrição de 50% ou severa)

### *2.3. Instalações, preparo e fornecimento das dietas*

O experimento foi conduzido em galpão de alvenaria com cobertura metálica, pé direito de aproximadamente 4,0 metros, dotado lateralmente de entradas para luz e ventilação natural, equipado com cortinas retráteis de lona para proteção contra sol, chuva e vento, além de ventilador adequado para galpões. Os animais foram individualmente alojados em gaiolas metálicas, suspensas a 1,0 m do solo, com área útil de aproximadamente 1 m<sup>2</sup>, dotadas de pisos plásticos antiderrapantes. As gaiolas possuíam bebedouro comum para cada dois animais e comedouro individual para alimentos sólidos (permitindo assim a mensuração do consumo individual de sólidos).

Durante o período pré-experimental, compreendido entre o nascimento e o momento em que os cabritos atingissem 05 kg de PC, todos os animais foram aleitados artificialmente 02 vezes ao dia com leite da espécie caprina, sem qualquer nível de restrição alimentar, até que atingissem a saciedade.

Diante da grande quantidade de animais a serem aleitados simultaneamente foi implantado um banco de leite para o armazenamento de todo o excedente da produção leiteira do Setor de Caprinocultura da UNESP/FCAV. Importante ressaltar que antes do armazenamento, o leite foi submetido a um tratamento térmico de 56°C por 60 minutos, prevenindo assim a proliferação de agentes potencialmente causadores de enfermidades e permitindo maior período de conservação. Foram coletadas amostras quinzenais (total de 29 amostras) para determinação da composição média e

características físico-químicas do leite fornecido ao longo do experimento (Tabela 1), encontrando-se dentro da normalidade para a espécie.

Tabela 1. Composição média e características físico-químicas do leite de cabra com respectivos desvios padrão

Parâmetro	Média*	Desvio padrão
Água (%)	88,36	1,34
Proteína bruta (%)	3,29	0,34
Lipídios (%)	3,94	0,65
Lactose (%)	4,33	0,25
Extrato seco total (%)	11,64	0,79
Extrato seco desengordurado (%)	8,51	0,38
Cinzas (%)	0,71	0,09
Densidade (a 15°C)	1,0329	0,0018
pH	6,651	0,072
Acidez (°D)	16,09	1,09
Índice crioscópico (°H)	-0,570	0,008

\* Média obtida a partir da análise, em triplicata, de um "pool" das 29 amostras de leite coletadas

O alimento sólido foi oferecido sob a forma de ração completa, em relação volumoso/concentrado de 50:50 na matéria seca (MS), sendo o concentrado preparado a base de milho triturado, farelo de soja, melaço de cana, mistura mineral e óleo de soja, enquanto que o volumoso utilizado foi o feno de planta de milho (planta de milho inteira no ponto de silagem, colhida, triturada e desidratada ao sol até o ponto de crepitação, ou seja, aproximadamente 85% de MS). A dieta experimental foi formulada objetivando ganho de 150 g/animal/dia conforme recomendações do NRC (2006). Os

alimentos foram oferecidos em duas refeições diárias, as 7:00 e às 17:00 horas. A composição químico-bromatológica dos ingredientes encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica média dos ingredientes da dieta sólida, expressas na matéria seca (MS) para proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e matéria mineral (MM)

Ingrediente	Percentual		% MS				
	%*	% MS	PB	EE	FDN	FDA	MM
Feno de milho <sup>1</sup>	46,9	86,91	8,85	1,62	51,00	26,32	3,71
Farelo de soja	19,3	87,74	50,57	2,07	23,50	12,40	6,42
Milho moído	25,9	86,09	9,52	4,56	15,21	4,05	1,26
Melaço de cana	4,29	91,89	3,45	0,06	-	-	22,66
Óleo de soja	0,81	100,00	-	99,99	-	-	-
Mistura mineral <sup>2</sup>	1,99	94,60	0,11	-	-	-	89,73
Calcário calcítico	0,80	99,79	0,10	-	-	-	99,69
Total	100,00	87,43	14,44	2,03	28,15	13,73	6,26

\* Participação na dieta em percentual na matéria natural

<sup>1</sup> Planta inteira de milho sem a raiz, colhida no ponto de ensilar, submetida à secagem ao sol

<sup>2</sup> Níveis de garantia da mistura mineral (quantidade/kg de produto): cálcio 190 g, fósforo 73 g, sódio 62 g, cloro 92 g, magnésio 44 g, enxofre 30 g, zinco 1350 mg, cobre 340 mg, manganês 940 mg, ferro 1064 mg, cobalto 3 mg, iodo 16 mg, selênio 18 mg, flúor (máximo) 730 mg

O período experimental foi iniciado quando os animais atingirem 05 kg de PC, de forma que tanto o alimento líquido (leite) quanto o alimento sólido (ração completa) passaram a ser oferecidos de acordo com o nível nutricional pré-estipulado para cada animal (*ad libitum*, restrição moderada, restrição severa). Todos os animais foram desaleitados aos 50 dias de idade, seguindo estratégia de desaleitamento progressivo

(Tabela 3) para todos os níveis nutricionais de maneira proporcional, estimulando assim o consumo de alimentos sólidos.

Tabela 3. Esquema de desaleitamento progressivo adotado no manejo nutricional

Nível nutricional	Idade (dias)	Volume (mL/manhã)	Volume (mL/tarde)	Volume (mL/diário)
<i>Ad libitum</i> (0% de restrição)	3 a 22	750 mL	750 mL	1500 mL
	23 a 36	400 mL	800 mL	1200 mL
	37 a 50	0 mL	750 mL	750 mL
Restrição moderada (± 25% de restrição)	3 a 22	Aproximadamente 75% do volume consumido pelo tratamento <i>ad libitum</i> (0% de restrição)		
	23 a 36			
	37 a 50			
Restrição severa (± 50% de restrição)	3 a 22	Aproximadamente 50% do volume consumido pelo tratamento <i>ad libitum</i> (0% de restrição)		
	23 a 36			
	37 a 50			
Todos os níveis	> 50	Somente dieta sólida		

#### 2.4. Mensuração do consumo e pesagens

O consumo dos animais foi mensurado diariamente a partir da pesagem da quantidade de alimento oferecida e das sobras, com o auxílio de balança digital com precisão de 10 g. Assim como foi realizado para o leite, com base no consumo aferido do animal sem restrição (*ad libitum*) foi calculada a quantidade a ser ofertada aos animais sob restrições moderada e severa (25 e 50%, respectivamente) do consumido pelo *ad libitum*, do mesmo bloco.

Para avaliação do desempenho, os animais foram pesados semanalmente, sempre antes do fornecimento da refeição matinal, utilizando balança digital com precisão de 50g, durante todo o experimento.

## *2.5. Abate e avaliação dos componentes de carcaça e de não-carcaça*

Ao atingirem 15 kg de peso corporal, os animais sem restrição alimentar (*ad libitum*) foram abatidos e, concomitantemente, os animais das restrições moderada e severa, pertencentes ao mesmo bloco, também foram abatidos. Dessa forma, assegurou-se o mesmo período experimental (igual número de dias de experimento) para os 03 animais pertencentes ao mesmo bloco.

O sacrifício dos animais foi realizado após insensibilização prévia por concussão elétrica, seguido de sangria mediante secção das veias jugulares e artérias carótidas. Preventivamente, após a sangria, foi realizada secção da medula espinhal na articulação atlanto-occipital para uma maior insensibilização neuro-motora. Depois de constatada a morte do animal (ausência de reflexos palpebrais, interdigitais, lingual e anal), foi realizada a abertura cavitária do animal para retirada e separação de todos os órgãos, sempre no sentido crânio-caudal e o sangue coletado foi pesado. O trato gastrintestinal (TGI) foi removido e pesado antes e após a retirada de seu conteúdo para determinação do peso de corpo vazio (PCV), que foi considerado como o peso corporal (PC) subtraído do conteúdo gastrintestinal.

Após a separação dos órgãos, foi realizada a pesagem dos pulmões, rins, pâncreas, coração, fígado, baço e tireóide. Após a retirada do conteúdo, foi realizada a

lavagem seguida da pesagem do rumem, retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco, cólon e reto. Foram ainda realizadas dissecações para retirada e pesagem da gordura presente nas regiões perirrenal, pericárdica, mesentérica, omental e abdominal.

Imediatamente após a retirada dos órgãos internos e separação dos depósitos de gordura, foram realizadas pesagens das carcaças inteiras (corpo vazio sem cabeça e patas) para determinação do peso de carcaça quente (PCQ) e, após 24 horas de resfriamento em câmara fria a 4°C, para determinação do peso de carcaça fria (PCF), conforme metodologia descrita por YÁÑEZ *et al.* (2006).

## 2.6. Composição corporal

Todo o corpo do animal (sangue, vísceras, cabeça, membros, pele e carcaça) foi triturado, homogeneizado e retiradas três amostras de aproximadamente 50 g, as quais foram liofilizadas por 72 horas para determinação da matéria pré-seca e posteriormente moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes de plástico hermeticamente fechados para posteriores determinações de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral.

O conteúdo de matéria seca (MS) das amostras de corpo foi determinado pela secagem em estufa a 105°C até atingirem peso constante; o conteúdo de matéria mineral pela queima das amostras a 550°C por três horas; o extrato etéreo (EE) por meio da extração contínua com éter de petróleo durante 6 horas utilizando extrator de Soxhlet, e a proteína bruta (PB) pelo método de combustão de Dumas utilizando

analisador tipo LECO FP-528LC, conforme procedimento descrito por ETHERIDGE *et al.* (1998).

### 2.7. Colheita e processamento do sangue

Foram realizadas colheitas semanais de sangue a partir do primeiro dia em que os animais ingressaram no experimento (05 kg de PC para qualquer tratamento) até o momento em que os animais do tratamento *ad libitum* atingissem o peso final (15 kg de PC para animais sem restrição alimentar). As colheitas foram realizadas sempre antes do fornecimento da refeição matinal, após desinfecção prévia da região cervical com algodão levemente embebido em solução de álcool iodado a 10%, utilizando de tubos de ensaio com vácuo sem anticoagulante para separação do soro sanguíneo (BD Labor Import<sup>®</sup> – sem aditivo).

A colheita foi procedida por punção da veia jugular externa com agulhas estéreis específicas para coletas em tubos com vácuo (BD Vacutiner<sup>®</sup>) e o material colhido foi acondicionado em caixa isotérmica com baterias de gelo, preservando-se o material coletado sob temperatura compreendida entre 08 e 12°C. Em seguida, o material colhido foi centrifugado a 3.000 rpm (rotações por minuto) durante 15 minutos para separação do soro sanguíneo. O material separado de cada tubo foi retido, subdividido e armazenado em cinco recipientes plásticos (Eppendorf<sup>®</sup>) com capacidade para 1,5 mL. Após subdivisão e armazenamento, as amostras foram submetidas ao congelamento rápido por imersões em nitrogênio líquido (-196°C) e em seguida acondicionadas à temperatura de -20°C. O processamento e armazenamento do



sangue foram realizados no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

## 2.8. Dosagens de metabólitos sanguíneos

As dosagens dos metabólitos foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Clínica e Cirurgia Animal, Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

Para avaliação do perfil metabólico energético e protéico, foram realizadas dosagens de glicose, colesterol, ácidos graxos não esterificados, beta-hidroxibutirato, triglicérides, proteínas totais, albumina, uréia e creatinina. Todas as dosagens de metabólitos foram realizadas no soro sanguíneo processado das coletas realizadas ao longo de todo o período experimental (9 semanas).

Os métodos e respectivos kits comerciais utilizados para realização das dosagens bioquímicas foram: Colesterol total por reação de ponto final, pelo método enzimático-Trinder (Labtest® Diagnóstica S.A.); Ácidos graxos não esterificados utilizando o kit comercial da Randox® (FA115) sendo a reação baseada em ELPHICK (1968); Beta-hidroxibutirato utilizando o kit comercial Randox® (FA 1007), sendo a reação baseada em WILLIAMSON *et al.* (1962); Triglicérides por reação de ponto final, pelo método enzimático-Trinder (Labtest® Diagnóstica S.A.); Proteína total pelo método do Biureto (Labtest® Diagnóstica S.A.); Albumina segundo o método do Verde de Bromocresol (Labtest® Diagnóstica S.A.); Uréia pelo método enzimático UV (Labtest® Diagnóstica S.A.) e Creatinina pelo método do princípio da reação com solução de Picrato em meio

alcalino (Labtest® Diagnóstica S.A.). Para leitura, utilizou-se aparelho semi-automático para leitura de dosagens bioquímicas Labquest®.

## 2.9 Dosagens de hormônios tireoidianos

Para avaliação do perfil hormonal tireoidiano, foram realizadas dosagens séricas dos hormônios tiroxina ( $T_4$ ) e triiodotironina ( $T_3$ ). Todas as dosagens foram procedidas no soro sanguíneo processado das coletas realizadas nos períodos de aleitamento (1ª, 2ª, 3ª e 4ª semanas) e de pós-desaleitamento (6ª, 7ª, 8ª e 9ª semanas), considerando o período total experimental (total de 9 semanas).

As dosagens foram realizadas no Laboratório de Experimentação Animal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (USP/FZEA). Para tal foram utilizados *kits* comerciais para dosagens imunoenzimáticas (EIA) de tiroxina (Thyroxine Test System 225-300 AccuBind® - Monobind Inc.) e de triiodotironina (Triiodothyronine Test System 125-300 AccuBind® - Monobind Inc.) para dosagem quantitativa de  $T_3$  e  $T_4$  no soro sanguíneo, conforme metodologias descritas por CHOPRA *et al.* (1971a, 1971b).

A curva padrão foi determinada utilizando-se 6 pontos com as concentrações variando de 0 a 25 ng/mL para  $T_4$ , e de 0 a 7,5 ng/mL para  $T_3$ . Para a leitura de ambos os hormônios, foi utilizado comprimento de onda de filtro a 450 nm de absorvância com sensibilidade para a determinação de 0,04 ng/mL. As dosagens foram lidas com a utilização do aparelho Multiskam MS da Labsystems® Version 8.0 para dosagens EIA.

## 2.10. Análises bromatológicas

Nas amostras dos ingredientes da ração e das sobras determinaram-se os teores de matéria seca (MS) (Método oficial 930.15), extrato etéreo (EE) (Método oficial 920.39), matéria mineral (MM) (Método oficial 942.05) e nitrogênio total (Método oficial 984.13), de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (1995). O teor de matéria orgânica (MO) foi obtido através da diferença entre o teor de MS e MM, assim como o teor de proteína bruta foi obtido através da multiplicação do teor de nitrogênio total pelo fator 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme ROBERTSON & VAN SOEST (1981).

Para determinação da composição média do leite foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: proteína (método Micro-Kjedahl, com o fator 6,38 multiplicado pela porcentagem de nitrogênio) (Método oficial 991.20); lactose (determinada por espectrofotometria de absorção) (Método oficial 991.20); acidez (titulação com soda nono-normal pelo método de DORNIC) (Método oficial 947.05) e Cinzas (em forno mufla a 600°C) (Método oficial 935.42), segundo metodologias propostas pela AOAC (1995).

As concentrações de extrato seco total (obtenção do peso constante através da secagem); lipídios (utilizando lactobutirômetro de Geber); sólidos totais (em estufa a 105°C até peso constante); densidade (leitura realizada em termolactodensímetro a 15°C); pH (através do potenciômetro digital); crioscopia (através de crioscópio

eletrônico LACTRON); teor de cloretos (titulação com dicromato de potássio e nitrato de prata); extrato seco total e desengordurado (calculados a partir dos valores determinados para densidade e gordura, pela fórmula de PLEISMAN), foram realizados segundo metodologia proposta pelo INSTITUTO ADOLF LUTZ (2005).

### *2.11. Delineamento experimental e Análises estatísticas*

Os dados foram analisados em delineamento em blocos ao acaso utilizando modelos mistos, sendo considerado como efeitos fixos o sexo (2 graus de liberdade) e os níveis nutricionais (2 graus de liberdade), e como efeito aleatório os blocos (16 graus de liberdade) e o resíduo. Utilizou-se o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.2) e quando significativas, as médias entre sexo e níveis nutricionais foram comparadas utilizando a diferença mínima significativa de Tukey (i.e., a opção DIFF ADJUST do comando LSMEANS). A significância foi declarada a  $P \leq 0,05$ .

## **3. Resultados**

### *3.1. Idade, peso e período experimental*

Na Tabela 4 estão apresentadas as idades iniciais e finais, e a quantidade de dias em aleitamento e pós-desaleitamento, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados).

Não houve efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P>0,05$ ), dos efeitos principais do nível nutricional ( $P>0,05$ ) ou do sexo ( $P>0,05$ ) para nenhuma das variáveis aferidas. Por outro lado, houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) apenas do nível nutricional sobre os valores médios de peso corporal ao desmame e peso corporal final.

Tabela 4. Idades iniciais e finais, quantidade de dias em aleitamento e pós-desaleitamento, e peso corporal (PC) inicial, ao desmame e final em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de PC

Parâmetro (dias)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Idade inicial	22,20	22,41	22,24	0,107	0,305
Idade final	108,43	108,43	108,52	0,159	0,897
Dias aleitamento	37,01	36,60	36,54	1,304	0,450
Dias pós-desaleitamento	49,22	49,42	49,74	1,938	0,430
PC inicial	5,06	4,88	5,04	0,1077	0,379
PC ao desmame	8,71 <sup>a</sup>	7,43 <sup>b</sup>	6,48 <sup>c</sup>	0,1597	<,0001
PC final	15,22 <sup>a</sup>	11,90 <sup>b</sup>	9,32 <sup>c</sup>	0,2894	<,0001
Parâmetro (dias)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Idade inicial	25,19	23,21	23,24	0,120	0,751
Idade final	104,00	105,46	103,53	0,250	0,167
Dias aleitamento	31,07	33,10	32,96	2,199	0,757
Dias pós-desaleitamento	47,74	49,15	47,33	3,316	0,259
PC inicial	5,03	4,92	5,01	0,1200	0,801
PC ao desmame	7,53	7,51	7,58	0,2500	0,981
PC final	12,12	11,95	12,36	0,4204	0,797

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Observa-se que todos os animais apresentaram a mesma faixa etária tanto no momento em que ingressaram, quanto no momento em que terminaram o experimento (Tabela 4), assegurando igual condição de maturidade fisiológica aos animais. As diferenças observadas entre os valores de PC ao desmame e PC final para os diferentes níveis nutricionais (Tabela 4), indicam que os valores diminuíram à medida que a restrição nutricional se elevou.

### 3.2. Consumo

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os valores médios de consumo durante os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, respectivamente, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P > 0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis aferidas. Por outro lado, houve efeito significativo ( $P < 0,0001$ ) do nível nutricional sobre todos os valores médios de consumo (CMS, CMO, CPB, CMM, CEE e CCHOT), em todos os períodos avaliados.

Tabela 5. Consumo médio diário, durante o período de aleitamento, em gramas por dia (g/dia), de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), matéria mineral (CMM), extrato etéreo (CEE) e carboidratos totais (CCHOT), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Consumo (g/dia)	Nível de restrição			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
CMS	200,28 <sup>a</sup>	147,73 <sup>b</sup>	99,08 <sup>c</sup>	4,539	<,0001
CMO	178,34 <sup>a</sup>	131,53 <sup>b</sup>	88,05 <sup>c</sup>	3,819	<,0001
CPB	49,11 <sup>a</sup>	36,43 <sup>b</sup>	24,02 <sup>c</sup>	0,962	<,0001
CMM	12,27 <sup>a</sup>	9,15 <sup>b</sup>	6,15 <sup>c</sup>	0,284	<,0001
CEE	48,01 <sup>a</sup>	35,67 <sup>b</sup>	22,96 <sup>c</sup>	0,965	<,0001
CCHOT	87,08 <sup>a</sup>	63,82 <sup>b</sup>	43,79 <sup>c</sup>	2,433	<,0001

Consumo (g/dia)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
CMS	140,61	156,66	149,81	4,784	0,082
CMO	125,50	139,41	133,03	3,973	0,169
CPB	35,65	36,41	36,50	0,921	0,294
CMM	8,69	9,64	9,23	0,291	0,090
CEE	35,16	36,42	35,37	0,825	0,270
CCHOT	61,02	68,32	65,35	2,726	0,180

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Durante os períodos avaliados (aleitamento e pós-desaleitamento), observou-se um mesmo comportamento de consumo para todos os parâmetros (CMS, CMO, CPB, CMM, CEE e CCHOT), onde os valores médios dos consumos foram diferentes

( $P < 0,05$ ) entre si e sempre maiores nos animais com maior aporte nutricional (*ad libitum* > restrição moderada > restrição severa).

Tabela 6. Consumo médio diário, durante o período pós-desaleitamento, em gramas por dia (g/dia), de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), matéria mineral (CMM), extrato etéreo (CEE) e carboidratos totais (CCHOT), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Consumo (g/dia)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
CMS	443,29 <sup>a</sup>	333,84 <sup>b</sup>	216,07 <sup>c</sup>	14,121	<,0001
CMO	346,89 <sup>a</sup>	263,36 <sup>b</sup>	172,20 <sup>c</sup>	11,270	<,0001
CPB	63,65 <sup>a</sup>	48,24 <sup>b</sup>	31,05 <sup>c</sup>	2,045	<,0001
CMM	27,71 <sup>a</sup>	20,97 <sup>b</sup>	13,45 <sup>c</sup>	0,900	<,0001
CEE	9,10 <sup>a</sup>	6,88 <sup>b</sup>	4,43 <sup>c</sup>	0,311	<,0001
CCHOT	274,14 <sup>a</sup>	208,24 <sup>b</sup>	136,73 <sup>c</sup>	8,958	<,0001
Consumo (g/dia)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
CMS	311,88	338,37	342,95	20,387	0,489
CMO	246,39	267,28	268,78	16,038	0,523
CPB	44,79	48,93	49,22	2,917	0,468
CMM	19,37	21,19	21,57	1,303	0,429
CEE	6,36	6,97	7,08	0,451	0,461
CCHOT	195,24	211,41	212,48	12,710	0,540

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)



Dessa forma, as proporções de restrição alimentar nos tratamentos *ad libitum*, restrição moderada e severa foram, respectivamente, de 0%, 26,24% e 50,53% para o período de aleitamento, e de 0%, 24,69% e 51,26% para o período pós-desaleitamento (Tabelas 5 e 6).

