

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

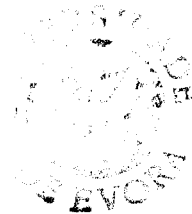
*ESTUDO COMPARATIVO DAS ESTRATÉGIAS TRÓFICAS
DE CAPRINOS E DE OVINOS EM SITUAÇÕES
ALIMENTARES RESTRITIVAS PARA A INGESTÃO*

Maria Elvira Lourido de Sales Baptista

ÉVORA, 1995

MARIA ELVIRA LOURIDO DE SALES BAPTISTA

***ESTUDO COMPARATIVO DAS ESTRATÉGIAS TRÓFICAS
DE CAPRINOS E DE OVINOS EM SITUAÇÕES
ALIMENTARES RESTRITIVAS PARA A INGESTÃO***



80 067

Dissertação apresentada à Universidade de Évora
para obtenção do grau de Doutor em Ciências
Agrárias, especialidade de Nutrição e Alimentação

ÉVORA
1995

ÍNDICE

Índice	iii
Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de figuras	xi
Lista de quadros	xiii
Lista de abreviaturas	xv
Agradecimentos	xvii
SECÇÃO 1 : SITUAÇÃO DOS CONHECIMENTOS	1
Capítulo 1 : INTRODUÇÃO GERAL : Enquadramento científico e organização da tese	3
Capítulo 2 : REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: Aspectos comparativos morfo-funcionais de <i>Capra hircus</i> e <i>Ovis aries</i>	7
2.1. Padrões morfológicos	9
2.1.1. Padrões taxonómicos	9
2.1.2. Padrões filogénicos	11
2.1.3. Padrões ontogénicos	13
Tamanho e massa corporais	14
Necessidades energéticas	16
Capacidade gastrointestinal e ruminal	17
Morfologia gástrica	19
2.2. Padrões funcionais	20
2.2.1. Padrões morfo-funcionais	20
Padrões de comportamento de ingestão	21
Padrões de fermentação microbiana	22
Padrões de organização do sistema digestivo	24
2.2.2. Comportamento de ingestão	26
Mecânica do processo de ingestão	28
Quantidade consumida	30
Escolha da dieta	33
Padrão sazonal	36
Padrão circadiano	38
Ciclos de hidratação-rehidratação	40
2.2.3. Retenção e alteração física das partículas	42
2.2.4. Microambiente ruminal	46
2.2.5. Eficiência digestiva	49
Digestão ruminal	49
Digestibilidade	50
Capítulo 3 : CONCLUSÕES PRELIMINARES: Principais conclusões sugeridas pela revisão bibliográfica	53

SECÇÃO 2 : TRABALHO EXPERIMENTAL	57
Capítulo 4 : INTRODUÇÃO AO TRABALHO EXPERIMENTAL:	
<i>Hipóteses e objectivos</i>	59
Capítulo 5 : COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DIGESTIVA E DO METABOLISMO AZOTADO DE CAPRINOS E DE OVINOS, QUANDO O COMPORTAMENTO DE INGESTÃO É FORÇADAMENTE IGUAL	61
5.1. Introdução	63
5.2. Materiais e métodos	63
5.2.1. <i>Animais</i>	63
5.2.2. <i>Alimento e suplemento azotado</i>	64
5.2.3. <i>Calendário experimental e de recolha de amostras</i>	66
5.2.4. <i>Processamento das amostras</i>	69
5.2.5. <i>Análises laboratoriais</i>	70
5.2.6 <i>Cálculo dos parâmetros de cinética digestiva</i>	73
<i>Taxas de digestão da MS e da NDF potencialmente digestível</i>	73
<i>Volume ruminal e taxa de passagem da fase líquida</i>	74
5.2.7. <i>Análises estatísticas</i>	75
5.3. Resultados	76
5.3.1. <i>Condições experimentais</i>	76
<i>Animais</i>	76
<i>Composição das dietas</i>	77
<i>Entradas e saídas de nutrientes e água do sistema animal</i> ... 78	78
5.3.2. <i>Eficiência de digestão da matéria seca e da fibra</i> ... 82	82
<i>Digestibilidade in vivo</i>	82
<i>Digestibilidade in situ e taxas de digestão</i>	84
<i>Volume ruminal e taxas de passagem da fase líquida</i>	86
<i>Parâmetros do microambiente ruminal</i>	87
5.3.3. <i>Metabolismo azotado</i>	90
<i>Retenção e digestibilidade do azoto</i>	90
<i>Azotos ruminal, urinário e plasmático</i>	92
5.4. Discussão	94
<i>Condições experimentais</i>	94
<i>Eficiência digestiva</i>	98
<i>Metabolismo azotado</i>	101
5.5. Conclusões	103