### 3.3. Desempenho e Eficiência alimentar

Na Tabela 7 são apresentados os ganhos médios diários e os valores de eficiência alimentar (ganho médio diário/consumo diário de matéria seca) referentes aos períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Somente para ganho foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), sendo estas apenas em função do nível nutricional, onde os valores foram diferentes entre si e maiores nos animais com maior aporte nutricional (*ad libitum* > restrição moderada > restrição severa).

Verificou-se haver uma redução no GMD de 28,32% e 59,29% para o período de aleitamento, e de 31,03% e 57,24% para o período pós-aleitamento, para as restrições moderada e severa, respectivamente, quando comparado ao GMD dos animais *ad libitum* (Tabela 7). Apesar de não ser verificado nenhum efeito sobre os parâmetros de eficiência alimentar, observou-se que animais em aleitamento foram em média mais eficientes (0,53 gPC/gMS) que no pós-desaleitamento (0,30 gPC/gMS) (Tabela 7).

Tabela 7. Ganhos médios diários e eficiência alimentar média (ganho médio diário/consumo de matéria seca), em gramas, referentes aos períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Ganho aleitamento	113,30 <sup>a</sup>	80,75 <sup>b</sup>	46,38 <sup>c</sup>	4,633	<,0001
Ganho pós-desaleitamento	145,00 <sup>a</sup>	95,54 <sup>b</sup>	62,34 <sup>c</sup>	4,569	<,0001
Eficiência aleitamento	0,56	0,55	0,47	0,041	0,316
Eficiência pós-desaleitamento	0,33	0,29	0,28	0,018	0,118

Parâmetros	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Ganho aleitamento	79,34	79,27	81,84	5,190	0,923
Ganho pós-desaleitamento	94,98	109,00	99,31	4,576	0,123
Eficiência aleitamento	0,58	0,49	0,50	0,046	0,285
Eficiência pós-desaleitamento	0,30	0,33	0,27	0,022	0,249

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

### 3.4. Componentes de carcaça

Na Tabela 8 são apresentados os pesos das carcaças quente e fria, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P > 0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis apresentadas.

Os valores de PCQ e PCF foram maiores nos animais com maior aporte nutricional (*ad libitum* > restrição moderada > restrição severa), e indicaram reduções de 29,51% e 44,24% no PCQ e de 30,80% e 44,15% no PCF, para as restrições moderada e severa, respectivamente, em relação aos animais *ad libitum*.

Tabela 8. Pesos de carcaça quente (PCQ) e de carcaça fria (PCF), em quilogramas, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
PCQ (kg)	6,27 <sup>a</sup>	4,42 <sup>b</sup>	3,49 <sup>c</sup>	0,193	<,0001
PCF (kg)	6,07 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	3,39 <sup>c</sup>	0,193	<,0001
Parâmetros	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
PCQ (kg)	4,98	4,65	4,56	0,217	0,350
PCF (kg)	4,77	4,43	4,47	0,211	0,456

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

### 3.5. Órgãos internos e depósitos de gordura (não-componentes de carcaça)

Nas Tabelas 9, 10 e 11 estão apresentados os pesos absolutos do sangue e dos órgãos internos (fígado, coração, pulmões, rins, pâncreas e baço) (Tabela 9), do trato gastrointestinal vazio (rúmen-retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon-retos) (Tabela 10) e dos depósitos de gordura (perirenal, pericárdica, mesentérica,

omental e abdominal) (Tabela 11), em gramas, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P>0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P>0,05$ ) para nenhuma das variáveis apresentadas nas Tabelas 9, 10 ou 11.

Tabela 9. Valores absolutos em gramas, referentes ao peso do sangue, fígado, coração, pulmões, rins, pâncreas e baço, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros (g)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Sangue	611,78 <sup>a</sup>	461,07 <sup>b</sup>	392,76 <sup>b</sup>	19,844	<,0001
Fígado	316,33 <sup>a</sup>	224,94 <sup>b</sup>	199,73 <sup>b</sup>	11,266	<,0001
Coração	66,87 <sup>a</sup>	56,18 <sup>b</sup>	47,70 <sup>b</sup>	2,460	<,0001
Pulmões	224,70 <sup>a</sup>	158,76 <sup>b</sup>	130,89 <sup>b</sup>	10,576	<,0001
Rins	60,79 <sup>a</sup>	46,72 <sup>b</sup>	40,79 <sup>b</sup>	2,664	0,001
Pâncreas	27,78 <sup>a</sup>	21,01 <sup>b</sup>	17,46 <sup>b</sup>	1,448	0,001
Baço	27,99 <sup>a</sup>	19,75 <sup>b</sup>	15,13 <sup>b</sup>	1,430	<,0001

Parâmetros (g)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Sangue	502,39	481,89	471,33	24,431	0,469
Fígado	240,00	268,44	232,56	12,087	0,167
Coração	56,78	58,99	54,97	2,896	0,665
Pulmões	167,78	177,04	169,53	9,221	0,793
Rins	47,35	51,11	49,83	2,719	0,632
Pâncreas	19,72	24,68	21,85	1,753	0,197
Baço	20,19	22,21	20,47	1,486	0,643

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Tabela 10. Valores absolutos em gramas, referentes ao peso de rúmen-retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon-reto, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros (g)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Rúmen-retículo	355,99 <sup>a</sup>	266,47 <sup>b</sup>	236,00 <sup>b</sup>	11,570	<,0001
Omaso	39,40 <sup>a</sup>	31,48 <sup>b</sup>	24,48 <sup>b</sup>	2,518	0,001
Abomaso	95,12	89,15	61,94	9,793	0,110
Duodeno	25,12	20,59	18,67	1,925	0,124
Jejuno	439,19 <sup>a</sup>	366,75 <sup>b</sup>	319,19 <sup>b</sup>	17,166	0,001
Íleo	15,77 <sup>a</sup>	11,55 <sup>b</sup>	9,48 <sup>b</sup>	1,412	0,034
Ceco	31,75	27,38	28,00	4,638	0,212
Cólon-reto	255,82 <sup>a</sup>	203,70 <sup>b</sup>	157,21 <sup>b</sup>	14,544	<,0001

Parâmetros (g)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Rúmen-retículo	287,62	295,98	274,86	15,111	0,646
Omaso	32,75	29,06	33,55	3,336	0,648
Abomaso	76,03	77,63	72,55	10,164	0,467
Duodeno	20,03	23,41	20,94	1,765	0,454
Jejuno	365,51	406,20	353,42	20,664	0,252
Íleo	14,02	13,00	12,97	1,361	0,281
Ceco	31,16	24,13	21,83	4,427	0,304
Cólon-reto	218,26	218,22	200,25	20,702	0,785

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Tabela 11. Valores absolutos em gramas, referentes aos depósitos de gordura perirenal, pericárdica, mesentérica, omental e abdominal, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Peso gordura (g)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Perirenal	63,19 <sup>a</sup>	42,71 <sup>b</sup>	21,16 <sup>b</sup>	6,520	0,001
Pericárdica	13,35	11,61	9,02	4,200	0,558
Mesentérica	144,89	121,15	98,36	17,503	0,182
Omental	113,82 <sup>a</sup>	50,31 <sup>b</sup>	29,62 <sup>b</sup>	10,495	<,0001
Abdominal	49,93 <sup>a</sup>	29,49 <sup>b</sup>	17,40 <sup>b</sup>	6,796	0,007

Peso gordura (g)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Perirenal	33,54	35,11	38,39	7,617	0,897
Pericárdica	6,71	6,48	7,80	4,011	0,179
Mesentérica	117,74	113,31	113,34	17,770	0,978
Omental	50,03	75,56	68,17	12,423	0,364
Abdominal	26,07	34,98	24,76	8,383	0,246

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Com exceção do abomaso, duodeno e ceco (trato gastrintestinal) e dos depósitos de gordura pericárdica e mesentérica, foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para os demais parâmetros, em função do nível nutricional, onde os animais com maior aporte nutricional apresentaram maiores pesos do que os animais

sobre restrição moderada e restrição severa, os quais não diferiram entre si (Tabelas 9, 10 e 11).

Na Tabela 12 são apresentados o peso de corpo vazio (PCV) em gramas, e o peso relativo médio (g/Kg de PCV) dos órgãos responsivos (sangue, fígado, coração, pulmões, rins, pâncreas e baço), dos órgãos gastrintestinais (rúmen-retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon-reto) e dos depósitos de gordura (perirenal, pericárdica, mesentérica, omental e abdominal), em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P > 0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis apresentadas.

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para todos os parâmetros em função do nível nutricional, onde os animais com maior aporte nutricional apresentaram maiores valores de PCV e maior peso relativo dos depósitos de gordura. Por outro lado, os pesos relativos médios dos órgãos responsivos e do trato gastrintestinal foram maiores à medida que se reduziu o aporte nutricional, sendo que essas diferenças foram mais evidentes nos parâmetros do trato gastrintestinal (*ad libitum* < restrição moderada < restrição severa) (Tabela 12).

Tabela 12. Valores referentes ao peso de corpo vazio (PCV) em quilogramas, e peso relativo médio (g/Kg de PCV) dos órgãos responsivos (fígado, coração, pulmões, rins, pâncreas e baço), dos órgãos gastrintestinais (rúmen-retículo, omaso, abomaso, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon-retos) e dos depósitos de gordura (perirenal, pericárdica, mesentérica, omental e abdominal), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Peso corpo vazio	11,669 <sup>a</sup>	8,669 <sup>b</sup>	7,014 <sup>c</sup>	0,322	<,0001
Órgãos responsivos	108,1 <sup>b</sup>	112,9 <sup>ab</sup>	117,9 <sup>a</sup>	2,591	0,043
Trato gastrintestinal	104,4 <sup>c</sup>	116,9 <sup>b</sup>	125,6 <sup>a</sup>	2,193	<,0001
Depósito gorduras	32,4 <sup>a</sup>	25,9 <sup>ab</sup>	21,7 <sup>b</sup>	2,505	0,027

Parâmetros	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Peso corpo vazio	9,193	9,162	8,996	0,339	0,906
Órgãos responsivos	111,9	113,6	113,4	2,732	0,867
Trato gastrintestinal	112,5	117,7	116,6	2,286	0,211
Depósito gorduras	24,6	28,4	27,1	2,844	0,659

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

### 3.6. Composição corporal

Na Tabela 13 são apresentadas as composições corporais médias, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de



interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P>0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P>0,05$ ) para nenhuma das variáveis apresentadas.

Tabela 13. Composição corporal em água, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), em porcentagem do peso de corpo vazio (PCV), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros (%)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Água	63,93	63,31	63,97	0,912	0,851
MS	36,07	36,69	36,03	0,912	0,851
PB (% PCV)	21,30	23,94	24,09	0,687	0,056
EE (% PCV)	10,27 <sup>a</sup>	6,93 <sup>b</sup>	5,68 <sup>b</sup>	0,599	0,001
MM (% PCV)	4,86 <sup>b</sup>	5,59 <sup>ab</sup>	5,77 <sup>a</sup>	0,211	0,043
Parâmetros (%)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Água	63,92	64,38	62,92	1,423	0,615
MS	36,08	35,62	37,08	1,007	0,615
PB (% PCV)	23,56	22,48	23,93	0,650	0,133
EE (% PCV)	7,03	8,46	7,39	0,562	0,264
MM (% PCV)	5,36	5,21	5,65	0,139	0,139

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) nas porcentagens de extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), em relação ao nível nutricional, onde a porcentagem média de EE na carcaça dos animais *ad libitum* foi superior a observada

nos animais sob restrição moderada e severa, que por sua vez não diferiram entre si. Por outro lado, as percentagens de MM diferiram entre si apenas entre os tratamentos extremos (*ad libitum* ≠ restrição severa), que por sua vez não diferiram estatisticamente dos animais sob restrição moderada (Tabela 13). Importante ressaltar que se observou uma tendência de aumento ( $P = 0,056$ ) nos valores de PB na carcaça com a diminuição no nível nutricional.

### 3.7. Perfil metabólico-nutricional

Nas Tabelas 14 e 15 são apresentadas as médias das concentrações séricas de parâmetros metabólico-nutricionais referentes aos períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P > 0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis.

Observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) em relação ao nível nutricional para os níveis séricos de uréia e creatinina no período de aleitamento (Tabela 14), sendo que para ambos observou-se diferença apenas entre os tratamentos extremos (*ad libitum* ≠ restrição severa), enquanto que no pós-desaleitamento (Tabela 15) apenas para os níveis séricos de albumina e glicose, onde as concentrações séricas médias destes metabólitos diminuiram significativamente à medida que aporte nutricional diminuiu (*ad libitum* > restrição moderada > restrição severa).

Tabela 14. Concentrações séricas médias de proteínas totais, albumina, uréia, creatinina, glicose, triglicérides, colesterol, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (B-HB), durante o período de aleitamento, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Metabólitos †	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Proteínas totais (g/dL)	5,27	5,24	5,44	0,081	0,167
Albumina (g/dL)	2,37	2,43	2,44	0,061	0,065
Uréia (mg/dL)	17,12 <sup>b</sup>	19,41 <sup>ab</sup>	21,86 <sup>a</sup>	1,214	0,014
Creatinina (mg/dL)	0,82 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,031	0,046
Glicose (mg/dL)	65,54	63,80	59,98	2,404	0,057
Triglicérides (mg/dL)	31,87	32,72	27,90	2,091	0,293
Colesterol (mg/dL)	124,67	136,04	143,05	7,758	0,361
AGNE (mmo/L)	0,61	0,69	0,61	0,035	0,143
B-HB (mmo/L)	0,20	0,20	0,20	0,013	0,960

Metabólitos †	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Proteínas totais (g/dL)	5,21	5,56	5,19	0,106	0,068
Albumina (g/dL)	2,32	2,43	2,38	0,082	0,668
Uréia (mg/dL)	19,54	20,75	18,10	1,674	0,581
Creatinina (mg/dL)	0,73	0,77	0,78	0,042	0,638
Glicose (mg/dL)	64,02	63,48	63,83	3,289	0,993
Triglicérides (mg/dL)	27,97	33,31	31,21	2,433	0,341
Colesterol (mg/dL)	134,17	134,69	134,90	6,794	0,996
AGNE (mmo/L)	0,66	0,65	0,60	0,044	0,607
B-HB (mmol/L)	0,22	0,22	0,17	0,013	0,060

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

† Valores de normalidade, segundo <sup>1</sup>DUNCAN & PRASSE (1986); <sup>2</sup>KANEKO et al. (1997); <sup>3</sup>KRAMER (2000): Proteínas totais (6,4 – 7,0 g/dL)<sup>1,2</sup>; Albumina (2,5 – 3,9 g/dL)<sup>1,2</sup>; Uréia (10,0 – 20,0 mg/dL)<sup>1,2</sup>; Creatinina (1,0 – 1,82 mg/dL)<sup>1,2</sup>; Glicose (50,0 – 75,0 mg/dL)<sup>1,2</sup>; Triglicérides (18,5 – 36,2 m/dL)<sup>3</sup>; Colesterol (80,0 – 130,0 mg/dL)<sup>3</sup>; Ácidos graxos não esterificados (0,29 – 1,47 mmol/L)<sup>2,3</sup>; Beta-hidroxibutirato (0,1 – 0,7 mmol/L)<sup>1,2,3</sup>

Tabela 15. Concentrações séricas médias de proteínas totais, albumina, uréia, creatinina, glicose, triglicérides, colesterol, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (B-HB), no período pós-desaleitamento, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Metabólitos †	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Proteínas totais (g/dL)	5,53	5,31	5,13	0,110	0,080
Albumina (g/dL)	4,20 <sup>a</sup>	3,40 <sup>b</sup>	2,81 <sup>c</sup>	0,155	<,0001
Uréia (mg/dL)	31,64	32,65	34,63	1,174	0,222
Creatinina (mg/dL)	0,84	0,83	0,82	0,022	0,788
Glicose (mg/dL)	67,81 <sup>a</sup>	61,35 <sup>b</sup>	51,80 <sup>c</sup>	1,747	0,004
Triglicérides (mg/dL)	27,61	31,55	28,09	1,433	0,077
Colesterol (mg/dL)	78,08	80,23	73,12	3,159	0,221
AGNE (mmo/L)	0,43	0,44	0,36	0,039	0,393
B-HB (mmo/L)	0,30	0,29	0,28	0,021	0,801

Metabólitos †	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Proteínas totais (g/dL)	5,31	5,37	5,29	0,120	0,907
Albumina (g/dL)	3,21	3,28	3,90	0,195	0,060
Uréia (mg/dL)	30,51	31,11	36,98	1,424	0,077
Creatinina (mg/dL)	0,80	0,82	0,86	0,026	0,286
Glicose (mg/dL)	62,01	60,46	61,19	1,932	0,622
Triglicérides (mg/dL)	30,07	29,68	27,49	1,796	0,561
Colesterol (mg/dL)	75,50	79,15	76,78	4,255	0,844
AGNE (mmo/L)	0,42	0,42	0,39	0,048	0,874
B-HB (mmo/L)	0,28	0,30	0,28	0,024	0,849

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

† Valores de normalidade, segundo <sup>1</sup>DUNCAN & PRASSE (1986); <sup>2</sup>KANEKO et al. (1997); <sup>3</sup>KRAMER (2000): Proteínas totais (6,4 – 7,0 g/dL)<sup>1,2</sup>; Albumina (2,5 – 3,9 g/dL)<sup>1,2</sup>; Uréia (10,0 – 20,0 mg/dL)<sup>1,2</sup>; Creatinina (1,0 – 1,82 mg/dL)<sup>1,2</sup>; Glicose (50,0 – 75,0 mg/dL)<sup>1,2</sup>; Triglicérides (18,5 – 36,2 mg/dL)<sup>3</sup>; Colesterol (80,0 – 130,0 mg/dL)<sup>3</sup>; Ácidos graxos não esterificados (0,29 – 1,47 mmol/L)<sup>2,3</sup>; Beta-hidroxibutirato (0,1 – 0,7 mmol/L)<sup>1,2,3</sup>

### 3.8. Tireóide e hormônios tireoidianos

Na Tabela 16 são apresentados os pesos de tireóide dissecada imediatamente após o abate, e as concentrações séricas (ng/ml) hormonais de tiroxina ( $T_4$ ), triiodotironina ( $T_3$ ) e a relação  $T_3:T_4$ , durante os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores sexo e nível nutricional ( $P>0,05$ ) ou do efeito principal do sexo ( $P>0,05$ ) para nenhuma das variáveis apresentadas.

Foi observada diferença significativa ( $P<0,05$ ) para a tireóide, onde diferiram apenas entre os tratamentos extremos (*ad libitum*  $\neq$  restrição severa) (Tabela 16). As diferenças observadas foram esperadas, pois resultam diretamente dos tratamentos nutricionais impostos na metodologia experimental, onde os animais submetidos a maiores níveis de restrição apresentaram menor desenvolvimento tecidual e, conseqüentemente, menor peso da tireóide.

Semelhantemente, observou-se efeito significativo ( $P<0,05$ ) do nível nutricional sobre as concentrações séricas de  $T_3$  e nas relações  $T_3:T_4$ , tanto no período de aleitamento quanto no período após o desaleitamento (Tabela 16). Para os níveis médios de  $T_3$  e para a relação  $T_3:T_4$  observou-se diferença significativa ( $P<0,05$ ) em ambos os períodos, onde apenas os tratamentos extremos (*ad libitum*  $\neq$  restrição severa) diferiram entre si.

Tabela 16. Valores médios de peso da tireóide (g) e das concentrações hormonais séricas de triiodotironina (T<sub>3</sub>), tiroxina (T<sub>4</sub>) e relação T<sub>3</sub>:T<sub>4</sub>, durante os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, em ng/ml, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros (ng/mL)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Tireóide (gramas)	25,65 <sup>a</sup>	21,23 <sup>ab</sup>	17,86 <sup>b</sup>	1,917	0,022
T <sub>3</sub> aleitamento	1,910 <sup>a</sup>	1,637 <sup>ab</sup>	1,292 <sup>b</sup>	0,157	0,014
T <sub>4</sub> aleitamento	43,463	49,345	43,177	0,364	0,400
T <sub>3</sub> :T <sub>4</sub> aleitamento	0,043 <sup>a</sup>	0,036 <sup>ab</sup>	0,030 <sup>b</sup>	0,022	0,005
T <sub>3</sub> desaleitados	1,373 <sup>a</sup>	1,140 <sup>ab</sup>	0,974 <sup>b</sup>	0,117	0,042
T <sub>4</sub> desaleitados	46,242	41,584	41,576	0,358	0,566
T <sub>3</sub> :T <sub>4</sub> desaleitados	0,029 <sup>a</sup>	0,027 <sup>ab</sup>	0,022 <sup>b</sup>	0,016	0,038

Parâmetros (ng/mL)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Tireóide (gramas)	19,94	21,37	20,41	2,418	0,092
T <sub>3</sub> aleitamento	1,674	1,662	1,503	0,2161	0,826
T <sub>4</sub> aleitamento	46,851	41,803	47,325	0,418	0,646
T <sub>3</sub> :T <sub>4</sub> aleitamento	0,036	0,039	0,032	0,029	0,323
T <sub>3</sub> desaleitados	1,162	1,161	1,165	0,144	0,998
T <sub>4</sub> desaleitados	43,114	39,266	47,028	0,403	0,466
T <sub>3</sub> :T <sub>4</sub> desaleitados	0,026	0,028	0,024	0,018	0,420

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

#### 4. Discussão

No presente estudo, inicialmente, ressalta-se que o fator sexo não influenciou em nenhuma das variáveis aferidas ao longo do trabalho, independentemente do período experimental (aleitamento ou pós-desaleitamento). Isso ocorreu provavelmente porque os animais se encontravam na fase inicial de crescimento e ainda não haviam sofrido influência dos hormônios sexuais (ANOUS & MOURAD, 1993), uma vez que o estudo foi desenvolvido antes mesmo dos animais atingirem a puberdade.

Durante a puberdade os animais apresentam produção hormonal que, além da função sexual também possuem potente ação anabolizante para os machos (SOUZA *et al.*, 2007), permitindo assim interferências do sexo sob o consumo, o desempenho, a deposição tecidual, as características de carcaça ou do metabolismo nutricional (SAHLU *et al.*, 2004; KOYUNCU *et al.*, 2007).

A constatação de que todos os animais possuem idades semelhantes (iniciais e finais), e que os diferentes períodos em que foram submetidos aos respectivos tratamentos nutricionais em dias também foram semelhantes (Tabela 4), são importantes informações para a realização de análises comparativas durante a fase inicial de desenvolvimento, onde o estágio de maturidade fisiológica torna-se um fator tão importante quanto os tratamentos e tempo de submissão aos mesmos.

Segundo PEREIRA FILHO *et al.* (2005), é importante considerar que ocorrem mudanças significativas no padrão de deposição tecidual à medida que o animal atinge a maturidade fisiológica, o que é justificado pelas modificações do comportamento

metabólico-nutricional com o avançar da idade, ou ainda pela duração do período em que os animais estejam submetidos à privação de nutrientes (CALDEIRA *et al.*, 2007b).

Ao nascerem, os caprinos apresentam os pré-estômagos afuncionais, pois não ocorre nenhum processo fermentativo no rúmen, por possuírem reduzida população microbiana, dependendo exclusivamente da dieta líquida para satisfazer às suas necessidades vitais (SUSIN, 1990). Com o avançar da idade, o animal será gradativamente privado do alimento líquido, estimulando a busca por alimentos sólidos, de maneira que o caprino jovem começa a apresentar mudanças anátomo-fisiológicas no aparelho digestivo, caracterizando assim a fase de transição de pré-ruminante para ruminante, fato este relacionado com o povoamento do rúmen por microrganismos (COSTA *et al.*, 2003). Diante disso, no presente estudo fez-se necessário avaliar alguns parâmetros considerando como distintos os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, uma vez que tanto o alimento consumido quanto o processo digestivo ocorrem de maneiras distintas nesses períodos.

No presente trabalho, para os animais *ad libitum* em aleitamento obteve-se CMS de 200 g/dia (Tabela 5) com GMD de 113 g/dia e eficiência de 0,57 gPC/gMS (Tabela 7), enquanto que para o período pós-desaleitamento obteve-se CMS de 443 g/dia (Tabela 6) com GMD de 145 g/dia e eficiência de 0,33 gPC/gMS (Tabela 7), estando os resultados do pós-desaleitamento, próximos ao esperado pelo NRC (2006).

Embora o NRC (2006) não apresente recomendações para caprinos com peso corporal (PC) inferior a 10 kg, suas indicações de consumo para animais (fêmeas e machos castrados leiteiros) com PC de 10 kg, objetivando ganho médio diário (GMD)



de 100 e 150 g/dia, são respectivamente de 400 e 480 g MS/dia. Dessa forma, esse sistema preconiza eficiências alimentares (GMD/CMS) de 0,25 e 0,31 gPC/gMS para ganhos de 100 e 150 g/dia, respectivamente.

Diante disso, pode-se afirmar que durante essa fase inicial de desenvolvimento os animais em aleitamento apresentaram eficiência alimentar superior à preconizada pelo NRC (2006). Contudo é importante ressaltar que esses animais possuíam PC entre 5,06 e 8,71 kg (Tabela 04), abaixo do peso mínimo indicado pelo NRC (2006).

Por outro lado, no período pós-desaleitamento, onde os animais possuíam PC entre 8,71 e 15,22 kg, a eficiência atingida pelos animais foi semelhante à esperada para animais de 10 kg de PC, conforme preconizado pelo NRC (2006). Essas informações são importantes, pois reforçam a necessidade de estudos detalhados sobre mecanismos de absorção, metabolismo nutricional, desempenho e deposição tecidual durante o período de aleitamento, onde são escassas as recomendações quando abaixo dos 10 kg de PC.

De uma maneira geral os animais em aleitamento foram mais eficientes na utilização dos nutrientes ingeridos (média de eficiência alimentar de 0,53 gPC/gMS no período de aleitamento e 0,30 gPC/gMS no pós-desaleitamento) (Tabela 7), o que pode ser atribuído às características digestivas do pré-ruminante associadas à elevada digestibilidade do leite, onde as proteínas do soro, a lactose e a maioria dos minerais passam rapidamente para o intestino delgado, sendo que a lactose é absorvida rapidamente, garantindo assim energia imediata ao animal (WATTIAUX, 2001).

Tal habilidade digestiva também foi constatada por NORTON & BANDA (1992) ao estudar o potencial de crescimento de caprinos australianos do nascimento ao desmame, concluindo que nas primeiras 3 semanas de vida os cabritos apresentam as maiores taxas de eficiência alimentar. Essa habilidade permite que animais em aleitamento atinjam facilmente taxas acima dos 90% de digestibilidade e com rápida absorção dos nutrientes presentes no leite, havendo, portanto, uma disponibilização imediata de substratos para o metabolismo dos animais (COSTA *et al.*, 2010).

Observou-se ainda que, independente do alimento fornecido, não houve efeito das restrições sobre a eficiência alimentar em ambos os períodos (aleitamento e pós-desaleitamento) (Tabela 7). Esse resultado também foi observado por SANZ SAMPELAYO *et al.* (2003), os quais verificaram que a eficiência dos animais sob restrição alimentar no pós-desaleitamento mostrou-se similar à dos animais *ad libitum*, atribuindo tal fato à capacidade dos animais sob restrição em aperfeiçoar os processos de digestão, absorção e reciclagem de nutrientes do pouco alimento ingerido. Segundo ASMARE *et al.* (2011), esse aperfeiçoamento depende da quantidade e qualidade do alimento ingerido, bem como da capacidade em digerir, absorver e metabolizar os nutrientes, desencadeando então mecanismos adaptativos que tornam os animais sob restrição alimentar tão eficientes quanto os que não sofrem restrição.

Ao avaliar os pesos de carcaça (PCQ e PCF) e dos componentes não-carcaça (órgãos internos), verificou-se no presente estudo que os efeitos da restrição sobre os componentes de carcaça (Tabela 8) foram mais intensos quanto maiores foram as restrições impostas aos animais, enquanto que os componentes de não carcaça

(Tabelas 9, 10 e 11) foram afetados de forma semelhante mesmo quando a restrição alimentar foi mais severa.

Segundo SILANIKOVE (2000), esses resultados indicam que os órgãos precisam manter determinada dimensão para que sejam capazes de realizar suas atividades metabólicas vitais, de maneira que as restrições afetam o seu desenvolvimento em caráter parcial, reforçando assim a hipótese de que o organismo desenvolve mecanismos compensatórios resguardando-se para a realização de suas funções fisiológicas basais, tentando assim compensar ao máximo possíveis situações onde sejam privados nutricionalmente, o que é corroborado por CHILLIARD *et al.* (1998).

Objetivando evidenciar essa observação, comparou-se, no presente estudo, o peso dos órgãos e depósitos de gordura (componentes de não-carcaça) dos animais do tratamento *ad libitum* (2.979,6 g) e das restrições moderada (2.260,8 g) e severa (1.875,0 g) com o PCQ (componentes de carcaça) também dos *ad libitum* (6.270,0 g) e das restrições moderada (4.420,0 g) e severa (3.490,0 g). Observou-se que para os componentes de não carcaça as reduções foram de 24,12% e 37,07%, para as restrições moderada e severa, respectivamente, em relação aos animais *ad libitum*, enquanto que para os componentes de carcaça (PCQ) as reduções foram de 29,51% e 44,24%, respectivamente.

Observou-se, portanto, haver uma redução proporcionalmente maior dos componentes de carcaça (Tabela 8) que dos componentes de não-carcaça (Tabelas 9, 10 e 11) quando os animais foram submetidos à restrição. Isso indica que animais sob

restrição nutricional deixam de realizar deposição de tecido magro (músculos), buscando manter dimensões favoráveis para os órgãos, que são os responsáveis pelo melhor aproveitamento dos nutrientes, o que se torna ainda mais vital em situações de restrição.

Todas essas afirmações são comprovadas e reforçadas quando avaliados os parâmetros de peso relativo dos órgãos e depósito de tecidos (Tabela 12), os quais apresentaram maiores valores ( $P < 0,05$ ) de órgãos responsivos e de trato gastrintestinal, ao mesmo tempo em que reduzem ( $P < 0,05$ ) os depósitos de gordura à medida que foi reduzido o aporte nutricional. Dessa forma ficam evidentes as diferenças entre o peso dos órgãos respeitando-se a proporção do PCV de cada grupo de animais em seu respectivo nível nutricional, mantendo assim um grau de comparação mais justo.

Esse comportamento de manter maiores proporções dos órgãos em situações de restrição tem sido observado em trabalhos com caprinos e ovinos de diferentes categorias (MORON-FUENMAYOR & CLAVERO, 1999; SIQUEIRA *et al.*, 2001; ROSA *et al.*, 2002; SILVA SOBRINHO *et al.*, 2003; MATTOS *et al.*, 2006; YÁNEZ *et al.*, 2006; PEREIRA FILHO *et al.*, 2007). Contudo as abordagens realizadas nesses trabalhos não envolvem discussões sobre os mecanismos adaptativos e também não foram realizados com animais durante o período de aleitamento.

Em animais durante a fase inicial de desenvolvimento, acredita-se que esse comportamento de compensação através da deposição de tecidos (redução de deposição na carcaça para manter o tamanho dos órgãos) seja ainda mais evidente,

por não apresentam outros mecanismos compensatórios desenvolvidos e por não possuírem tecidos de reserva (depósitos de gordura) para mobilização de nutrientes frente à situações de restrição nutricional. CLARK *et al.* (2007), trabalhando com bezerros em restrição nutricional, observaram que esses animais apresentaram maiores perdas de nutrientes protéicos pela urina que pelas fezes, afirmando haver uma digestão muito eficiente, pois foram mantidas as dimensões desses órgãos, entretanto não são capazes de metabolizar e utilizar todos esses nutrientes digeridos e absorvidos, excretando-os na urina. Isso é atribuído à imaturidade metabólica desses animais ainda muito jovens, corroborando com os resultados obtidos em bezerros por SINGH *et al.* (2008), em ovinos por KALMAZADEH *et al.* (1998) e em caprinos por GENANDOY *et al.* (2002) e LUO *et al.* (2004a, 2004b).

Ao comparar a composição corporal dos animais sob restrição (moderada e severa) entre si, observa-se mesma percentagem de composição corporal em proteína bruta (PB) e em gordura (EE) (Tabela 13). Esses resultados confirmam a hipótese de que animais em fase inicial de desenvolvimento quando em situações de restrição, embora possuam limitações relacionadas à imaturidade fisiológica, buscam compensar priorizando o envio de nutrientes para o tecido visceral e mantendo uniformes as deposições do tecido magro (PB) e de reserva energética (EE).

Proteína, cinzas, água e gordura são os principais componentes químicos do corpo de um animal, sendo a água o componente majoritário (BEZABIH & PFEFFER, 2003). Há uma tendência geral de deposição desses nutrientes à medida que o animal cresce ou com o avançar da sua idade, onde as proporções de proteína e cinzas pouco

variam em relação à composição corporal, contudo, as proporções de água diminuem à medida que as de gordura aumentam (MCCRACKEN, 1986; SANZ SAMPELAYO *et al.*, 1990; TEIXEIRA *et al.*, 2008). Em outras palavras, a porcentagem de matéria seca (MS) aumenta à medida que o animal cresce ou amadurece fisiologicamente. No presente estudo não foram realizados abates comparativos em diferentes idades, mas sim em animais da mesma idade submetidos a diferentes níveis nutricionais, portanto não houve diferenças nas proporções médias de água (63,73%) e de matéria seca (36,27%), independente do nível nutricional ou do sexo (Tabela 13). Essas proporções assemelharam-se às obtidas por PFEFFER & RODEHUTSCORD (1998) ao abater caprinos Saanen machos com 16,8 kg de PC. As diferenças observadas no presente estudo foram atribuídas principalmente a uma redução média nas proporções de gordura (-38,61% de EE) no corpo dos animais submetidos a restrição em relação aos animais *ad libitum*, sendo responsável pelas diferenças apresentadas nas proporções de cinzas (MM) e ainda fazendo com que houvesse uma tendência ( $P < 0,10$ ) de aumento sobre as proporções de PB.

Fazendo-se ainda uma relação entre a composição corporal e a taxa de crescimento dos animais no presente estudo, observou-se que a concentração de EE é maior nos animais que mais se desenvolveram e que tiveram maiores níveis nutricionais (*ad libitum*), corroborando com os resultados obtidos por BEZABIH & PFEFFER (2003) ao avaliar a composição corporal e eficiência energética em cabritos pré-ruminantes da raça Saanen.

Segundo CAMPBELL & DUNKIN (1983) e SPENCER & HULL (1984), quanto mais rápido for o crescimento do animal, maior será a proporção de gordura corporal. Essa afirmação é reforçada por uma série de trabalhos demonstrando que uma baixa ingestão de MS observada em pré-ruminantes (fase de aleitamento), torna difícil o acúmulo de gordura corporal e, conseqüentemente, o crescimento dos animais, devendo-se avaliar a inclusão precoce de outros alimentos sólidos na dieta para aumento de deposição de gordura, aumentando assim a sua taxa de crescimento (BAS & MORAND-FEHR, 1987; WAN ZAHARI *et al.*, 1989; BAS *et al.*, 1992; SANZ SAMPELAYO *et al.*, 1995; BEZABIH & PFEFFER, 2003).

No presente estudo, os parâmetros bioquímicos de proteínas totais, albumina, glicose, triglicérides, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (B-HB), não foram afetados pelo sexo ( $P > 0,05$ ) e encontram-se dentro da normalidade para a espécie (DUNCAN & PRASSE, 1986; KANEKO *et al.*, 1997; KRAMER, 2000), tanto no período de aleitamento (Tabela 14) quanto no pós-aleitamento (Tabela 15). Por outro lado, houve efeito das restrições reduzindo os níveis de uréia e elevando os de creatinina no período de aleitamento, e reduzindo os níveis de albumina e de glicose no pós-desaleitamento. Quanto aos níveis de normalidade para a espécie, as concentrações séricas de creatinina encontravam-se abaixo e as de colesterol acima dos níveis normais no período de aleitamento, enquanto que as concentrações de creatinina e colesterol estavam abaixo e as de uréia acima da normalidade no pós-desaleitamento.

Os valores de creatinina estavam abaixo de normalidade em ambos os períodos, o que é justificado pela pouca massa muscular presente em caprinos dessa categoria. A creatinina é derivada quase que totalmente do catabolismo da creatina presente no tecido muscular, que é utilizada para armazenar energia no músculo sob a forma de fosfocreatina (TURNER *et al.*, 2005), e sua degradação em creatinina ocorre de maneira constante, ao redor de 2% do total de creatina, diariamente (GONZÁLEZ & SILVA, 2006).

Além de apresentarem concentrações abaixo da normalidade, durante o aleitamento os níveis de creatinina apresentaram ainda uma redução significativa ( $P < 0,05$ ) de seus níveis à medida que a restrição alimentar se tornou mais severa, o que indica haver influência tanto da baixa massa muscular quanto dos efeitos da desnutrição em caráter crônico, conforme relatado por CALDEIRA (2005). Apesar da hipótese de que o organismo desenvolve mecanismos metabólicos compensatórios, tentando assim compensar ao máximo possíveis situações onde sejam privados nutricionalmente, animais muito jovens podem ainda não apresentarem maturidade desses mecanismos, justificando assim serem observadas diferenças apenas no período de aleitamento por serem imaturos fisiologicamente (SILANIKOVE, 2000).

Sabe-se que os níveis séricos de colesterol são indicadores adequados do total de lipídeos no plasma, pois corresponde a aproximadamente 30% do total, tornando-se uma importante ferramenta na avaliação do status energético do animal (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003). Neste estudo, quando se compara as concentrações séricas médias nos diferentes períodos, observa-se que há uma drástica mudança de



comportamento metabólico, apresentando uma redução média de 42,7% do primeiro para o segundo período. Esse comportamento pode ser atribuído à principal fonte de alimento de cada período, sendo que durante o primeiro período a principal fonte energética foi o leite, que apresenta elevada digestibilidade garantindo assim energia imediata ao animal pela disponibilidade de lipídios (WATTIAUX, 2001).

Diferentemente do que ocorre em animais em aleitamento, animais recentemente desaleitados enfrentam dificuldades para dispor de energia derivada dos lipídios das dietas sólidas, o que é atribuído ao pouco desenvolvimento tanto físico quanto funcional do rúmen, que precisa digerir fibras para sintetizar lipídios (AMARAL, 2002; COSTA *et al.*, 2003). Dessa forma, fica claro que animais em aleitamento terão maior disponibilidade e habilidade para manter seus níveis de colesterol mais elevados que animais em outras fases e com outra fonte alimentar.

Foram ainda observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de uréia no período de aleitamento, onde os níveis foram diretamente relacionados e inversamente proporcionais ao aporte nutricional (*ad libitum* < restrição moderada < restrição severa). Entretanto, os níveis estavam dentro da normalidade para a espécie. Por outro lado, no pós-desaleitamento os níveis de uréia apresentaram-se muito acima da normalidade, o que pode ser atribuído ao início das atividades ruminais.

Sabe-se que os níveis de uréia dos animais aumentam com o seu desenvolvimento ruminal (morfológico e microbiológico) após o desaleitamento, uma vez que cerca de 70% da proteína ingerida é transformada em amônia no rúmen, que é utilizada pelos seus microrganismos para a síntese de proteínas estruturais

(WITTWER, 2000). Dessa forma, a amônia produzida no rúmen que não é assimilada pelos seus microrganismos é absorvida pela parede ruminal chegando ao fígado via sangue, sendo transformada em uréia (KOZLOSKI, 2009). Além disso, ocorre uma modificação na principal fonte de nutrientes nesse período, de maneira que o animal ainda apresenta dificuldades em metabolizar a energia das dietas sólidas (AMARAL, 2002; COSTA *et al.*, 2003), acarretando assim na redução de energia prontamente disponibilizada, elevando conseqüentemente a concentração de uréia sangüínea (WITTWER, 2000).

Dessa forma, o aumento dos níveis de uréia, a redução dos níveis de creatinina e a tendência de aumento da albumina à medida que as restrições se tornaram mais severas, podem ser explicadas pelas constatações relatadas por CLARK *et al.* (2007), quando observou elevada eficiência digestiva de bezerros associada à uma incapacidade em metabolizar todos nutrientes digeridos e absorvidos, fazendo com que esses nutrientes sejam excretados mais pela urina que pelas fezes.

Embora o metabolismo da uréia as relações entre proteína e energia tenham sido esclarecidas no presente estudo, CHOWDHURY & ORSKOV (1997) relatam dificuldades em estabelecer esses mecanismos. Eles atribuíram essas dificuldades à existência de importantes diferenças nas exigências metabólicas durante a fase de crescimento, o que posteriormente foi corroborado por BERMINGHAM *et al.* (2008) ao relacionar os níveis de ingestão com o fluxo portal de metabólitos em ruminantes com o auxílio de meta-análises, reforçando assim a necessidade de ampliação e

aprofundamento do estudo da uréia e seu comportamento frente a diferentes condições metabólicas.

Importante ressaltar que o fato de metabólitos como o beta-hidroxibutirato (B-HB) ou os ácidos graxos não esterificados (AGNE) não tenham apresentado efeito significativo das restrições nutricionais, indicam que o organismo tem buscado homeostase no sentido de manter regulares os níveis séricos desses metabólitos, reforçando a capacidade adaptativa dos caprinos frente às situações de restrição nutricional (SILANIKOVE, 2000). Indicam ainda que não houve seqüestro de reservas (tecido adiposo) e sim uma redução na deposição desse tipo de tecido.

As atividades endócrinas da tireóide estão entre os principais mecanismos relacionados ao crescimento dos animais, interagindo diretamente com o metabolismo, estimulando ou inibindo processos fisiológicos em graus variáveis (REECE, 2006). Seus hormônios  $T_4$  (predominante) e  $T_3$  (biologicamente ativo) estão intimamente relacionados a esses processos fisiológicos, atuando no metabolismo e sendo fundamentais para o desenvolvimento corporal (AHMED *et al.*, 2008).

Diante de sua importância, no presente estudo foram realizadas avaliações do desenvolvimento da glândula tireóide e das concentrações séricas dos hormônios  $T_3$  e  $T_4$ , em função do nível nutricional e do sexo, nos períodos de aleitamento e pós-aleitamento (Tabela 16). Observou-se redução significativa ( $P < 0,05$ ) do peso da glândula tireóide à medida que a restrição se tornou mais severa, indicando que essa glândula depende do aporte nutricional para um desenvolvimento adequado (AHMED *et al.*, 2008), podendo acarretar em atraso no desenvolvimento através da redução na

secreção de seus hormônios, como relatado em situações de balanço energético negativo por RIIS & MADSEN (1985).

Entretanto, para os níveis séricos hormonais, observaram-se alterações ( $P < 0,05$ ) apenas dos níveis de  $T_3$  em função da restrição alimentar, havendo uma redução significativa de suas concentrações à medida que as restrições se tornaram mais severas, tanto no período de aleitamento quanto no pós-desaleitamento. Essa redução foi de 14,29% e 32,36% no período de aleitamento, e de 16,97% e 29,06% no pós-desaleitamento, para as restrições moderada e severa, respectivamente (Tabela 16), em comparação aos animais alimentados *ad libitum*.