Capítulo 6 : COMPARAÇÃO DA INGESTÃO VOLUNTÁRIA E DA EFICIÊNCIA DIGESTIVA DE CAPRINOS E DE OVINOS, QUANDO PODEM MANIFESTAR DIFERENTES COMPORTAMENTOS DE INGESTÃO.....	105
6.1. Introdução.....	107
6.2. Materiais e métodos.....	108
6.2.1. Animais	108
6.2.2. Área e condições de pastoreio.....	109
6.2.3. Calendário experimental e de recolha de amostras	110
6.2.4. Processamento das amostras	112
6.2.5. Análises laboratoriais.....	112
6.2.6. Cálculo da digestibilidade e da ingestão voluntária	114
6.2.7. Análises estatísticas.....	115
6.3. Resultados.....	116
6.3.1. Condições experimentais.....	116
6.3.2. Comportamento de ingestão.....	116
Quantidade voluntariamente ingerida	116
Valor nutritivo da dieta ingerida	117
6.3.3. Eficiência digestiva.....	120
Ingestão e excreção de matéria orgânica e de fibra	120
Digestibilidade da matéria orgânica <i>in vivo, in vitro e in situ</i>	120
Digestibilidade da fibra	121
Parâmetros do microambiente ruminal	122
Variação entre dias	123
6.4. Discussão	124
Condições experimentais	124
Dieta seleccionada.....	126
Ingestão e digestibilidade do alimento.....	128
Comportamento alimentar.....	130
Fermentação ruminal	132
6.5. Conclusões.....	133
 Capítulo 7 : DISCUSSÃO E CONCLUSÕES GERAIS.....	 135

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	169
Anexo 1	171
Anexo 2	183
Anexo 3	195

RESUMO

ESTUDO COMPARATIVO DAS ESTRATÉGIAS TRÓFICAS DE CAPRINOS E DE OVINOS EM SITUAÇÕES ALIMENTARES RESTRITIVAS PARA A INGESTÃO

Elvira Sales Baptista

Tese de doutoramento, Universidade de Évora, 1995
Departamento de Zootecnia - Universidade de Évora
Apartado 94- 7001 ÉVORA Codex

O objectivo deste trabalho foi o de estudar as estratégias tróficas dos caprinos e dos ovinos em situações alimentares restritivas para a ingestão, quer em termos qualitativos (mau valor nutritivo) como quantitativos (fraca disponibilidade). Efectuaram-se dois ensaios comparativos: um em estabulação, com condições alimentares controladas, e o outro em pastoreio. A situação alimentar, que se utilizou no primeiro ensaio, caracterizou-se pela ingestão de palha de trigo (84,4% de NDF e 2,4% de PB na MS) em quantidades restringidas (35 g MS/kg^{0,75}). A distribuição do alimento foi realizada de molde a que as espécies fossem sujeitas ao mesmo padrão de ingestão (seis refeições diárias, de três em três horas, alimento traçado e refugos introduzidos no rumen). No segundo ensaio, a situação alimentar baseou-se no pastoreio de restolho de trigo (82,8% de NDF e 2,6% de PB na MS). Os animais tiveram possibilidade de expressar os comportamentos de ingestão e puderam seleccionar a dieta. Pretendeu-se que a disponibilidade de alimento decrescesse, para o que se manteve um encabeçamento elevado durante 30 dias (30 animais/ha).