As reduções dos níveis de  $T_3$  podem ser atribuídas à redução do metabolismo decorrente da carência de nutrientes à medida que a restrição se tornou mais severa, uma vez que o organismo, como um todo, busca reduzir suas atividades metabólicas priorizando as essenciais (SILANOKOVE, 2000). Resultados semelhantes foram observados por RHIND *et al.* (2000) ao trabalhar com ovinos submetidos a longos períodos de restrição nutricional. TODINI *et al.* (1992) trabalhando com caprinos em pastejo, observaram redução das concentrações de  $T_3$  e  $T_4$ , atribuindo essas alterações à redução na quantidade e qualidade nutricional das pastagens, o que foi corroborado por SOUZA *et al.* (2002) trabalhando com ovinos sob situações semelhantes de pastejo.

O fato de haver reduções nas concentrações séricas apenas de  $T_3$ , não alterando as de  $T_4$ , indica que as situações de restrição afetam apenas o hormônio metabolicamente ativo ( $T_3$ ), reduzindo as taxas de deiodinação enzimática responsável

pela conversão do  $T_4$  em  $T_3$ , conforme observado por TODINI *et al.* (2009). Associado a isso, a produção do  $T_4$  é proporcionalmente maior que a conversão de  $T_4$  em  $T_3$ , resultando numa circulação do  $T_4$  em até 90% superior à de  $T_3$  (REECE, 2006), justificando assim os níveis de séricos de  $T_4$  são menos afetados com a restrição. Outro fator que contribui para manutenção dos níveis de  $T_4$  é a diferença existente na meia-vida desse hormônio (máximo de 6 dias), sendo muito superior à do  $T_3$  (máximo de 48 horas), justificando assim níveis constantemente elevados de  $T_4$  sanguíneo (REECE, 2006), o que ocorreu independentemente do período experimental.

A relação  $T_3:T_4$  é utilizada como uma medida indireta da taxa de transformação do  $T_4$  em  $T_3$  que ocorre através do processo de deiodinação. No presente estudo, essa relação apresentou redução à medida que as restrições se tornaram mais severa, o que foi atribuído à redução da transformação de  $T_4$  em  $T_3$ , reduzindo conseqüentemente os níveis séricos de  $T_3$ , independentemente do período experimental. Esses resultados reforçam ainda mais a hipótese de que as restrições nutricionais afetam negativamente o processo de deiodinação enzimática, reduzindo os níveis de  $T_3$  frente à necessidade de reduzir as atividades metabólicas do organismo, conforme estratégia de adaptação fisiológica descrita por SILANIKOVE (2000) e CHILLIARD *et al.* (1998).

Diante do exposto, fica evidente que diferentes situações de restrição nutricional desencadeiam as mais distintas reações no organismo dos animais que buscam compensar as carências enfrentadas a partir de mudanças em seu comportamento metabólico, prezando pela sobrevivência. Quando comparados os tratamentos de

restrição (moderada e severa) entre si, pode-se observar claramente que diversos foram os mecanismos utilizados pelo organismo no sentido de minimizar os impactos causados pela deficiência de nutrientes.

Observaram-se ainda diferentes comportamentos compensatórios quando comparados os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento, o que reforça a importância de ampliação de estudos envolvendo esse período inicial de desenvolvimento, onde os mecanismos de resposta fisiológica frente às adversidades (principalmente nutricionais) ainda não se encontram desenvolvidos e definidos metabolicamente. Por outro lado, o presente estudo reforçou não somente a habilidade da espécie caprina em buscar alternativas adaptativas, seja modificando ou mantendo determinados parâmetros, mas também permitiu observar que esses mecanismos, mesmo que pouco estabelecidos, são precocemente ativados nessa espécie animal, o que é atribuído ao seu desenvolvimento evolutivo aperfeiçoado ao longo dos anos nos mais diferentes ambientes hostis em que os caprinos foram submetidos.

## **5. Conclusões**

O sexo não influenciou os parâmetros de eficiência, desempenho, desenvolvimento dos componentes de carcaça e de não carcaça, composição corporal e perfil metabólico-nutricional de cabritos dos 5 aos 15 kg de peso corporal.

O peso da carcaça foi afetado negativa e proporcionalmente aos níveis de restrição nutricional, assim como os não-componentes de carcaça também foram

afetados negativamente, mas de maneira similar independentemente da severidade de restrição nutricional imposta.

Cabritos sob restrição nutricional apresentaram atraso no desenvolvimento, reduziram a deposição tecidual e sua composição corporal em gordura (EE) para manter a funcionalidade dos órgãos responsivos.

Os parâmetros séricos de uréia, creatinina e colesterol foram diretamente afetados pela restrição e permitiram esclarecer mecanismos adaptativos.

As restrições afetaram negativamente o desenvolvimento da glândula tireóide e reduziram os níveis séricos de  $T_3$ , tanto no aleitamento quanto no pós-desaleitamento.

### **CAPÍTULO 3 – IMPACTO DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL SOB O CRESCIMENTO CORPORAL, DESENVOLVIMENTO ÓSSEO E PERFIL METABÓLICO-MINERAL EM CABRITOS SAANEN DOS 5 AOS 15 KG DE PESO CORPORAL**

**RESUMO** – Objetivou-se no presente estudo avaliar o impacto da restrição nutricional sobre os parâmetros de biometria, escore de condição corporal, morfometria e densitometria mineral óssea em cabritos machos castrados, fêmeas e machos não castrados da raça Saanen, dos 05 aos 15 kg de peso corporal (PC). Foram utilizados 46 cabritos da raça Saanen (17 machos não castrados, 14 fêmeas e 15 machos castrados), dos 05 aos 15 kg de peso corporal, submetidos a três diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição de 25% e restrição de 50%), sendo que os sob restrição tiveram a oferta diária de alimento baseada no consumo do *ad libitum*. Todos os animais foram abatidos quando os *ad libitum* atingiram 15 kg de PC, realizando-se a retirada da glândula tireóide para pesagem e do osso fêmur para avaliações morfométricas e densitométricas. No soro sanguíneo coletado ao longo de nove semanas determinou-se o perfil mineral. O sexo exerceu efeito ( $P < 0,05$ ) sobre os parâmetros de biometria corporal inicial e morfometria óssea interna. Houve efeito negativo ( $P < 0,05$ ) das restrições sobre desempenho, biometria, escore de condição corporal, morfometria e densitometria mineral óssea. O perímetro torácico e comprimento de corpo foram os menos prejudicados pelas restrições por acomodarem as vísceras. As estruturas ósseas internas foram mais afetadas que as externas. As densidades das epífises foram mais afetadas que a da diáfise, sendo a diáfise proximal mais afetada que a distal. Dos parâmetros minerais séricos, apenas o fósforo foi afetado ( $P < 0,05$ ) pelas restrições. Observou-se que avaliações biométricas e ósseas mostraram-se ferramentas valiosas para a avaliação do impacto das restrições sob o desenvolvimento de cabritos, esclarecendo mecanismos fisiológicos compensatórios em situações de restrição em cabritos na fase inicial de crescimento. Com o presente estudo, pode-se concluir que a restrição nutricional exerce diferentes impactos sob o crescimento e crescimento corporal e desenvolvimento ósseo.

**Palavras-chave:** biometria, densitometria óssea, desenvolvimento, morfometria



## 1. Introdução

Para se alcançar uma elevada produção animal deve-se levar em conta os aspectos genéticos, sanitários e nutricionais, sendo este último o que merece maior atenção dos pesquisadores, uma vez que representa a maior parcela do custo de produção (RIBEIRO, 1997). A nutrição tem extrema importância em todas as fases de vida do animal, mas torna-se imprescindível nas fases mais críticas como gestação, lactação e a fase inicial de crescimento, onde suas exigências tornam-se consideravelmente mais elevadas (GOETSCH & SAHLU, 2004).

Segundo SILANIKOV (2000), os caprinos são caracterizados pela habilidade de converter alimentos de baixa qualidade em proteína de alto valor biológico e digestibilidade elevada, entretanto alimentos em quantidade e qualidade adequados e que atendam às suas necessidades metabólicas devem ser ofertados para que os animais atinjam uma melhor taxa de desenvolvimento ao final da fase de crescimento (MORON-FUENMAYOR & CLAVERO, 1999).

As taxas de crescimento e o desenvolvimento corporal dos animais não dependem somente da condição nutricional (CALDEIRA *et al.*, 2007b), mas também da idade, do sexo, do tempo de exposição às situações de restrição, às diferenças genéticas (FREETLY *et al.*, 1995), origem da raça, composição genética, tamanho corporal adulto e condições climáticas (MANDAL *et al.*, 2005).

Importante ressaltar que restrições mais severas afetam a dinâmica da deposição tecidual, o crescimento e tamanho final dos animais e, quando ocorrem precocemente podem afetar permanentemente o potencial de desenvolvimento

(CALDEIRA, 2005). Além da época em que ocorram as restrições, o período de duração também deve ser levado em consideração, podendo ser determinantes no crescimento e na capacidade funcional dos tecidos e órgãos desde a concepção até a maturidade (LAWRENCE & FOWLER, 2002).

A mensuração do crescimento dos animais pode ser realizada com o uso de diversas ferramentas, visando o acompanhamento do seu desenvolvimento como um todo ou de partes específicas, sejam para uso em estudos científicos ou para um simples controle zootécnico (SOUZA *et al.*, 2009). Essas ferramentas incluem técnicas objetivas e subjetivas, dentre as quais se destacam a biometria (realizadas em animais vivos), o escore corporal (relacionado à condição nutricional) e a morfometria (mensurações realizadas pós-abate) (DE CAMPENEERE *et al.*, 2000).

Essas ferramentas tem sido utilizadas com sucesso em estudos de provas de ganho de peso (VARADE *et al.*, 1997; RESENDE *et al.*, 2001), curvas de crescimento (SOUZA *et al.*, 2010), desempenho produtivo e econômico (PEREIRA FILHO *et al.*, 2005), parâmetros reprodutivos (CAMPOS *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2008), escore de condição corporal (CALDEIRA *et al.*, 2007a, 2007b; THOMPSON & MEYER, 1994), metabolismo de minerais (BONJOUR *et al.*, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2011), comprovando assim a ampla possibilidade de aplicação e confiabilidade dessas ferramentas.

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da restrição nutricional sob os parâmetros de biometria corporal, escore de condição corporal, morfometria óssea, densitometria mineral óssea e perfís hormonal e metabólico-mineral de cabritos machos, fêmeas e castrados da raça Saanen, dos 05 aos 15 kg de peso corporal.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Local, período experimental e condições climáticas

O experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, localizado na região nordeste do Estado de São Paulo, iniciado em março de 2008 e finalizado em maio de 2009.

As condições climáticas da instalação experimental foram aferidas diariamente, às 6:00 e às 16:00 horas, sempre antes da higienização da instalação. Para tal foi utilizado aparelho termohigrômetro digital Incoterm<sup>®</sup> 7429, com variação de  $\pm 1$  grau Célsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) e de  $\pm 5\%$  de umidade relativa (UR), apresentando valores médios de  $25,3 \pm 6,4^{\circ}\text{C}$  e de  $48,7 \pm 27\%$  de UR ao longo do experimento.

### 2.2. Animais e tratamentos experimentais

Foram utilizados 46 cabritos da raça Saanen, sendo 17 machos não castrados, 14 fêmeas e 15 machos castrados, dos 05 aos 15 kg de peso corporal (PC), agrupados em blocos, onde cada bloco os animais foram sorteados e submetidos a três diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) (Figura 1). As castrações foram realizadas entre 7 e 10 dias de idade, mediante extirpação cirúrgica dos testículos (orquiectomia) conforme metodologia descrita por TURNER & MCLWRAITH (2007). Aos animais submetidos à restrição moderada e severa, foi oferecido, respectivamente, 75% e 50% da quantidade consumida pelos animais sem restrição (*ad libitum*), o qual recebeu alimento à vontade garantindo aproximadamente 20% de sobras. O experimento foi finalizado quando os animais sem restrição (*ad*

*libitum*) atingiram 15 kg de PC, sendo estes abatidos juntamente aos animais do mesmo bloco que estavam submetidos aos tratamentos de restrição moderada e severa.

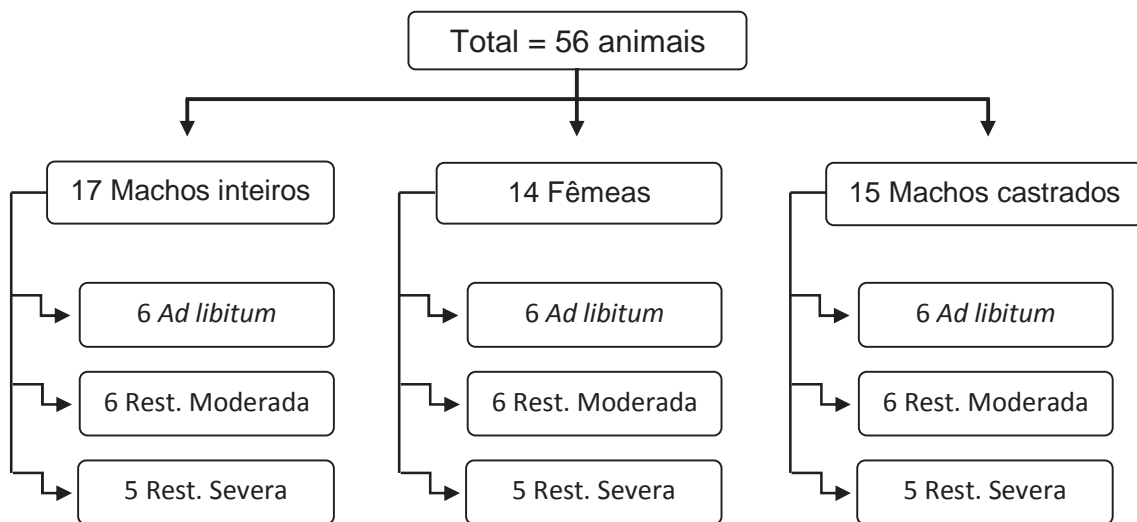


Figura 1. Fluxograma de distribuição experimental dos animais (machos não castrados, fêmeas e machos castrados) submetidos a diferentes níveis nutricionais (*ad libitum*, restrição de 25% ou moderada e restrição de 50% ou severa)

### 2.3. Instalações, preparo e fornecimento das dietas

O experimento foi conduzido em galpão de alvenaria com cobertura metálica, pé direito de aproximadamente 4,0 metros, dotado lateralmente de entradas para luz e ventilação natural, equipado com cortinas retráteis de lona para proteção contra sol, chuva e vento, além de ventilador adequado para galpões. Os animais foram individualmente alojados em gaiolas metálicas, suspensas a 1,0 m do solo, com área útil de aproximadamente 1,0 m<sup>2</sup>, dotadas de pisos plásticos antiderrapantes. As gaiolas

possuíam bebedouro comum para cada dois animais e comedouro individual para alimentos sólidos (permitindo assim a mensuração do consumo individual de sólidos).

Durante o período pré-experimental, compreendido entre o nascimento e o momento em que os cabritos atingissem 05 kg de PC, todos os animais foram aleitados artificialmente 02 vezes ao dia com leite da espécie caprina, sem qualquer nível de restrição alimentar, até que atingissem a saciedade.

Diante da grande quantidade de animais a serem aleitados simultaneamente foi implantado um banco de leite para o armazenamento de todo o excedente da produção leiteira do Setor de Caprinocultura da UNESP/FCAV. Importante ressaltar que antes do armazenamento, o leite foi submetido a um tratamento térmico de 56°C por 60 minutos, prevenindo assim a proliferação de agentes potencialmente causadores de enfermidades e permitindo maior período de conservação. Foram coletadas amostras quinzenais (total de 29 amostras) para determinação da composição média e características físico-químicas do leite fornecido ao longo do experimento (Tabela 1), encontrando-se dentro da normalidade para a espécie.

O alimento sólido foi oferecido sob a forma de ração completa, em relação volumoso/concentrado de 50:50 na matéria seca (MS), sendo o concentrado preparado a base de milho triturado, farelo de soja, melaço de cana, mistura mineral e óleo de soja, enquanto que o volumoso utilizado foi o feno de planta de milho (planta de milho inteira no ponto de silagem, colhida, triturada e desidratada ao sol até o ponto de crepitação, ou seja, aproximadamente 85% de MS).

Tabela 1. Composição média e características físico-químicas do leite de cabra com respectivos desvios padrão

Parâmetro	Média*	Desvio padrão
Água (%)	88,36	1,34
Proteína bruta (%)	3,29	0,34
Lipídios (%)	3,94	0,65
Lactose (%)	4,33	0,25
Extrato seco total (%)	11,64	0,79
Extrato seco desengordurado (%)	8,51	0,38
Cinzas (%)	0,71	0,09
Densidade (a 15°C)	1,0329	0,0018
pH	6,651	0,072
Acidez (°D)	16,09	1,09
Índice crioscópico (°H)	-0,570	0,008

\* Média obtida a partir da análise, em triplicata, de um "pool" das 29 amostras de leite coletadas

A dieta experimental foi formulada objetivando ganho de 150 g/animal/dia conforme recomendações do NRC (2006). Os alimentos foram oferecidos em duas refeições diárias, as 7:00 e às 17:00 horas. A composição químico-bromatológica dos ingredientes da dieta sólida encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica média dos ingredientes da dieta sólida, expressas na matéria seca (MS) para proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e matéria mineral (MM)

Ingrediente	Percentual				% MS		
	%*	% MS	PB	EE	FDN	FDA	MM
Feno de milho <sup>1</sup>	46,9	86,91	8,85	1,62	51,00	26,32	3,71
Farelo de soja	19,3	87,74	50,57	2,07	23,50	12,40	6,42
Milho moído	25,9	86,09	9,52	4,56	15,21	4,05	1,26
Melaço de cana	4,29	91,89	3,45	0,06	-	-	22,66
Óleo de soja	0,81	100,00	-	99,99	-	-	-
Mistura mineral <sup>2</sup>	1,99	94,60	0,11	-	-	-	89,73
Calcário calcítico	0,80	99,79	0,10	-	-	-	99,69
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>87,43</b>	<b>14,44</b>	<b>2,03</b>	<b>28,15</b>	<b>13,73</b>	<b>6,26</b>

\* Participação na dieta em percentual na matéria natural

<sup>1</sup> Planta inteira de milho sem a raiz, colhida no ponto de ensilar, submetida à secagem ao sol

<sup>2</sup> Níveis de garantia da mistura mineral (quantidade/kg de produto): cálcio 190 g, fósforo 73 g, sódio 62 g, cloro 92 g, magnésio 44 g, enxofre 30 g, zinco 1350 mg, cobre 340 mg, manganês 940 mg, ferro 1064 mg, cobalto 3 mg, iodo 16 mg, selênio 18 mg, flúor (máximo) 730 mg

O período experimental foi iniciado quando os animais atingirem 05 kg de PC, de forma que tanto o alimento líquido (leite) quanto o alimento sólido (ração completa) passaram a ser oferecidos de acordo com o nível nutricional pré-estipulado para cada animal (*ad libitum*, restrição moderada, restrição severa). Todos os animais foram desaleitados aos 50 dias de idade, seguindo estratégia de desaleitamento progressivo (Tabela 3) para todos os níveis nutricionais de maneira proporcional, estimulando assim o consumo de alimentos sólidos.

Tabela 3. Esquema de desaleitamento progressivo adotado no manejo nutricional

Nível nutricional	Idade (dias)	Volume (mL/manhã)	Volume (mL/tarde)	Volume (mL/diário)
<i>Ad libitum</i> (0% de restrição)	3 a 22	750 mL	750 mL	1500 mL
	23 a 36	400 mL	800 mL	1200 mL
	37 a 50	0 mL	750 mL	750 mL
Restrição moderada (± 25% de restrição)	3 a 22	Aproximadamente 75% do volume consumido pelo tratamento <i>ad libitum</i> (0% de restrição)		
	23 a 36			
	37 a 50			
Restrição severa (± 50% de restrição)	3 a 22	Aproximadamente 50% do volume consumido pelo tratamento <i>ad libitum</i> (0% de restrição)		
	23 a 36			
	37 a 50			
Todos os níveis	> 50	Somente dieta sólida		

#### 2.4. Mensuração do consumo

O consumo dos animais foi mensurado diariamente a partir da pesagem da quantidade de alimento oferecida e das sobras, com o auxílio de balança digital com precisão de 10 g. Assim como foi realizado para o leite, com base no consumo aferido do animal sem restrição (*ad libitum*) foi calculada a quantidade a ser ofertada aos animais sob restrições moderada e severa (25 e 50%, respectivamente) do consumido pelo *ad libitum*, do mesmo bloco.

#### 2.5. Pesagens, aferições biométricas e escore de condição corporal

Os animais foram pesados semanalmente, sempre antes do fornecimento da refeição matinal, utilizando balança digital com precisão de 50 g, desde o momento em



que atingiam 05 kg (PC inicial experimental) até momentos antes da realização do abate (15 kg do *ad libitum*), sem realização de jejum prévio.

Aferições biométricas foram realizadas em todos os animais no início e no final do experimento. As aferições biométricas realizadas foram: altura de cernelha (AC) - distância entre a região superior da cernelha e a extremidade distal do membro anterior; altura de garupa (AG) - distância entre a tuberosidade sacra, no alto da garupa, e a extremidade distal do membro posterior; comprimento de corpo (CCOR) - da extremidade anterior da face lateral do peito até a extremidade posterior da face lateral da garupa; e perímetro torácico (PT) - perímetro tomando-se o esterno como base ventral e a cernelha como base dorsal, passando a fita métrica caudalmente à escápula. Foi utilizada uma régua de madeira para AC, AG e CCOR, e fita métrica comum para PT, ambas graduadas em centímetros, utilizando base metodológica descrita por YÁÑEZ *et al.* (2004).

Foram ainda realizadas avaliações do escore de condição corporal (ECC) em todos os animais no momento em que ingressaram no experimento e na véspera do abate. A avaliação consistiu na atribuição de uma pontuação subjetiva, fornecida por dois avaliadores devidamente treinados, obedecendo a uma escala de pontuação compreendida entre 1 e 5, sendo: 1 = muito magra e 5 = muito gorda, de acordo com o grau de distribuição de músculo e de tecido adiposo na região da garupa do animal. A mensuração foi baseada na avaliação da proeminência estabelecida quanto ao grau de arredondamento dos processos espinhosos das vértebras lombares, o grau de cobertura adiposa dos processos transversos das vértebras e a cobertura muscular e

adiposa abaixo dos processos transversos, conforme metodologia proposta por THOMPSON & MEYER (1994).

## 2.6 Procedimentos de abate

Ao atingirem 15 kg de peso corporal, os animais sem restrição alimentar (*ad libitum*) foram abatidos e, concomitantemente, os animais das restrições moderada e severa, pertencentes ao mesmo bloco, também foram abatidos. Dessa forma, assegurou-se o mesmo período experimental (igual número de dias de experimento) para os 3 animais pertencentes ao mesmo bloco.

O sacrifício dos animais foi realizado após insensibilização prévia por choque elétrico, seguido de sangria mediante secção das veias jugulares e artérias carótidas. Preventivamente, após a sangria, foi realizada secção da medula espinhal na articulação atlanto-occipital para uma maior insensibilização neuro-motora. Constatada a morte do animal (ausência de reflexos palpebrais, interdigitais, lingual e anal), foi realizada a abertura cavitária do animal para retirada de todos os órgãos.

## 2.7 Colheita e processamento do sangue

Foram realizadas colheitas semanais de sangue a partir do primeiro dia em que os animais ingressaram no experimento (05 kg de PC para qualquer tratamento) até o momento em que os animais do tratamento *ad libitum* atingissem o peso final (15 kg de PC para animais sem restrição alimentar). As colheitas foram realizadas sempre antes

do fornecimento da refeição matinal, após desinfecção prévia da região cervical com algodão levemente embebido em solução de álcool iodado a 10%, utilizando de tubos de ensaio com vácuo sem anticoagulante para separação do soro sanguíneo (BD Labor Import<sup>®</sup> – sem aditivo).

A colheita foi procedida por punção da veia jugular externa com agulhas estéreis específicas para coletas em tubos com vácuo (BD Vacutiner<sup>®</sup>) e o material colhido foi acondicionado em caixa isotérmica com baterias de gelo, preservando-se o material coletado sob temperatura compreendida entre 08 e 12°C. Em seguida, o material colhido foi centrifugado a 3.000 rpm (rotações por minuto) durante 15 minutos para separação do soro sanguíneo. O material separado de cada tubo foi retido, subdividido e armazenado em cinco recipientes plásticos (Eppendorf<sup>®</sup>) com capacidade para 1,5 mL. Após subdivisão e armazenamento, as amostras foram submetidas ao congelamento rápido por imersões em nitrogênio líquido (-196°C) e em seguida acondicionadas à temperatura de -20°C. O processamento e armazenamento do sangue foram realizados no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

## *2.8 Dosagens de minerais sanguíneos*

As dosagens dos minerais sanguíneos foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Clínica e Cirurgia Animal, do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

Para avaliação do perfil sanguíneo de minerais, foram realizadas dosagens séricas de cálcio, fósforo, sódio, potássio e da enzima fosfatase alcalina. Todas as dosagens foram procedidas no soro sanguíneo processado das coletas realizadas ao longo de 09 semanas experimentais, pois, foi o período em que todos os animais possuíram coletas realizadas sem interferência de procedimentos simultâneos que pudessem causar de alterações nos resultados.

Os métodos e respectivos kits comerciais utilizados para realização das dosagens bioquímicas foram: Cálcio inorgânico mediante medições fotométricas pelo método CPC (Labtest® Diagnóstica S.A.); fósforo inorgânico pelo método modificado de DALY & ERTINGSHAUSEN (1972) (Labtest® Diagnóstica S.A.); sódio e potássio iônicos determinados através do método do íon seletivo, utilizando o sistema de eletrodos (aparelho Electrolyte Analyzer 9810, Roche Diagnostics®) e fosfatase alcalina pelo método modificado de BOWERS & MCCOMB (1981) (Labtest® Diagnóstica S.A.). Para leitura, utilizou-se aparelho semi-automático para leitura de dosagens bioquímicas Labquest®.

## *2.9. Análises bromatológicas*

Nas amostras dos ingredientes da ração e das sobras determinaram-se os teores de matéria seca (MS) (Método oficial 930.15), extrato etéreo (EE) (Método oficial 920.39), matéria mineral (MM) (Método oficial 942.05) e nitrogênio total (Método oficial 984.13), de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (1995). O teor de matéria orgânica (MO) foi obtido através da diferença entre o teor de MS e MM, assim

como o teor de proteína bruta foi obtido através da multiplicação do teor de nitrogênio total pelo fator 6,25. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme ROBERTSON & VAN SOEST (1981).

Para determinação da composição média do leite foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: proteína (método Micro-Kjedahl, com o fator 6,38 multiplicado pela porcentagem de nitrogênio) (Método oficial 991.20); lactose (determinada por espectrofotometria de absorção) (Método oficial 991.20); acidez (titulação com soda nono-normal pelo método de DORNIC) (Método oficial 947.05) e Cinzas (em forno mufla a 600°C) (Método oficial 935.42), segundo metodologias da AOAC (1995).

As concentrações de extrato seco total (obtenção do peso constante através da secagem); lipídios (utilizando lactobutirômetro de Geber); sólidos totais (em estufa a 105°C até peso constante); densidade (leitura realizada em termolactodensímetro a 15°C); pH (através do potenciômetro digital); crioscopia (através de crioscópio eletrônico LACTRON); teor de cloretos (titulação com dicromato de potássio e nitrato de prata); extrato seco total e desengordurado (calculados a partir dos valores determinados para densidade e gordura, pela fórmula de PLEISMAN), foram realizados segundo metodologia proposta pelo INSTITUTO ADOLF LUTZ (2005).

#### *2.10. Análises morfométricas e densitométricas ósseas*

Para análises morfométricas e densitométricas, inicialmente foi realizada a dissecação do osso fêmur da perna direita de todos os animais, de forma que fossem retirados todos os tecidos moles aderidos ao osso sem danificar sua superfície.

As análises densitométricas foram realizadas no Setor de Radiologia do Departamento de Medicina Veterinária e no Departamento de Morfologia Animal da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal. A análise densitométrica foi realizada mediante imagem em película gerada por raios-X utilizando como técnica os valores de 44Kv, 100 mA, 40mAs, 4mAS a uma distância foco-filme de 90 cm. Como referência de densidade foi utilizado um penetrômetro, que consiste numa liga de alumínio 606 (ABNT), composta por 12 degraus (0,5 mm para o primeiro degrau) variando de 0,5 a 0,5 mm até o décimo degrau, o 11º com 6,0 mm e o 12º com 8,0 mm de espessura. Cada degrau ocupando uma área de 125 mm<sup>2</sup> (5 x 25 mm<sup>2</sup>).

As películas foram obtidas em aparelho de scanner específico com o auxílio dos softwares, primeiramente com o Adobe Photoshop 7.0 e em seguida pelo Image-Pro Plus. Foram marcados 5 diferentes pontos do osso, sendo 2 pontos nas extremidades (epífises distal e proximal) e 3 pontos ao longo da diáfise (regiões diafisárias proximal, média e distal), de forma que se obtivesse não apenas uma média densitométrica do osso, mas também a densidade de acordo com o ponto exato medido, visando maiores precisão e acurácia da técnica utilizada (Figura 2).



Figura 2. Exemplo de posicionamento dos ossos em placa de raios-X (à esquerda), imagem produzida após o procedimento realizado com pontos selecionados para leitura densitométrica (à direita)

Foram ainda realizadas avaliações morfométricas com o auxílio de paquímetro digital, fita métrica graduada em centímetros e plástico transparente quadriculado em milímetros. Com o osso inteiro foram realizadas as mensurações externas do perímetro da epífise proximal, perímetro da epífise distal, perímetro da diáfise, comprimento total do osso, largura da diáfise (posição látero-lateral) e largura da diáfise (posição crânio-caudal), em centímetros. Após divisão sagital do osso, foram mensuradas internamente a largura do canal medular e largura das camadas compacta cranial e caudal, em centímetros, e as áreas da camada esponjosa proximal e distal, em centímetros quadrados.

#### *2.11. Delineamento experimental e Análises estatísticas*

Os dados foram analisados em delineamento em blocos ao acaso utilizando modelos mistos, sendo considerado como efeitos fixos o sexo (2 graus de liberdade) e os níveis nutricionais (2 graus de liberdade), e como efeito aleatório os blocos (16 graus de liberdade) e o resíduo. Utilizou-se o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.2) e quando significativas, as médias entre sexo e níveis nutricionais foram comparadas utilizando a diferença mínima significativa de Tukey (i.e., a opção DIFF ADJUST do comando LSMEANS). A significância foi declarada a  $P \leq 0,05$ .

### 3. Resultados

#### 3.1. Idade, peso e período experimental

Na Tabela 4 são apresentadas as idades iniciais e finais, e valores médios de peso corporal (PC) inicial e final, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos não-castrados, fêmeas e machos castrados). Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) apenas do nível nutricional sobre os valores médios de PC final.

Tabela 4. Idades inicial e final, e valores médios de peso corporal (PC) inicial e final, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetro (dias)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Idade inicial	22,20	22,41	22,24	0,107	0,305
Idade final	108,43	108,43	108,52	0,159	0,897
PC inicial	5,06	4,88	5,04	0,1077	0,379
PC final	15,22 <sup>a</sup>	11,90 <sup>b</sup>	9,32 <sup>c</sup>	0,2894	<,0001

Parâmetro (dias)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Idade inicial	25,19	23,21	23,24	0,120	0,751
Idade final	104,00	105,46	103,53	0,250	0,167
PC inicial	5,03	4,92	5,01	0,1200	0,801
PC final	12,12	11,95	12,36	0,4204	0,797

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)



Observa-se que todos os animais apresentaram a mesma faixa etária no momento em que ingressaram e que terminaram o experimento (Tabela 4), fator esse muito importante para estudos em que a idade interfere na maturidade fisiológica, tornando-se um fator potencialmente influenciador de resultados. As diferenças observadas entre os valores de PC final para os diferentes níveis nutricionais (Tabela 4) indicam que os valores diminuíram à medida que a restrição nutricional se elevou, demonstrando o efeito da restrição nutricional sobre o ganho de peso dos animais.

### 3.2. Consumo

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de consumo de nutrientes durante o período experimental total, em função do nível nutricional (*ad libitum*, restrição moderada e restrição severa) e do sexo (machos inteiros, fêmeas e machos castrados). Como era esperado, observou-se efeito significativo ( $P < 0,0001$ ) do nível nutricional sobre todos os valores médios de consumo (CMS, CMO, CPB, CMM, CEE e CCHOT), mantendo-se em torno de 25 e de 50%, para restrições moderada e severa, respectivamente, atendendo assim aos tratamentos nutricionais propostos.

Tabela 5. Consumo médio diário do período experimental total, de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), matéria mineral (CMM), extrato etéreo (CEE) e carboidratos totais (CCHOT), em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Consumo (g/dia)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
CMS	321,74 <sup>a</sup>	240,48 <sup>b</sup>	156,82 <sup>c</sup>	7,803	<,0001
CMO	262,60 <sup>a</sup>	197,24 <sup>b</sup>	129,27 <sup>c</sup>	6,185	<,0001
CPB	56,38 <sup>a</sup>	42,31 <sup>b</sup>	27,38 <sup>c</sup>	1,199	<,0001
CMM	19,99 <sup>a</sup>	15,04 <sup>b</sup>	13,99 <sup>c</sup>	0,499	<,0001
CEE	28,56 <sup>a</sup>	21,28 <sup>b</sup>	13,75 <sup>c</sup>	0,515	<,0001
CCHOT	180,59 <sup>a</sup>	135,90 <sup>b</sup>	90,01 <sup>c</sup>	4,773	<,0001

Consumo (g/dia)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
CMS	225,69	247,31	246,03	10,721	0,275
CMO	185,57	203,17	200,68	8,361	0,272
CPB	39,65	43,59	42,83	1,578	0,183
CMM	14,00	15,40	15,38	0,687	0,251
CEE	20,11	22,25	21,23	0,475	0,194
CCHOT	127,85	139,88	138,76	6,492	0,342

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

### 3.3. Biometria e Condição corporal

Na tabela 06 são apresentados valores biométricos e escore de condição corporal, iniciais e finais, respectivamente, em função do nível nutricional e do sexo.

Tabela 06. Valores biométricos iniciais e finais, referentes à altura de cernelha (AC), altura de garupa (AG), comprimento de corpo (CC) e perímetro torácico (PT), em centímetros, e escore de condição corporal (ECC) em pontos subjetivos, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
AC - inicial	38,16	37,88	38,83	0,5114	0,365
AC - final	50,49 <sup>a</sup>	47,13 <sup>b</sup>	43,05 <sup>c</sup>	0,332	<,0001
AG - inicial	39,69	39,05	40,41	0,4588	0,156
AG - final	50,80 <sup>a</sup>	47,69 <sup>b</sup>	43,48 <sup>c</sup>	0,443	<,0001
CC - inicial	37,33	37,00	38,11	0,6568	0,349
CC - final	50,59 <sup>a</sup>	47,51 <sup>b</sup>	43,46 <sup>c</sup>	0,535	<,0001
PT - inicial	39,42	38,52	39,78	0,7708	0,434
PT - final	51,07 <sup>a</sup>	48,20 <sup>b</sup>	46,13 <sup>c</sup>	0,387	<,0001
ECC - inicial	2,50	2,40	2,43	0,1307	0,842
ECC - final	3,18 <sup>a</sup>	2,21 <sup>b</sup>	1,24 <sup>c</sup>	0,109	<,0001

Parâmetros	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
AC - inicial	38,99 <sup>a</sup>	36,52 <sup>b</sup>	39,35 <sup>a</sup>	0,6805	0,031
AC - final	47,55	46,49	46,62	0,445	0,228
AG - inicial	40,92 <sup>a</sup>	38,05 <sup>b</sup>	41,18 <sup>a</sup>	0,6453	0,017
AG - final	48,22	46,63	47,12	0,607	0,225
CC - inicial	37,50	35,89	39,05	0,9313	0,104
CC - final	48,40	46,31	46,85	0,709	0,149
PT - inicial	38,66	38,86	39,19	0,5271	0,562
PT - final	49,28	48,12	49,00	0,380	0,162
ECC - inicial	2,55	2,34	2,45	0,1460	0,627
ECC - final	2,31	2,23	2,09	0,122	0,435

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Para as aferições iniciais observaram-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) apenas para os parâmetros altura de cernelha e altura de garupa em função do sexo, onde os machos inteiros e castrados apresentaram valores iguais entre si e maiores que as medidas observadas nas fêmeas. Por outro lado, os parâmetros biométricos e ECC finais foram significativamente ( $P < 0,05$ ) afetados pelo nível nutricional, sendo maiores nos animais com maior aporte nutricional (*ad libitum*), intermediário nos animais sob restrição moderada e inferior nos animais sob restrição severa.

#### 3.4. Avaliações ósseas

Nas Tabelas 07 e 08 são apresentados os parâmetros morfométricos ósseos externos e internos, respectivamente, resultantes de mensurações de suas estruturas e dimensões no osso fêmur.

Foram observadas diferenças significativas em todos os parâmetros morfométricos em função do nível nutricional (Tabela 07), onde os valores de perímetros da diáfise, das epífises proximal e distal e as espessuras látero-lateral e crânio-caudal da diáfise dos animais alimentados *ad libitum* foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos dos animais submetidos às restrições, que por sua vez apresentaram valores similares ( $P > 0,05$ ) entre si. Observaram-se ainda diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para o comprimento total do osso (Tabela 07) em função do nível nutricional, onde os animais com maior aporte nutricional apresentaram maiores comprimentos ósseos.

Tabela 07. Valores morfométricos ósseos externos médios dos perímetros da epífise proximal, perímetro da epífise distal, perímetro da diáfise, comprimento ósseo, espessura látero-lateral e espessura crânio-caudal da diáfise do fêmur, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros morfométricos	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Perímetro epífise proximal	9,99 <sup>a</sup>	9,40 <sup>b</sup>	9,31 <sup>b</sup>	0,154	0,046
Perímetro epífise distal	12,97 <sup>a</sup>	12,06 <sup>b</sup>	11,82 <sup>b</sup>	0,196	0,049
Perímetro da diáfise	4,52 <sup>a</sup>	4,19 <sup>b</sup>	4,08 <sup>b</sup>	0,084	0,007
Espessura látero-lateral diáfise	13,30 <sup>a</sup>	12,72 <sup>b</sup>	12,16 <sup>b</sup>	0,195	0,001
Espessura crânio-caudal diáfise	13,40 <sup>a</sup>	12,13 <sup>b</sup>	12,04 <sup>b</sup>	0,234	0,032
Comprimento ósseo	14,65 <sup>a</sup>	13,80 <sup>b</sup>	13,14 <sup>c</sup>	0,218	<0,001

Parâmetros morfométricos	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Perímetro epífise proximal	9,73	9,30	9,67	0,172	0,191
Perímetro epífise distal	12,54	12,83	12,68	0,186	0,081
Perímetro da diáfise	4,39	4,32	4,38	0,076	0,732
Espessura látero-lateral diáfise	12,85	12,40	12,95	0,216	0,197
Espessura crânio-caudal diáfise	13,04	13,09	13,25	0,206	0,180
Comprimento ósseo	14,04	13,37	14,18	0,243	0,069

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Referente aos parâmetros internos (Tabela 08), observou-se efeito significativo em função do nível nutricional ( $P > 0,05$ ) para os parâmetros de camadas compactas

(cranial e caudal) e camadas esponjosas (proximal e distal), apresentando-se significativamente ( $P < 0,05$ ) inferiores nos animais submetidos às restrições (moderada e severa), mas iguais ( $P > 0,05$ ) entre si. Ainda na Tabela 08, observa-se o único efeito significativo ( $P < 0,05$ ) em função do sexo, que ocorreu sobre a espessura do canal medular, onde os valores observados nas fêmeas foram inferiores ( $P < 0,05$ ).

Tabela 08. Valores morfométricos ósseos internos médios da espessura das camadas compacta cranial e caudal e do canal medular, em centímetros (cm), e das áreas das camadas esponjosa proximal e distal, em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>), em função do nível nutricional e do sexo, em fêmur de cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Parâmetros	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
C. compacta cranial	2,44 <sup>a</sup>	2,06 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>	0,091	<0,001
C. compacta caudal	2,43 <sup>a</sup>	2,07 <sup>b</sup>	1,97 <sup>b</sup>	0,120	0,035
Canal medular	8,51	8,43	8,36	0,179	0,175
C. esponjosa proximal	4,68 <sup>a</sup>	3,83 <sup>b</sup>	2,98 <sup>b</sup>	0,161	0,005
C. esponjosa distal	7,35 <sup>a</sup>	6,53 <sup>b</sup>	6,23 <sup>b</sup>	0,289	0,019
Parâmetros	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
C. compacta cranial	2,20	1,95	2,13	0,106	0,246
C. compacta caudal	2,24	2,20	2,34	0,121	0,702
Canal medular	8,63 <sup>a</sup>	7,82 <sup>b</sup>	9,05 <sup>a</sup>	0,209	0,002
C. esponjosa proximal	4,20	4,03	4,27	0,115	0,361
C. esponjosa distal	6,76	6,36	6,99	0,329	0,433

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

Na Tabela 09 são apresentados os parâmetros densitométricos ósseo, em milímetros-alumínio (mmal), referentes a cinco pontos distintos ao longo do osso fêmur. Observaram-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em função do nível nutricional nas densidades das epífises proximal e distal (Tabela 09), onde os animais *ad libitum* apresentaram valores superiores ( $P < 0,05$ ) aos submetidos às restrições (moderada e severa), que por sua vez não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). Quanto às diáfises, observou-se apenas uma tendência ( $P < 0,10$ ) na densidade da diáfise medial.

Tabela 09. Valores médios das densidades da epífise proximal, diáfise proximal, diáfise medial, diáfise distal e epífise distal, em milímetros-alumínio (mmal), em função do nível nutricional e do sexo, em fêmur de cabritos Saanen dos 05 aos 15 kg de peso corporal

Densidades (mmal)	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Epífise proximal	3,881 <sup>a</sup>	2,662 <sup>b</sup>	1,825 <sup>b</sup>	0,517	0,023
Diáfise proximal	2,697	1,743	1,464	0,349	0,639
Diáfise medial	3,328	2,108	1,642	0,455	0,058
Diáfise distal	1,900	2,092	1,605	0,263	0,433
Epífise distal	6,371 <sup>a</sup>	5,437 <sup>b</sup>	5,003 <sup>b</sup>	0,582	0,002
Densidades (mmal)	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Epífise proximal	2,367	2,584	3,016	0,512	0,639
Diáfise proximal	1,779	2,000	2,125	0,213	0,442
Diáfise medial	2,288	2,386	2,305	0,453	0,903
Diáfise distal	2,003	1,691	1,902	0,277	0,606
Epífise distal	5,640	6,231	6,740	0,516	0,541

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

### 3.5. Perfil metabólico-mineral

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentadas as concentrações séricas de cálcio, fósforo inorgânico e magnésio totais, dos íons sódio e potássio, da enzima fosfatase alcalina e as relações entre cálcio:fósforo e sódio:potássio, durante os períodos de aleitamento (Tabela 10) e pós-desaleitamento (Tabela 11).

Dentre todos os parâmetros avaliados, tanto no período de aleitamento, quanto no pós-desaleitamento, observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do nível nutricional apenas sobre a concentração sérica de fósforo inorgânico, havendo diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos extremos (*ad libitum* ≠ restrição severa).



Tabela 10. Concentrações séricas médias de cálcio total, fósforo inorgânico total (mg/dL), magnésio total, sódio iônico, potássio iônico (mmol/L), fosfatase alcalina (U/L) e as relações cálcio:fósforo e sódio:potássio, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen em aleitamento

Metabólitos <sup>†</sup>	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Cálcio total (mg/dL)	9,50	9,18	9,35	0,230	0,588
Fósforo inorgânico (mg/dL)	9,30	9,37	9,11	0,220	0,771
Relação Cálcio:Fósforo	1,01	0,99	1,02	0,217	0,899
Magnésio total (mg/dL)	2,13	2,19	2,14	0,061	0,729
Sódio iônico (mmol/L)	139,67	139,15	138,41	0,893	0,649
Potássio iônico (mmol/L)	5,41	5,44	5,41	0,083	0,946
Relação Sódio:Potássio	25,87	25,58	25,58	0,056	0,886
Fosfatase alcalina (U/L)	259,24	281,98	303,64	36,982	0,735

Metabólitos <sup>†</sup>	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Cálcio total (mg/dL)	8,94	9,51	9,58	0,254	0,175
Fósforo inorgânico (mg/dL)	9,88	9,75	9,63	0,239	0,783
Relação Cálcio:Fósforo	0,90	0,98	0,99	0,244	0,878
Magnésio total (mg/dL)	2,17	2,10	2,08	2,167	0,671
Sódio iônico (mmol/L)	138,20	139,20	139,84	1,012	0,509
Potássio iônico (mmol/L)	5,38	5,37	5,50	0,093	0,577
Relação Sódio:Potássio	25,69	25,91	25,43	0,074	0,699
Fosfatase alcalina (U/L)	251,17	344,53	249,16	40,589	0,256

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

<sup>†</sup>Valores de normalidade para caprinos, segundo KRAMER (2000): Cálcio total (8,9 – 11,7 mg/dL); Fósforo inorgânico (4,2 – 9,1 mg/dL); Magnésio total (2,8 – 3,6 mg/dL); Sódio iônico (142 – 155 mmol/L); Potássio iônico (3,5 – 6,7 mmol/L); Fosfatase alcalina (93 – 387 U/L); Relação Cálcio:Fósforo (2:1); Relação Sódio:Potássio (25:1 – 30:1)

Tabela 11. Concentrações séricas médias de cálcio total, fósforo inorgânico total (mg/dL), magnésio total, sódio iônico, potássio iônico (mmol/L), fosfatase alcalina (U/L) e as relações cálcio:fósforo e sódio:potássio, em função do nível nutricional e do sexo, em cabritos Saanen desaleitados

Metabólitos †	Nível Nutricional			EPM	P***
	<i>Ad libitum</i>	Moderada*	Severa**		
Cálcio total (mg/dL)	9,41	9,12	8,90	0,144	0,082
Fósforo inorgânico (mg/dL)	9,96 <sup>a</sup>	8,98 <sup>ab</sup>	8,41 <sup>b</sup>	0,364	0,035
Relação Cálcio:Fósforo	0,94	1,02	1,06	0,225	0,097
Magnésio total (mmol/L)	2,31	2,31	2,42	0,089	0,282
Sódio iônico (mmol/L)	139,84	138,19	137,86	0,695	0,137
Potássio iônico (mmol/L)	5,19	5,21	5,08	0,734	0,449
Relação Sódio:Potássio	26,94	26,52	27,14	2,064	0,621
Fosfatase alcalina (U/L)	184,55	160,77	159,75	14,981	0,244

Metabólitos †	Sexo			EPM	P***
	Machos	Fêmeas	Castrados		
Cálcio total (mg/dL)	9,01	9,31	9,12	0,163	0,486
Fósforo inorgânico (mg/dL)	8,59	9,28	9,48	0,384	0,238
Cálcio:Fósforo (relação)	1,05	1,00	0,96	0,279	0,188
Magnésio total (mmol/L)	2,33	2,32	2,40	0,136	0,910
Sódio iônico (mmol/L)	138,09	138,79	139,00	0,751	0,660
Potássio iônico (mmol/L)	5,13	5,16	5,10	0,085	0,505
Relação Sódio:Potássio	26,92	26,89	27,25	1,646	0,703
Fosfatase alcalina (U/L)	153,81	168,04	153,22	14,493	0,468

\* Moderada – restrição de, aproximadamente, 25% do consumido pelo *ad libitum*

\*\* Severa – restrição de, aproximadamente, 50% do consumido pelo *ad libitum*

\*\*\*Valores seguidos de letras minúsculas distintas na mesma linha diferem significativamente entre si a 5% de significância. (EPM = erro padrão da média; P = probabilidade)

† Valores de normalidade para caprinos, segundo KRAMER (2000): Cálcio total (8,9 – 11,7 mg/dL); Fósforo inorgânico (4,2 – 9,1 mg/dL); Magnésio total (2,8 – 3,6 mg/dL); Sódio iônico (142 – 155 mmol/L); Potássio iônico (3,5 – 6,7 mmol/L); Fosfatase alcalina (93 – 387 U/L); Relação Cálcio:Fósforo (2:1); Relação Sódio:Potássio (25:1 – 30:1)

#### 4. Discussão

Constatou-se no presente estudo que todos os animais possuem idades semelhantes (iniciais e finais), e que o período de submissão aos respectivos tratamentos nutricionais também foram semelhantes em dias (Tabela 4). Essa é uma importante constatação para estudos durante a fase inicial de desenvolvimento, onde a maturidade fisiológica torna-se um fator tão importante quanto os tratamentos e tempo de submissão aos mesmos. Segundo FREETLY *et al.* (2002), é importante considerar a idade dos animais, pois ocorrem mudanças significativas na taxa metabólica e na síntese e deposição de tecidos à medida que o animal amadurece, havendo uma diminuição na proporção relativa dos tecidos metabolicamente ativos (tecidos cerebral e visceral) em relação ao peso corporal total.

Além da idade, CALDEIRA *et al.* (2007b) ressaltam a influência da condição nutricional e do tempo de exposição às situações de restrição sobre as taxas de crescimento, devendo-se levar em consideração ainda as diferenças genéticas para avaliação dessas taxas (FREETLY *et al.*, 1995), afirmação que é corroborada por MANDAL *et al.* (2005) enfatizando que além da condição nutricional, fatores como local de origem da raça, composição genética, tamanho corporal adulto e condições climáticas também podem afetar a taxa de crescimento dos animais. Essas afirmações fundamentam a especial atenção dada no presente estudo (Tabela 4) às informações relacionadas à idade cronológica associada aos fatores impostos pelos tratamentos (sexo e nível nutricional), enfatizando a importância de avaliar grupos com igualdade etária, evitando que esse fator (idade) seja interpretado como uma covariável.

Os consumos observados no presente trabalho foram impostos pela metodologia experimental adotada, onde as proporções de restrição alimentar nos tratamentos *ad libitum*, restrição moderada e restrição severa foram, respectivamente, de 0%, 25,26% e 51,26% (Tabela 5). Esses resultados indicam que os níveis nutricionais propostos pela metodologia foram alcançados, mantendo-se em torno dos 25% para restrição moderada e dos 50% para restrição severa, com base no consumo dos animais *ad libitum* (0% de restrição).

Avaliando-se o efeito dos níveis nutricionais sobre os valores de peso final (15,22 kg, 11,90 kg e 9,32 kg para os tratamentos *ad libitum*, restrição moderada e restrição severa, respectivamente), observou-se que a proporção de redução no ganho de peso foi de 21,81% e 38,76% para os animais sob restrições moderada e severa, respectivamente (Tabela 4). Redução no peso final de animais restritos era esperada devido ao tratamento experimental, contudo observa-se que as proporções divergem das impostas nas restrições (25,26% e 51,26%, para restrições moderada e severa, respectivamente), indicando que as reduções em ganho de peso são proporcionalmente inferiores às reduções impostas no consumo (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos de restrição onde se avaliou seus efeitos sobre a composição tecidual, os rendimentos de carcaça e de cortes comerciais da carcaça. YÁÑEZ *et al.* (2007), testando restrições de 30% e 60%, verificaram reduções no ganho de peso de 23,06% e 47,36% para cabritos dos 5 aos 20 kg de PC, e reduções de 18,75% e 37,22% para cabritos dos 20 aos 35 kg de PC, constatando que as reduções em ganho de peso foram proporcionalmente

inferiores às proporções das restrições nutricionais. PEREIRA FILHO *et al.* (2005), testando os mesmos níveis de restrição (30% e 60%) em animais dos 15 aos 25 kg de PC, obtiveram resultados semelhantes.

Assim como observado nos estudos citados anteriormente (PEREIRA FILHO *et al.*, 2005; YÁÑEZ *et al.*, 2007), observou-se no presente estudo que a restrição provoca uma redução proporcional a restrição no ganho de peso dos animais, evidenciando a vulnerabilidade de animais em fase inicial de desenvolvimento frente a situações de restrição nutricional, seja em caráter moderado ou severo.

DI MARCO (1994) descreve que o ganho de peso e o crescimento ponderal são diretamente afetados pelo nível alimentar e que os animais em bom estado corporal, apresentam uma menor habilidade para ganho de peso se comparados a animais que previamente tenham passado por uma restrição alimentar, desde que esta não tenha sido tão severa. Esse mesmo autor, corroborado por CALDEIRA (2005) e DOREAU *et al.* (2003), chama atenção para situações de restrição mais severas, pois essas podem afetar o crescimento do tecido magro e o tamanho do animal, de maneira que quando acontece precocemente, pode afetar permanentemente o potencial de crescimento do animal.

A biometria foi realizada no início e no final do estudo, objetivando identificar o ganho em medidas corporais (cm) dos animais em seus diferentes tratamentos. As menores medidas iniciais de altura de cernelha e altura de garupa ( $P < 0,05$ ) observadas para as fêmeas em comparação aos machos e castrados (Tabela 6) podem ser atribuídas às diferenças relacionadas ao sexo existentes durante o crescimento fetal

dos animais, onde os machos apresentam maior desenvolvimento que as fêmeas (CUNNINGHAM, 2004), sendo que no presente estudo, os machos castrados e não-castrados não diferiram entre si, uma vez que o procedimento de castração foi realizado poucos dias (7 a 10 dias) após o nascimento dos animais.

Segundo HAFEZ & HAFEZ (2004), o tamanho do recém-nascido depende diretamente das condições proporcionadas durante o período de gestação, de maneira que as diferenças do tamanho fetal entre espécies e raças são devido a íntima integração entre o suprimento alimentar para o feto (fator ambiental) e a taxa de divisão celular (fator genético). Os fatores ambientais incluem número e peso do(s) feto(s), dias de gestação, tamanho da placenta, estresse climático e a nutrição da mãe, sendo esse último considerado o fator mais importante (VERDE, 1996). O sexo do feto é outro fator que influencia no tamanho deste, sendo que fetos machos apresentam-se maiores que os de fêmeas, o que é explicado pelo efeito anabólico de pequenas quantidades dos hormônios sexuais secretados pelos fetos machos tornando-os capazes de metabolizar mais nutrientes da mãe durante o desenvolvimento pré-natal (CUNNINGHAM, 2004).

Quanto aos valores biométricos finais obtidos (Tabela 6), observa-se apenas efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do nível nutricional sobre o desenvolvimento dos animais, onde todos os parâmetros biométricos foram negativamente afetados pela redução do aporte nutricional (*ad libitum* > restrição moderada > restrição severa), não havendo diferenças ( $P > 0,05$ ) relacionadas ao sexo. Esse resultado indica que as diferenças no

desenvolvimento corporal estão diretamente relacionadas à condição nutricional dos animais.

No presente estudo, observaram-se para as médias da soma de todas as medidas biométricas reduções de 21,22% e 60,82% para restrições moderada e severa, respectivamente, em comparação aos animais alimentados *ad libitum*, indicando que animais sob restrições severas são proporcionalmente mais afetados que animais sob restrições moderadas, uma vez que tiveram o consumo restrito em aproximadamente 50% e suas medidas biométricas finais foram afetadas em 60,82%. Entretanto, alguns parâmetros biométricos apresentaram diferentes comportamentos frente às restrições, onde para as medidas de altura de cernelha e de garupa observaram-se reduções médias de 45,38% e 47,30%, respectivamente, demonstrando que foram proporcionalmente mais afetadas que as reduções médias observadas no comprimento corporal (40,20%) e de perímetro torácico (31,20%), independente do nível de restrição, quando comparadas aos animais *ad libitum*.

Segundo SILANIKOVE (2000), esses resultados indicam que os animais precisam manter as proporções de volume cavitário (torácico e abdominal) que envolvem os órgãos metabolicamente responsivos (vísceras). Esse mesmo autor ressalta que esses órgãos precisam manter ao máximo as suas dimensões para que sejam capazes de realizar suas atividades metabólicas vitais, de maneira que as restrições afetem o seu desenvolvimento em caráter parcial (SILANIKOVE, 2000). Dessa forma, reforça-se a hipótese de que o organismo desenvolve mecanismos compensatórios resguardando-se para a realização de suas funções fisiológicas

basais, tentando assim compensar ao máximo possíveis situações onde sejam privados nutricionalmente (CHILLIARD *et al.*, 1998), conforme constatado no capítulo 2.

Avaliando-se o fator sexo relacionado ao ganho médio em medidas biométricas, nenhuma interação entre sexo e nível nutricional foi observada, o que não permite afirmar que as fêmeas foram mais afetadas pelas restrições que os machos inteiros e castrados. Observou-se apenas que as fêmeas apresentaram menor desenvolvimento corporal que os machos inteiros e castrados. Essa diferença fica evidente quando se compara os ganhos médios em medidas obtidos nas fêmeas (20,40%), nos machos inteiros (19,30%) e castrados (16,22%). Esse ganho observado nas fêmeas é mais evidente nas medidas de altura média de cernelha e garupa (19,92%), uma vez que os ganhos médios observados para essas medidas foram de (16,57%) e (14,10%) para os machos inteiros e castrados, respectivamente. Esse resultado deve-se inicialmente por essas medidas se apresentarem menores nas fêmeas desde o início do experimento (Tabela 6), associado às diferenças inerentes ao sexo no comportamento de deposição tecidual e das proporções corporais.

Embora nenhuma interação entre sexo e nível nutricional tenha sido observada, diferenças inerentes ao sexo são abordadas por SAHLU *et al.* (2004), ao relacionar situações de restrição nutricional, afirmando que a adaptação dos animais pode variar conforme o sexo do animal, uma vez que existem diferenças no desenvolvimento entre machos, fêmeas e castrados, por apresentarem distintas características de deposição tecidual (músculo e gordura), determinadas através da ação e da concentração de hormônios. SOUZA *et al.* (2007) atribui às concentrações hormonais de testosterona as



diferenças corporais observadas em animais de diferentes sexos, que embora tenham sejam observadas no período pré-púbere, essas diferenças se tornam mais evidentes quando iniciada a puberdade, onde os machos não castrados apresentam picos hormonais gradativos (principalmente de testosterona) que, além da função sexual também possuem potente ação anabolizante, permitindo um maior desenvolvimento muscular e de medidas biométricas como perímetro torácico e comprimento de corpo (CAMPOS *et al.*, 2003).

O ECC consiste na quantidade de tecido muscular e adiposo armazenado pelo corpo do animal, que serve para estimar a quantidade de energia acumulada, indicando o status nutricional do animal naquele dado estágio fisiológico, sendo uma estimativa mais precisa que o PC, ao avaliarem-se mudanças corporais em reservas energéticas (MORAND-FEHR, 2005). Variáveis como o peso da água ou do alimento no trato gastrintestinal, ao serem contabilizadas como PC, podem superestimar a quantidade de tecidos de reserva nos animais de maior peso vivo (JARRIGE, 1988). Dessa forma, o ECC possui ainda mais importância para o presente estudo, uma vez que a metodologia experimental adotada não contou com a realização de jejum pré-abate, aumentando assim a possibilidade de superestimar suas reservas corporais.

O escore de condição corporal (ECC) foi utilizado no presente estudo para auxiliar no monitoramento do plano nutricional dos animais nos diferentes tratamentos (Tabela 6). Observou-se incremento de 0,68 pontos para os animais *ad libitum*, e reduções de 0,19 e 1,19 pontos para os animais sob restrições moderada e severa, respectivamente, comparando-se as mensurações iniciais e finais realizadas nos

animais (iniciais subtraídas das finais), ou seja, reduções de aproximadamente 30% e 61% do ECC após do período de restrição nutricional, em relação aos animais *ad libitum*.

Trabalhando com caprinos, YÁÑEZ *et al.* (2004) utilizaram o ECC para avaliar os efeitos de restrições nutricionais de 30% e 60%, onde verificaram reduções de 17% e 39%, respectivamente, dos 5 aos 20 kg, e de 19% e 50% respectivamente, dos 20 aos 35 kg de PC, quando comparado aos animais alimentados *ad libitum*. HOMEM JUNIOR *et al.* (2007), trabalhando com ovinos dos 32 aos 50 kg de PC, observaram reduções do ECC em 16% e 40% para restrições de 30% e 60%, respectivamente, com base no ECC dos animais *ad libitum*. As reduções observadas por YÁÑEZ *et al.* (2004) e por HOMEM JUNIOR *et al.* (2007) foram menores que as reduções encontradas no presente estudo (30% e 61% do ECC), o que pode ser atribuído tanto à diferença de maturidade dos animais (mais velhos e maiores), quanto aos diferentes avaliadores envolvidos, uma vez que a metodologia de avaliação do ECC é de natureza subjetiva, contando com interpretações pessoais do exame visual e tátil (CÉZAR & SOUZA, 2006).

Por outro lado, o comportamento do ECC frente às restrições foi semelhante nos estudos citados, demonstrando que a diminuição do aporte nutricional afeta negativamente a condição corporal dos animais (MELLADO *et al.*, 1996; RHIND *et al.*, 1998). Diante disso, indica-se o uso do ECC como ferramenta para monitorização tanto do desenvolvimento físico quanto das reservas corporais, preferencialmente sendo

realizada com um mesmo grupo de animais e contando com a interpretação de um mesmo avaliador durante todo o estudo (MORAND-FEHR, 2005).

Diante da relação que o osso possui com o crescimento dos animais, no presente trabalho utilizou-se o osso fêmur para realização de avaliações ósseas objetivando verificar o efeito das restrições nutricionais e do sexo sobre o crescimento e desenvolvimento ósseo. Observou-se que a morfometria (Tabelas 07 e 08) e densitometria (Tabela 09) ósseas foram mais afetadas pelo nível nutricional do que pelo sexo, uma vez que o sexo somente afetou a espessura do canal medular, apresentando-se menor nas fêmeas do que nos machos e castrados, o que foi atribuído à ação e concentração hormonais.

VAUGHAN (1980) enumera diversos fatores que podem afetar o crescimento ósseo que podem claramente estas podem ser divididas em exógenas (alimentar) e endógenos (principalmente hormonais), nesse último dando ênfase ao estrógeno e à testosterona. Ao avaliar as diferenças ósseas relacionadas ao sexo em ratos, ABE & AOKI (1989) constataram que fêmeas apresentaram menor desenvolvimento das estruturas internas do osso fêmur, corroborando assim com os resultados encontrados no presente estudo.

Com exceção do parâmetro de comprimento ósseo (Tabela 07), que foi reduzido ( $P > 0,05$ ) pela redução do aporte nutricional (*ad libitum* > restrição moderada > restrição severa), os demais parâmetros mensurados apresentaram comportamento diferenciado, onde apenas os animais *ad libitum* apresentaram-se com valores

superiores ( $P < 0,05$ ) aos dos animais sob restrições moderada e severa (*ad libitum* > restrição moderada = restrição severa), que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ).

Esses resultados indicam que os animais sob restrição, independente da severidade, são afetados de maneira semelhante demonstrando que os animais sob restrição são capazes de manter o crescimento dos ossos, de maneira que as restrições mais severas afetam o seu desenvolvimento em caráter parcial. Isso reforça a hipótese defendida por SILANIKOVE (2000) e CHILLIARD *et al.* (1998), onde propõem que o organismo desenvolve mecanismos compensatórios resguardando-se para o crescimento de estruturas primordiais, tentando assim compensar ao máximo possíveis situações onde sejam privados nutricionalmente.

Nesse estudo, observaram-se reduções médias de 6,58% e 9,12% (Tabela 07) considerando a soma dos parâmetros ósseos externos, enquanto que os parâmetros internos observaram-se reduções de 9,80% e 15,27% (Tabela 08), para as restrições moderada e severa, respectivamente, em relação aos animais *ad libitum*. Dessa forma, observa-se que os parâmetros internos são mais afetados pelas restrições que os parâmetros externos, indicando que o organismo prioriza nutrientes para a camada externa dos ossos, o que foi atribuído às características de crescimento ósseo e de deposição dos minerais (FRANDSON *et al.*, 2005; REECE, 2006). Isso evidencia os mecanismos compensatórios relatados por SILANIKOVE (2000) e CHILLIARD *et al.* (1998).

As diferenças observadas foram atribuídas à característica de crescimento diametral, que conta tanto com a deposição de minerais quanto com a reabsorção

óssea das camadas mais internas (FRANDSON *et al.*, 2005; REECE, 2006), justificando assim maiores reduções nas estruturas internas do osso, independente da severidade de restrição.

Resultados semelhantes foram observados por BONJOUR *et al.* (2001) ao relacionar crescimento ósseo com diferentes níveis de ingestão de proteína, demonstrando que quando sob restrição, os animais priorizam o crescimento das camadas externas do osso. Observações semelhantes foram relatadas em estudos realizados com ratos (BOURRIN *et al.*, 2000; TALBOTT *et al.*, 2001; LAMOTHE *et al.*, 2003) ao avaliar o efeito de dietas deficientes em proteína e energia sobre o crescimento e desenvolvimento dos ossos. Esses resultados também foram associados ao balanço negativo mineral, reduzindo a formação e aumentando a reabsorção óssea (BOURRIN *et al.*, 2000), o que também foi verificado em estudos realizados com humanos (SCHURCH *et al.*, 1998; BONJOUR *et al.*, 2001).

A densitometria mineral óssea (DMO) vem sendo utilizada em muitos estudos objetivando padronizar esta técnica para a determinação de valores normais nas diferentes espécies (ARAÚJO *et al.*, 2011). Embora a DMO não forneça a quantidade exata de minerais específicos, tem-se uma ferramenta a mais para uma melhor compreensão e avaliação do processo de mineralização óssea (VULCANO & SANTOS, 2003; VULCANO *et al.*, 2006).

No presente estudo, as avaliações densitométricas realizadas (Tabela 09) demonstraram que o desenvolvimento das epífises foi mais afetado que o da diáfise nas restrições nutricionais, o que foi atribuído à capacidade de seqüestro de nutrientes

para o crescimento diametral ocorrido na diáfise, fazendo com que essa não apresente reduções significativas em suas densidades (FRANDSON *et al.*, 2005; REECE, 2006). Associado a isso, as diáfises, que são basicamente compostas por osso esponjoso, fornecem uma maior área superficial para perdas de nutrientes que o osso compacto (GOODMAN, 2003), justificando assim haver maiores perdas nas epífises que na diáfise.

Ao comparar as reduções densitométricas das epífises, observaram-se reduções de 31,41% e 52,98% para epífise proximal, e de 14,66% e 21,47% para a epífise distal, nas restrições moderada e severa, respectivamente, quando comparada à densitometria observada nos animais alimentados *ad libitum* (Tabela 09). Esses resultados demonstram que a epífise proximal é mais afetada pelas restrições que a distal, o que foi atribuído pelas características de deposição óssea que ocorrem por gravidade, priorizando as estruturas distais por possuírem maiores concentrações de condrócitos, que secretam matriz hialina dando origem aos centros de ossificação (REECE, 2006).

ARAÚJO *et al.* (2011), estudando o efeito de diferentes níveis de suplementação sobre a composição e morfometria do fêmur de caprinos, verificaram não haver diferenças na composição química dos ossos, entretanto observou efeito positivo tanto na morfometria quanto na DMO. Semelhantemente ao que foi observado no presente estudo, esses resultados indicam que o organismo busca homeostase quanto às concentrações de minerais, priorizando a deposição mineral e respectivos locais de acordo com a disponibilidade de substratos na dieta (ARAÚJO *et al.*, 2011).

Além da dieta outros fatores influenciam a DMO, tais como a espécie animal (VULCANO & SANTOS, 2003; VULCANO *et al.*, 2006), grau de maturidade (JUNQUEIRA & CARNEIRO *et al.*, 1990; ZANINI, 2005), tipo de osso (PRADO FILHO & STERMAN, 2004) e região óssea (ROBSON *et al.*, 2006). Entretanto, no presente estudo apenas os fatores relacionados à dieta e ao sexo foram avaliados, sendo que neste último não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ), sendo corroborado por VULCANO & SANTOS (2003) quem também não observaram diferenças inerentes ao sexo. Os resultados de DMO do presente estudo sugerem ainda uma mudança no comportamento de deposição/seqüestro de minerais em suas diferentes regiões, como adaptação do metabolismo em resposta ao longo período de restrição alimentar, conforme constatado por LAMOTHE *et al.* (2003).

Embora no presente estudo não se tenham informações sobre a composição mineral óssea, utilizou-se do perfil de minerais séricos como ferramenta para auxiliar na identificação de variações metabólicas desses elementos frente às restrições nutricionais em diferentes sexos, durante os períodos de aleitamento e pós-desaleitamento. Com exceção dos níveis séricos de fósforo inorgânico, observou-se que todos os minerais se encontram dentro dos níveis de normalidade para a espécie e nenhum efeito ( $P>0,05$ ) da dieta ou do sexo foi observado, seja no período de aleitamento (Tabela 10) ou no pós-desaleitamento (Tabela 11).

Somente observaram-se reduções ( $P<0,05$ ) para os níveis séricos de fósforo inorgânico à medida que a restrição se tornava mais severa no período pós-desaleitamento, e concentrações próximas do limite superior para a espécie (4,2 a 9,1

mg/dL) (KRAMER, 2000), tanto no período de aleitamento quanto no pós-desaleitamento. Isso foi atribuído às variações desse mineral nos ruminantes em função da grande quantidade que se recicla via saliva e sua absorção no rúmen e intestino (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003; KANEKO *et al.*, 1997).

Embora os mecanismos de manutenção do fósforo (P) e do cálcio (Ca) sejam basicamente os mesmos, o controle endócrino do P é menos rigoroso, resultando em variação três vezes maior para os níveis de P quando comparado aos níveis do Ca (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003). No presente estudo, foi possível identificar variações apenas sob os níveis de P quando submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar, corroborando com as afirmações realizadas por GONZÁLEZ & SCHEFFER (2003). Entretanto, as concentrações observadas não oferecem prejuízos ao metabolismo, uma vez que apenas baixas concentrações podem acarretar em atraso no crescimento dos animais nessa fase de vida (BHATTCHARYYA *et al.*, 1994) e no presente estudo, os níveis séricos de P estão dentro da faixa de normalidade para a espécie.

Estudos sobre a relação Ca:P durante a fase de crescimento foram realizados por QUEIROZ (2000) ao determinar as exigências nutricionais de P em animais da raça Alpina em crescimento. Igualmente ao observado no presente estudo, esse autor observou baixa relação entre esses minerais (Ca:P) atribuindo tais resultados às diferenças existentes na absorção e excreção desse mineral nos animais durante a fase de crescimento. Em suas discussões, QUEIROZ (2000) ressaltou ainda que o



avanço da idade e a modificação na dieta foram fatores influenciadores, onde a relação Ca:P manteve-se baixa pelos elevados níveis de P disponíveis.

Considerado um mineral de grande importância nos processos metabólicos, o magnésio possui importante função em processos metabólicos e na constituição óssea (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003), de maneira que sua deficiência em animais jovens pode causar atraso no desenvolvimento corporal quando seus níveis estiverem abaixo de 50% do limite inferior para a espécie (REECE, 2006).

Embora não tenham sido observadas diferenças ( $P>0,05$ ) para as concentrações séricas de Mg nos diferentes tratamentos, observou-se que seus níveis se encontraram um pouco abaixo do limite inferior de normalidade para a espécie (2,8 a 3,6 mg/dL), segundo KRAMER (2000). Embora no presente estudo não tem-se disponíveis as concentração isolada desse mineral na dieta, as baixas concentrações séricas encontradas podem ser atribuídas à baixa concentração desse mineral na dieta, uma vez que a concentração plasmática do Mg reflete diretamente o nível do mineral ingerido, pois não existe um controle homeostático rigoroso de seus níveis (GONZÁLEZ *et al.*, 2000).

No presente estudo utilizou-se da dosagem sérica da enzima fosfatase alcalina (FAL) objetivando relacioná-la com o desenvolvimento ósseo e o perfil metabólico mineral, uma vez que se encontra diretamente relacionada ao processo de crescimento e mineralização dos ossos. Embora não tenham sido identificadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para os níveis séricos de FAL em nenhum dos tratamentos, independente dos períodos (Tabelas 10 e 11) foi observada uma redução média de

aproximadamente 40% em sua concentração no período de pós-desaleitamento (168,36 U/L) em comparação com o período de aleitamento (281,62 U/L).

Atribuiu-se esse resultado à idade do animal, uma vez que a FAL comumente encontra-se aumentada em animais jovens durante a fase de crescimento por haver um maior desenvolvimento ósseo (MUNDIM *et al.*, 2007). No presente estudo, seus níveis encontraram-se maiores no período de aleitamento, período em que possivelmente ocorreu maior formação óssea que nos períodos posteriores (GONZÁLEZ & SILVA, 2006), fazendo com que os níveis séricos dessa enzima fossem mais elevados (MUNDIM *et al.*, 2007).

De uma maneira geral, observou-se pouca variação nos níveis séricos minerais avaliados nos diferentes tratamentos, o que foi atribuído à capacidade do organismo em manter a homeostase desses elementos no ambiente sanguíneo (SILANIKOVE, 2000), entretanto as dietas de restrição não foram suficientemente capazes de suprir as exigências metabólicas dos animais uma vez que animais restritos apresentaram menor crescimento corporal, ossos com desenvolvimento e densidades prejudicadas.

## 5. Conclusões

O sexo não afetou os parâmetros de biometria corporal, morfometria óssea, escore de condição corporal (ECC), densitometria mineral óssea (DMO) e perfil mineral sérico de cabritos dos 5 aos 15 kg de peso corporal.

As medidas biométricas de altura de cernelha e de garupa sofreram maior impacto que as medidas de perímetro torácico e comprimento de corpo, por esses últimos acomodarem as vísceras.

Estruturas ósseas internas e externas são negativamente afetadas pelas restrições nutricionais, sendo que o impacto negativo da restrição foi superior nas estruturas internas, independentemente do grau de severidade. Entretanto, o impacto das restrições sob a densidade mineral óssea (DMO) foi superior sob as epífises e inferior sob a diáfise, sendo a diáfise proximal a mais prejudicada.

Com exceção do fósforo, os demais parâmetros minerais séricos não foram influenciados pelas restrições nutricionais devido aos eficientes mecanismos homeostáticos do organismo, mantendo suas concentrações estáveis tanto no aleitamento quanto no pós-desaleitamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K. & AOKI, Y. Sex differences in bone resorption in the mouse femur. A light- and scanning electron-microscopic study. **Cell Tissue Research**, v.255, n.1, p.15-21, 1989.
- AFRC (AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL). **The nutrition of goats**. 1998, 116p.
- AHMED, O.M.; EL-GAREIB, A.W.; EL-BAKRY, A.M.; ABDEL-TAWAB, S.M.; AHMED, R.G. Review: Thyroid hormones states and brain development interactions. **International Journal of Developmental of Neuroscience**, v. 26, p.147-209, 2008.
- ALSHAIKH, M.A.; SALAH, M.S.; KRAIDEES, M.S.; ALSAIADY, M.Y.; ABOUHEIF, M.A.; ALDABEEB, S.N. Plasma concentration of thyroid hormones in lambs fed poultry offal meal in replacement of soybean meal at two different energy levels. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, v.104, p.213-215, 1997.
- AMARAL, C.M.C. **Extrusão e peletização de ração completa: efeitos no desempenho, na digestibilidade e no desenvolvimento das câmaras gástricas de cabritos Saanen**. 2002. 54p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- ANOUS, M.R.; MOURAD, M.M. Crossbreeding effects on reproductive traits of does and growth and carcass traits of kids. **Small Ruminant Research**, v.12. p.141-149, 1993.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). **Official methods of analysis of AOAC international**. 18 ed. Gaithersburg, MD, 2007.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). **Official Methods of Analysis of AOAC international**. 15. ed., Arlington, VA. 1990.
- ARAÚJO, M.J.; MEDEIROS, A.N.; TEIXEIRA I.A.M.A.; COSTA, R.G.; BARALDI ARTONI; S.M.; MARQUES, C.A.T.; RESENDE, K.T. Femur biometry, densitometry and chemical composition from Moxotó goats supplemented with concentrate in a semiarid region. **Small Ruminant Research**, v.97, p.70-76 2011.
- ASMARE, A.; PUCHALA, R.; TESFAI, K.; DETWEILER, G.D.; DAWSON, L.J.; ASKAR, A.R.; SAHLU, T.; WANG, Z.; GOETSCH, A.L. Effects of small ruminant type and restricted protein intake on metabolism. **Small Ruminant Research**, v.98, p.111-114 2011.
- ATTI, N.; ROUISSI, H.; MAHOUACHI, M. The effect of dietary crude protein level on growth, carcass and meat composition of male goat kids in Tunisia. **Small Ruminant Research**, v.54, p.89-97, 2004.

BANDEIRA, D.A.; SANTOS, M.H.B.; NETO, J.C. **Aspectos gerais da caprino-ovinocultura no Brasil e seus reflexos produtivos e reprodutivo**. In: SANTOS, M.H.B; OLIVEIRA, M.A.L; LIMA, P.F. Diagnóstico de gestação na cabra e na ovelha. São Paulo: Varela, 2004. p.01-08.

BAS, P. & MORAND-FEHR, P. Effect of goat milk or milk replacer intake on growth and carcass quality of kids. **Proceedings...** International Conference on Goats, vol.2, p.1470. EMBRAPA, Brasília. 1987.

BAS, P.; SCHMIDELY, P.; MORAND-FEHR, P.; ROUZEAU, A.; HERVIEU, J. Effect of level of energy intake on body composition in milk fed kids. **Proceedings...** Meeting of the FAO network of comparative research on sheep and goats, subnetwork nutrition (ed. J. E. Lindberg), p.41. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala. 1992.

BEN SALEM, H. & SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. **Small Ruminant Research**, v.77, p.174-194, 2008.

BERMINGHAM, E.N.; NOZIÈRE, P.; VERNET, J.; LAPIERRE, H.; LÉGER, S.; SAUVANT, D.; ORTIGUES-MARTY, I. The relationships between intake and net portal fluxes of energy metabolites in ruminants: A meta-analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.27-58, 2008.

BEZABIH, M. & PFEFFER, E. Body chemical composition and efficiency of energy and nutrient utilization by growing pre-ruminant Saanen goat kids. **Animal Science**, v.77, p.155-163, 2003.

BHATTACHARYYA, B.N.; TALUKDER, S.C.; BARUAH, R.N. Influence of age on macro elements status of non-descript goat. **Indian Veterinary Journal**, v.71, p.338-340, 1994.

BONJOUR, J.P.; AMMANN, P.; CHEVALLEY, T.; RIZZIOLI, R. Protein intake and bone growth. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.26, suppl. p.153-166, 2001.

BOURRIN, S.; AMMANN, P.; BONJOUR, J.P. Dietary protein restriction lowers plasma insulin-like growth factor I (IGF-I), impairs cortical bone formation, and induces osteoblastic resistance to IGF-I in adult female rats. **Endocrinology**, v.141, n.9, p.3149-3155, 2000.

BOWERS, G.N.; MCCOMB, R.B. Upreti Analisis. **Clinical Chemistry**, v.27, p.135-141, 1981.

BOYAZOGLU, J.; HATZIMINAOGLOU, I.; MORAND-FEHR, P. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. **Small Ruminant Research**, v.60, p.13-23, 2005.

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, 2007a.

CALDEIRA, R.M.; BELO, A.T.; SANTOS, C.C.; VAZQUES, M.I.; PORTUGAL, A.V. The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. **Small Ruminant Research**, v.68, p.242–255, 2007b.

CALDEIRA, R.M. Monitorização da adequação do plano alimentar e do estado nutricional em ovelhas. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.100, p.125-139, 2005.

CAMPBELL, R.G. & DUNKIN, A.C. The effect of energy intake and dietary protein on nitrogen retention, growth performance, body composition and some aspects of energy metabolism of baby pigs. **British Journal of Nutrition**, v.49, p.221-230, 1983.

CAMPOS, A.N.C.; NUNES, J.F.; SILVA FILHO, A.H.S. Parâmetros biométricos do trato genital masculino de caprinos sem raça definida (SRD) criados no semi-árido nordestino. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.185-189, 2003.

CHILLIARD, Y; BOCQUIER, F.; DOREAU, M. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. **Reproduction Nutrition Development**, v.38, p.131-152, 1998.

CHOPRA, I.J.; HO, R.S.; LAM, R. An improved radioimmunoassay of triiodotironine in human serum. **Journal of Laboratorial Clinical Medical**, v.80, p.865, 1971a.

CHOPRA, I.J.; SOLOMON, D.H.; HO, R.S. A Radioimmunoassay of thyroxine. **Journal of Clinical Endocrinology**, v.33, p.865, 1971b.

CHOWDHURY, S.A. & ØRSKOV, E.R. Protein energy relationships with particular references to energy undernutrition: A review. **Small Ruminant Research**, v.26, p.1-7, 1997.

CLARK, J.H.; OLSON, K.C.; SCHMIDT, T.B.; LINVILLE, M.L.; ALKIRE, D.O.; MEYER, D.L.; RENTFROW, G.K.; CARR, C.C.; BERG, E.P. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and ruminal fermentation by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3383-3390, 2007.

CONTRERAS, P.A.; WITWER, F.; BÖHMWALD, H. **Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos**. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O.; OSPINA, H. (Ed.). Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p.75-88.

COSTA, R.G.; BELTRÃO FILHO, E.M; MEDEIROS, G.R.; VILLARROEL, A.B.S.; SANTA CRUZ, SANDRA, E.S.B.; SANTOS, E.M. Substituição do leite de cabra por soro de queijo bovino para cabritos alpinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.824-830, 2010.

COSTA, R.G.; RAMOS, J.L.; MEDEIROS, A.N.; BRITO, L.H.R. Características morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a diferentes períodos de aleitamento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.118-125, 2003.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 579 p.

DALY, J.A. & ERTINGSHAUSEN, G. Direct Method for determining inorganic phosphate in serum with the "Centrifichem". **Clinical Chemistry**, v.18, p.263-265, 1972.

DE CAMPENEERE, S; FIEMS, L.; BOUCQUÉ, C. Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: **Livestock Feeds and Feeding**, v.70, p.495-508, 2000.

DEVENDRA, C. & BURNS, M. **Goat production in the tropics**. 2.ed, London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983, 184p.

DI MARCO, O.N. **Crecimiento y respuesta animal**. Buenos Aires: Asociacion Argentina de Produccion Animal, 1994. 129 p.

DOREAU, M.; MICHALET-DOREAU, B.; GRIMAUD, P.; ATTI, N.; NOZIÈRE, P. Review: Consequences of underfeeding on digestion and absorption in sheep. **Small Ruminant Research**, v.49, p.289-301, 2003.

DROCHNER, W.; FLACHOWSKY, G.; PALLAUF, J.; PFEFFER, E.; RODEHUTSCOND, M.; STAUDACHER, W. **Recommendation for the supply of energy and nutrients to goats**. DLG-Verlag, Frankfurt, Germany. 2003.

DUNCAN, J.R. & PRASSE K.W. **Veterinary laboratory medicine – clinical pathology**, 2.ed, 1986, Iowa State University Press.

EAAP, 1991. In: MOHAND FEHR, P. (Editor). **Goat Nutrition**. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.

ELPHICK, M.C. Modified colorimetric ultramicro method for estimating NEFA in serum. **Journal of Clinical Pathology**, v.21, p.567-570, 1968.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI, G.M.; FOSTER, E.H. Comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on sample typical of animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.21-28, 1998.

FERNANDES, M.H.M.R.; RESENDE, K.T.; TEDESCHI, L.O.; FERNANDES, Jr.; SILVA, H.M.; CARSTENS, G.E.; BERCHIELLI, T.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; AKINAGA, L. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1014-1023, 2007.

FIELD, R.A. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures. **Meat Science**, v.55, p.255-264, 2000.

FRANDSON, R.D.; WILKE, W.L.; FAILS, A.D. **Anatomia microscópica e crescimento e desenvolvimento do osso**. In: FRANDSON, R.D.; WILKE, W.L.; FAILS, A.D. Anatomia e fisiologia dos animais da fazenda. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 6.ed. 2005.

FREETLY H.C.; FERRELL C.L.; JENKINS T.G.; GOETSCH A.L. Visceral oxygen consumption during chronic feed restriction and realimentation in sheep. **Journal of Animal Science**, v.73, p.843-852, 1995.

FREETLY, H. C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T. Relationships among heat production, body weight, and age in Finnsheep and Rambouillet ewes. **Journal of Animal Science**, v.80, p.825-832, 2002.

FURUSHO-GARCIA, I.F.; PEREZ, J.R.O.; TEXEIRA, J.C. Componentes de carcaça e composição de alguns cortes de cordeiros Texel x Bergamácia, Textel x Santa Inês e Santa Inês puros, terminados em confinamento, com casca de café como parte da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1999-2006, 2003.

GENANDOY, H.; SAHLU, T.; DAVIS, J. Effects of different feeding methods on growth and harvest traits of young Alpine kids. **Small Ruminant Research**, v.44, n.1, p.81-87, 2002.

GERASEEV, L.C.; PEREZ, J.R.O.; OLIVEIRA, R.P.; QUINTÃO, F.A.; PEDREIRA, B.C. Efeito da restrição alimentar durante o final da gestação sobre o peso ao nascer de cordeiros Santa Inês. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.329-334, 2006.

GOETSCH, A.L.; SAHLU, T. Preface - Editorial. **Small Ruminant Research**, v.53, p.189-190, 2004.

GOMIDE C.A.; ZANETTI M.A.; PENTEADO M.V.C.; CARRER C.R.O.; DEL CLARO G.R.; NETTO A.S. Influência da diferença cátion-aniônica da dieta sobre o balanço de cálcio, fósforo e magnésio em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.363-369, 2004.

GONÇALVES, H.C; SILVA, M.A.; WECHSLER, F.S.; RAMOS; A.A.; PULZ, L.M.; LOS, T.C. Parâmetros e tendência genética da produção de leite de cabra no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2204-2208, 2002.



GONZÁLEZ, F.H.D. & SCHEFFER, J. **Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional.** In: GONZÁLEZ, F.H.D.; CAMPOS, R. I Simpósio de Patologia Clínica da Região Sul do Brasil. Anais... Porto Alegre, 2003, p.73-89.

GONZÁLEZ, F.H.D. & SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. v.1. 360p.

GONZÁLEZ; F.H.D.; BORGES, J.B.; CECIM, M. **Uso de provas de campo e laboratório em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos.** Porto Alegre: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p.9-12.

GOODMAN, H.M. **Regulation of Calcium Metabolism.** In: Basic Medical Endocrinology. 3.ed. Academic press, 2003. p.256-259.

HAFEZ, E.S. & HAFEZ, B. **Reprodução Animal.** Tradução: original Renato Campanarut Barnabé - Barueri, SP. 7.ed, 2004, 513p.

HOMEM JUNIOR, A.C.; SILVA SOBRINHO, A.G.; YAMAMOTO, S.M.; PINHEIRO, R.S.B.; BUZZULINI, C.; LIMA, C.S.A. Ganho compensatório em cordeiras na fase de recria: desempenho e medidas biométricas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.111-119, 2007.

HORNICK, J.L., VAN EENAEME, C., G'ERARD, O. et al. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, p.121-132, 2000.

HUIDOBRO, F.R., VILLAPADIARNA, A. **Estudios sobre crecimiento y desarrollo en corderos de raza Manchega.** Madrid, 1992. 191p. Tesis (Doctoral) – Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense, 1992.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Produção Pecuária Municipal**, v.37, 2009. Disponível em: < [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) > Acesso em: 19/10/2011.

INRA (INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQ) **Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables.** John Libbey Eurotext, Paris. 1989.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4.ed. São Paulo: 2005. 1018p.

JARRIGE, R. **Ingestion et digestion des aliments.** In: Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA (ed.), Paris, França, 1988, p. 29-56.

KAMALZADEH, A., KOOPS, W.J., VAN BRUCHEM, J., TAMMINGA, S., ZWART, D. Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: development of body organs. **Small Ruminant Research**, v.29, p.71-82, 1998.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. San Diego: Academic.1997. p.932.

KINCAID, R.L. Assessment of trace mineral status of ruminants: A review. **Proceedings...** American Society of Animal Science, 1999.

KOYUNCU, M.; DURU, S.; KARA UZUN, S. Effect of castration on growth and carcass traits in hair goat kids under a semi-intensive system in the south-Marmara region of Turkey. **Small Ruminant Research**, v.72, p.38-44, 2007.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2.ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 216p.

KRAMER, J.W. **Normal hematology of cattle, sheep, and goats**. In: Schalm's Veterinary Haematology, 5.ed. Editores: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G. JAIN, N.C. Lippincott Williams & Wilkins, Filadélfia, p.1075-1084, 2000.

LAMOTHE, J.M.; HEPPLER, R.T.; ZERNICKE, R.F. Selected contribution: bone adaptation with aging and long-term caloric restriction in Fischer 344 Brown-Norway F1-hybrid rats. **Journal of Applied Physiology**, v.95, p.1739-1745, 2003.

LARSON, C.K. **Role of trace minerals in animal production**. Annals of the Nutrition. Conference of Animal Science. University of Tennessee, 2005.

LAWRENCE, T.L.J. & FOWLER, V.R. **Compensatory Growth**. In: Growth of farm animals. CAB International, 1997. p. 219-246.

LAWRENCE, T.L.J. & FOWLER, V.R. **Growth of Farm Animals**. 2.ed. Cabi international. Wallingford, Oxon. UK. 2002. 347p.

LIESEGANG, A.; RISTELI, J.; WANNER, M. The effects of first gestation and lactation on bone metabolism in dairy goats and milk sheep. **Bone**, v.38, p.794-802, 2006.

LUO, J.; GOETSCH, A.L.; NSAHLAI, I.V.; JOHNSON, Z.B.; SAHLU, T.; MOORE, J.E.; FERRELL, C.L.; GALYEAN, M.L.; OWENS, F.N. Maintenance energy requirements of goats: predictions based on observations of heat and recovered energy. **Small Ruminant Research**, v.53, p.221-230, 2004a.

LUO, J.; GOETSCH, A.L.; SAHLU, T.; NSAHLAI, I.V.; JOHNSON, Z.B.; T.; MOORE, J.E.; GALYEAN, M.L.; OWENS, F.N.; FERRELL, C.L. Prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and gain of preweaning, growing and mature goats. **Small Ruminant Research**, v.53, p.231-252, 2004b.

MADRUGA, M.S.; ARRUDA, S.G.B.; NASCIMENTO, J.A. Castration and slaughter age effects on nutritive value of the “mestiço” goat meat. **Meat Science**, v.52, p.119-125, 1999.

MANDAL, A.B.; PAUL, S.S.; MANDAL, G.P.; KANNAN, A.; PATHAK, N.N. Deriving nutrient requirements of growing Indian goats under tropical condition. **Small Ruminant Research**, v.58, p.201-217, 2005.

MANSO, T.; MANTECON, A.R.; IASON, G.R. Animal performance and chemical body composition of lambs fed diets with different protein supplements. **Animal Science**, v.67, p.513-521, 1998.

MARINOVA, P.; BANSKALIEVA, V.; ALEXANDROV, S.; TZVETKOVA, V.; STANCHEV, H. Carcass composition and meat quality of kids fed sunflower oil supplemented diet. **Small Ruminant Research**, v.42, p.217-225, 2001.

MATTOS, C.W.; CARVALHO F.F.R.; DUTRA JÚNIOR, W.M.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA A.M.V.; ALVES, K.S.; RIBEIRO Valéria Louro, SILVA, M.J.M.S.; MEDEIROS, G.R.; VASCONCELOS, R.M.J.; ARAÚJO, A.O.; MIRANDA, S.B. Características de carcaça e dos componentes não-carcaça de cabritos Moxotó e Canindé submetidos a dois níveis de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2125-2134, 2006.

MCCRACKEN, K.J. Nutritional obesity and body composition. **Procedure Nutritional Society**, v.45, p.91-100, 1986.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A. **Animal Nutrition**. 6 ed. Harlow: Prentice Hall. 2002. 693p.

MCDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais enfatizando o Brasil**. Gainesville: University of Florida. 1999.

MCDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Academic Press, London, 1992, 524p.

MELLADO, M.; CANTÚ, L.; SUÁREZ, J. E. Effects of body condition, length of breeding period, buck: doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of Mexico. **Small Ruminant Research**, 23, 29-35. 1996.

MORAES, S.S.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Deficiências de microelementos em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.19, p.19-33, 1999.

MORAND-FEHR, P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. **Small Ruminant Research**, v.60, p.25-43, 2005.

MORON-FUENMAYOR, O.E.; CLAVERO, T. The effect of feeding system on carcass characteristics, non-carcass components and retail cut percentages of lambs. **Small Ruminant Research**, v.34, p.57-64, 1999.

MTENGA, L.A. & KITALLY, A.J. Growth performance and carcass characteristics of Tanzania goats fed *Chloris gayana* hay with different levels of protein supplement. **Small Ruminant Research**, v.3, p.1-8, 1990.

MUNDIM, A.V.; COSTA, A.S.; MUNDIM, S.A.P.; GUIMARÃES, E.C.; ESPINDOLA, F.S. Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2, p.306-312, 2007.

NORTON, B.W. & BANDA, T.T. The growth potential of Australian cashmere goats from birth to weaning. **Proceedings...** International Conference on Goats, New Delhi, India, pp. 885-891. 1992.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). **Nutrient requirements of goats**. Washington, D.C. National Academy of Science, 1981.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). **Nutrient requirements of small ruminant: sheep, goats, cervids and New World camelids**. Washington, D.C. 2006. 262p.

PAYNE, J.M. & PAYNE, S. **The Metabolic Profile Test**. Oxford: Oxford University Press, 1987, 179p.

PEREIRA FILHO, J.M. **Estudo do crescimento alométrico e das características de carcaça e impacto econômico da restrição alimentar de cabritos F1 Boer x Saanen**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2003. 85f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista, 2003.

PEREIRA FILHO, J.M.; RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; YÁÑEZ, E.A.; FERREIRA, A.C.D. Efeito da restrição alimentar no desempenho produtivo e econômico de cabritos F1 Boer x Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.188-196, 2005.

PEREIRA FILHO, J.M.; RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; YÁÑEZ, E.A.; FERREIRA, A.C.D. Efeito da restrição alimentar sobre algumas características de carcaça de cabritos F1 Boer x Saanen. **Ciência Agrotécnica**, v.31, p.499-505, 2007.

PFEFFER, E. & RODEHUTSCORD, M. Body chemical composition and utilization of dietary energy by male Saanen kids fed either milk to satiation or solid complete feeds with two proportions of straw. **Journal of Agricultural Science**, v.131, p.487-495, 1998.

PRADO FILHO, J.R.C. & STERMAN, F.A. Avaliação da densidade mineral óssea em potros da raça Puro Sangue Inglês em início de treinamento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, p.384-388, 2004.

QUEIROZ, A.C.; GOUVEIA, L.J.; PEREIRA, J.C.; RODRIGUES, M.T.; RESENDE, K.T.; SOUSA, H.M.H. Exigências Nutricionais de Caprinos da Raça Alpina em Crescimento: Exigência Nutricional de Fósforo para Manutenção: Perdas Endógenas e Abate Comparativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1205-1215, 2000.

RAMOS, J.L.F.; COSTA, R.G.; MEDEIROS, A.N. Desempenho Produtivo de Cabritos Submetidos a Diferentes Períodos de Aleitamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.684-690, 2004.

REECE, W.O. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**, 12ed. 2006. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil.

RESENDE, K.T.; MEDEIROS, A.N.; CALEGARI, A.; YÁÑEZ, E.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; PEREIRA FILHO, J.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Utilización de medidas corporales para estimar el peso vivo de caprinos Saanen. **Memórias...** Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia 5: 340 (Resumo). 2001.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; BIAGIOLI, B.; LIMA, L.D.; BOAVENTURA NETO, O.; PEREIRA JUNIOR, J.D. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.369-375, (supl. especial), 2010.

RHIND, S.M.; ELSTON, D.A.; JONES, J.R.; REES, M.E.; MCMILLEN, S.R.; GUNN, R.G. Effects of restriction of growth and development of Brecon Cheviot ewe lambs on subsequent lifetime reproductive performance. **Small Ruminant Research**, v.30, p.121-126, 1998.

RHIND, S.M.; MCMILLEN, S.R.; DUFF, E.; KYLE, C.E.; WRIGHT, S. Effect of long-term feed restriction on seasonal endocrine changes in Soay sheep. **Physiology & Behavior**, v.71, p.343-351, 2000.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; ALMEIDA, C.C. Características físico-químicas da carne de caprinos submetidos a diferentes níveis de substituição do leite por soro de queijo durante o aleitamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.595-598, 1997.

RIBEIRO, S.D.A. **Caprinocultura: criação racional de caprinos**. São Paulo: Ed. Nobel, 1997. 311p.

RIIS, P.M. & MADSEN, A. Thyroxine concentration and secretion rates in relation to pregnancy, lactation and energy balance in goats. **Journal of Endocrinology**, v.107, n.3, p.421-427, 1985.

ROBERTSON, J.B. & VAN SOEST, P.J. **The detergent system of analysis and its application to human foods**. In: James, W.P.T., Theander, O. (Eds.). *The Analysis of Dietary Fiber in Food*. Marcel Dekker, New York, p. 123-158, 1981.

ROBSON, G.F.; BALIEIRO, J.C.C.; STERMAN, F.A.; PINTO, A.C.; MIGLINO, M.A.; ZATZ, M.; AUADA, C.R.F. Estudo longitudinal da densidade mineral óssea em cães jovens da raça Golden Retriever: correlações com idade e peso corpóreo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.5, p.681-687, 2006.

ROSA, G.T.; PIRES, C.C.; SILVA, J.H.S.; MOTTA, O.S. Proporções e coeficientes de crescimento dos não-componentes da carcaça de cordeiros e cordeiras em diferentes métodos de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2290-2298, 2002.

RUSSEL, A.J.F. The use of blood metabolites in the determination of energy status in beef cows. **Animal Production**, v.37, p.335-343, 1983.

SAHLU, T. & GOETSCH, A.L. A foresight on goat research. **Small Ruminant Research**, v.60, p.7-12, 2005.

SAHLU, T.; GOETSCH, A.L.; LUO, J. Nutrient requirement of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. **Small Ruminant Research**, v.53, p.191-219, 2004.

SAHLU, T.; HART, S.P.; GOETSCH, A.L. Effects of level of feed intake on body weight, body components, and mohair growth in Angora goats during realimentation. **Small Ruminant Research**, v.32, p.251-259, 1999.

SAINZ, R. D. & BENTLEY, B. E. 1997. Visceral organ mass and cellularity in growth restricted and refeed beef steers. **Journal of Animal Science**, 75:1229–1236.

SANZ SAMPELAYO, M.R.; ALEGRETTI, L.; GILL EXTREMERA, F. Growth, body composition and energy utilization in pre ruminant goat kids. Effect of dry matter concentration in the milk replacer and animal age. **Small Ruminant Research**, v.49, n.1, p.61-67, 2003.

SANZ SAMPELAYO, M.R.; ALLEGRETTI, L.; RUIZ MARISCAL, I.; GIL EXTREMERA, F.; BOZA, J. Dietary factors affecting the maximum feed intake and the body composition of pre-ruminant kid goats of the Granadina breed. **British Journal of Nutrition**, v.74, p.335-345, 1995.

SANZ SAMPELAYO, M.R.; HERNANDEZ-CLUA, O.D.; NARADJO, J.A.; GIL, F.; BOZA, J. Body composition of goat kids during sucking. Voluntary feed intake. **British Journal of Nutrition**, v.64, p.611-617, 1990.

SAS (Statistical Analysis Systems Institute). **SAS user's guide: Version 2002**. SAS, Cary, N.C. 2002.

SCHURCH, M.A.; RIZZOLI, R.; SLOSMAN, D.; VADAS, L.; VERGNAUD, P.; BONJOUR, J.P. Protein supplements increase serum insulin-like growth factor-I levels and attenuate proximal femur bone loss in patients with recent hip fracture. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Annals of Internal Medicine**, v.128, n.10, p.801-809, 1998.

SHETAEWI, M.M. & ROSS, T.T. Effects of concentrate supplementation and lasalocid on serum chemistry and hormone profiles in Rambouillet ewes. **Small Ruminant Research**, v.4, p. 365-377, 1991.

SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**, v.35, p.181-193, 2000.

SILVA SOBRINHO, A.G.; GAST ALDI, K.A.; GARCIA, C.A; MACHADO, M.R.F. Diferentes dietas e pesos ao abate na produção de órgãos de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1792-1799, 2003.

SINGH, P.; VERMA, A.K.; SAHU, D.S.; MEHRA, U.R. Utilization of nutrients as influenced by different restriction levels of feed intake under sub-tropical conditions in crossbred calves. **Livestock Science**, v.117, p.308-314, 2008.

SIQUEIRA E.R.; SIMÕES, C.D.; FERNANDES, S. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro. Morfometria da carcaça, pesos dos cortes, composição tecidual e componentes não constituintes da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1299-1307, 2001.

SOUZA, S.F. **Avaliação da precocidade reprodutiva em caprinos Saanen e 7/8 Boer + 1/8 Saanen**. 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008. Disponível em: < <http://www.cca.ufpb.br/ppgz/www> > Acesso em: 20/10/2011.

SOUZA, S.F.; LEAL, A.S.; BARIONI, C.S.; MATOS, A.D.; MORAIS, J.A.S.; ARAUJO, M.J.; NETO, O.B.; SANTOS, A.D.F.; COSTA, R.G. Utilização de medidas biométricas para estimar peso vivo em ovinos. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.17, p. 61-65, 2009.

SOUZA, S.F.; MORAIS, J.A.S.; ARAUJO, M.J.; NETO, O.B.; COSTA, R.G.; OLIVEIRA, M.E.F.; FERREIRA, R.M.; RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Comparação das curvas de crescimento em caprinos jovens, machos e fêmeas, das raças Saanen e 7/8 Boer durante a fase de aleitamento. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.18, p. 27-32, 2010.

SOUZA, S.F.; COSTA, R.G.; OLIVEIRA, M.E.F.; FERREIRA, R.M.; RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; CAVALCANTI FILHO, E.P.; PINTO, M.P.; NEGRAO, J.A.; OLIVEIRA, S.A. Relação entre os níveis de testosterona e a precocidade reprodutiva em cabritos Saanen e 7/8 Boer. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.35, n.3, 2007.

SOUZA, M.I.L., BICUDO, S.D., URIBE-VELASQUEZ, L.F., RAMOS, A.A. Circadian and circannual rhythms of T3 and T4 secretions in Polwarth-Ideal rams. **Small Ruminant Research**, v.46, p.1-5, 2002.

SPENCER, S. A. AND HULL, D. The effect of over-feeding newborn rabbits on somatic and visceral growth, body composition and long-term growth potential. **British Journal of Nutrition**, v.51, p.389-402, 1984.

SUSIN, I. **Manejo de caprinos jovens de raças leiteiras**. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. 1990, Campinas. Anais... Piracicaba: FEALQ 2, 1990. p.157-170.

TALBOTT, S.M.; CIFUENTES, M.; DUNN, M.G.; SHAPSES, S.A. Energy restriction reduces bone density and biomechanical properties in aged female rats. **Journal of Nutritional**, 2382-2387, 2001.

TEGENE NEGESSE, RODEHUTSCORD, M., PFEFFER, E., The effect of dietary crude protein level on intake, growth, protein retention and utilization of growing male Saanen kids. **Small Ruminant Research**, v.39, p.243-251, 2001.

TEIXEIRA, A.; JOY M.; DELFA, R. In vivo estimation of goat carcass composition and body fat partition by real-time ultrasonography. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2369-2376, 2008.

TEIXEIRA, I.A.M.A.; PEREIRA FILHO, J.M.; MURRAY, P.J.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D.; FREGADOLLI, F.L. Water balance in goats subjected to feed restriction. **Small Ruminant Research**, v.63, p.20-27, 2006.

THOMPSON, J. & MEYER, H. Body condition scoring of sheep. **Proceedings...** Australian Society of Animal Production, v.22, p.132-145, 1994.

TODINI, L.; LUCARONI, A.; MALFATTI, A.; DEBENEDETTI, A.; COSTARELLI, S. Andamento ormonale della concentrazione ematica degli ormoni tiroidei nella capra. Differenze fra maschi e femmine (male-female differences in the annual profiles of the thyroid hormones blood level by the goat). **Atti della Societa Italiana di Scienze Veterinari**, v.46, 169-173, 1992.

TODINI, L.; MALFATTI, A.; VALBONESI, A.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; DEBENEDETTI, A. Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. **Small Ruminant Research**, v.68, p.285-290, 2007.

TOVAR-LUNA, I.; GOETSCH, A.L.; PUCHALA, R.; SAHLU, T.; CARSTENS, G.E.; FREETLY, H.C.; JOHNSON, Z.B. Efficiency of energy use for maintenance and gain by growing crossbred Boer and Spanish Goats consuming diets differing in forage level. **Small Ruminant Research**, v.67, p.20-27, 2007a.



TOVAR-LUNA, I.; GOETSCH, A.L.; PUCHALA, R.; SAHLU, T.; CARSTENS, G.E.; FREETLY, H.C.; JOHNSON, Z.B. Effects of moderate feed restriction on energy expenditure by 2-year-old crossbred Boer goats. **Small Ruminant Research**, v.72, p.25-32, 2007b.

TURNER, A.S. & McILWRAITH. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. 2.ed. São Paulo: Editora ROCA LTDA, 2007.

TURNER, K.E.; WILDEUSB, S.; COLLINS J.R. Intake, performance, and blood parameters in young goats offered high forage diets of lespedeza or alfalfa hay. **Small Ruminant Research**, v.59, p.15–23, 2005.

UNDERWOOD, E.J. & SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3.ed. Midlothian, 1999. 614p.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa:UFV /DZO/DPI, 2001.

VARADE, P.K.; ALI, S.Z.; MALKHEDE, P.S. Body measurements of local goats under field conditions. **Indian Veterinary Journal**, v.74, p.448-449, 1997.

VAUGHAN, J. **Bone growth and modelling**. In: Lawrence, T.L.J. (ed.) Growth in Animals. Butterworths, London,1980, p.83–100.

VERDE, L. S. **Crescimento e crescimento compensatório na produção animal**. Santa Maria, 1996. 23 p. (Curso de Pós-Graduação em Zootecnia e Departamento).

VULCANO, L.C. & SANTOS, F.A.M. Determination and padronization of the normal values of bone density (BMD) of the accessory carpus bone in young Thoroughbred using optical densitometry in radiographic image. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.54-61, 2003.

VULCANO, L.C.; MENDES, R.G.; GODOY, C.L.B.; MACHADO, V.M.V.; BICUDO, A.L.C. Padronização da densidade mineral óssea (DMO) do acessório do carpo em eqüinos atletas da raça Quarto de Milha. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.520-524, 2006.

WAN ZAHARI, M.; THOMPSON, J.K.; SCOTT, D.; TOPPS, J.H.; BUCHAN, W.; PENNIE, K. Effect of growth rate on mineral retention and body composition of growing lambs. **Animal Production**, v.49, p.443-450, 1989.

WATTIAUX, M. A. The Babcock Institute 3rd Technical Workshop, Nutrient Management Challenge in Livestock and Poultry Operations: International and National Perspectives. **Proceedings...** 2001, Ed. The Babcock Institute for International Dairy Research and Development, UW-Madison, 148p.

WILLIAMSON, D.H.; MELLANBY, J.; KREBS, H.A. Enzymatic determination of D(-)  $\beta$ -hydroxybutyric acid and acetoacetic acid in blood. **Biochemical Journal**, v.82, p.90, 1962.

WITTEWER, F. **Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos**. In: GONZÁLEZ, F.H.D., BARCELLOS, J.O.J., OSPINA, H. (eds.) Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000. p.9-22.

YÁÑEZ, E.A. **Desenvolvimento tecidual e características da carcaça de cabritos Saanen, com diferentes pesos e níveis nutricionais**. 2002. 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D.; MEDEIROS, A.N.; SILVA SOBRINHO, A.G.; ARTONI, S.M.B. Effects of feed restriction on yield, retail cuts and tissue composition of carcass of Saanen kids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.666-673, 2007.

YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D.; PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA SOBRINHO, A.G.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; MEDEIROS, A.N. Utilização de medidas biométricas para predizer características da carcaça de cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1564-157, 2004.

YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D.; PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA SOBRINHO, A.G.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; MEDEIROS, A.N. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2093-2100, 2006.

ZHANG, Z.U.; HU, Z.Y.; SONG, X.X. Disrupted expression of intermediate filaments in the testis of the rhesus monkey after experimental cryptorchidism. **International Journal of Andrology**, v.27, p.234-239, 2004.