No primeiro ensaio, compararam-se a eficiência digestiva e o metabolismo azotado dos caprinos e dos ovinos, alimentados com palha de trigo suplementada através da infusão contínua no rumen de soluções de caseína e ureia (70:30) de forma a equivalerem à ingestão de dietas com 6,7, 9,1 e 11,5 % de PB na MS. Utilizou-se um arranjo de tratamentos em quadrado latino duplo de 3 x 3, com 3 bodes (Serrana, 42,4 kg PV) e 3 carneiros (Merino Branco, 52,0 kg PV), canulados no rumen. Os ovinos apresentaram maiores ($P < 0,001$) coeficientes de digestibilidade aparente da MO (49,5 vs. 46,3%) e maiores coeficientes de digestibilidade das paredes celulares (52,7 vs. 48,9%) do que os apresentados pelos caprinos. Tiveram ainda maiores ($P < 0,001$) concentrações ruminais de ácidos gordos voláteis totais (92,2 mmol/litro vs. 78,6 mmol/litro), volumes ruminais maiores (5,9 vs. 4,3 litros) e *pools* de MS superiores (6,6 vs. 4,8 litros; $P < 0,05$) comparativamente aos caprinos. A cinética de digestão da fibra não foi diferente ($P > 0,05$) entre as espécies, apesar dos caprinos terem demonstrado tendência para maiores taxas de digestão (sacos de nylon incubados *in situ*) com forragens de pior valor nutritivo (5,3 vs. 4,4%/h) do que os ovinos. As taxas de passagem da fase líquida foram idênticas em ambas as espécies (caprinos= 6,6 %/h e ovinos=6,1%/h). Também os padrões de fermentação ruminal, designadamente o pH e a percentagem molar dos ácidos gordos voláteis individuais, não foram significativamente diferentes entre as espécies ($P > 0,05$), exceptuando-se o ácido butírico que foi superior ($P < 0,05$) nos caprinos (6,0%), relativamente ao observado nos ovinos (5,5%). Os caprinos mostraram tendência para maior retenção do azoto, apesar de o seu balanço ter sido negativo e idêntico ($P > 0,05$) nas duas espécies (caprinos= - 0,04 g N/kg^{0,75}, ovinos= - 0,09 g N/kg^{0,75}). Os caprinos tiveram menores perdas de azoto através da urina (1,1 vs. 1,5 g/100 ml; $P < 0,05$) e maiores concentrações ruminais tanto de azoto total (123,0 vs. 107,4 mg/100 ml; $P < 0,05$) como de azoto microbiano (47,9 vs. 40,9 mg/100 ml; $P < 0,01$) do que as verificadas nos ovinos. Não houve diferenças entre as espécies no que respeita às concentrações ruminais de azoto amoniacal e às concentrações plasmáticas de azoto ureico.

No segundo ensaio, compararam-se a quantidade e valor nutritivo das dietas ingeridas em pastoreio, a eficiência digestiva e os padrões de fermentação ruminal nas duas espécies. Em dois períodos de seis dias cada (1º período em Agosto e 2º período em Setembro), utilizando-se um arranjo factorial dos tratamentos (2 x 2), recolheram-se amostras esofágicas em 3 fêmeas de cada espécie, a totalidade das fezes excretadas diariamente por 9 fêmeas de cada espécie e amostras de conteúdo ruminal de 3 bodes e de 3 carneiros. Os resultados sugerem que as espécies utilizaram diferentes estratégias tróficas. No início do ensaio, quando os animais tinham, presumivelmente, maior possibilidade de discriminar o alimento, e a sua disponibilidade era maior, as quantidades ingeridas pelas espécies foram baixas (caprinos= 35,9 g MO/kg^{0,75}; ovinos= 34,4 g MO/kg^{0,75}) e idênticas ($P>0,05$). Contudo, as dietas ingeridas diferenciaram-se significativamente na composição química, sobretudo nas fracções da fibra, parecendo indicativo de diferentes preferências alimentares, nestas condições. Os caprinos ingeriram dietas mais concentradas em MO (91,7 vs. 90,0% na MS) e em ADL (10,8 vs. 7,8% na MS), e com menores concentrações de celulose (29,9 vs. 32,7% na MS) e de hemicelulose (25,8 vs. 27,7% na MS), comparativamente aos ovinos. A digestibilidade da MO da dieta ingerida por caprinos (33,15%) foi, no entanto, significativamente mais baixa ($P<0,001$) do que a dos ovinos (55,12%), no mesmo período. No período final do ensaio, os caprinos aumentaram significativamente ($P<0,001$) a ingestão de alimento (56,8 g MO/kg^{0,75}), tendo a mesma decrescido nos ovinos (31,8 g MO/kg^{0,75}; $P>0,05$) e não se verificando diferenças na composição química da dieta de cada espécie. Neste período a digestibilidade da MO foi mais elevada nos caprinos (60,11 vs. 53,64%) comparativamente aos ovinos. Relativamente a Agosto, as dietas seleccionadas pelos animais em Setembro tiveram menor concentração proteica (9,5 vs. 11,2%) e maior concentração em celulose (34,8 vs. 27,6%) ($P<0,001$). Apesar das diferenças observadas dentro de cada período e entre períodos, no que respeita aos aspectos quantitativos e qualitativos da ingestão e à digestibilidade, os padrões de fermentação ruminal não sofreram alteração ($P>0,05$).

Concluiu-se que, quando os animais são forçados a exibirem o mesmo comportamento de ingestão com alimento de baixo valor nutritivo, os ovinos manifestam maior eficiência digestiva. Esta só é superior nos caprinos quando estes ingerem mais alimento do que os ovinos. As estratégias tróficas adoptadas pelas espécies resultam, essencialmente, de modificações do comportamento de ingestão, apresentando os caprinos maior capacidade para ajustar este comportamento, o que aparentemente lhes confere uma vantagem adaptativa a situações alimentares desfavoráveis.

ABSTRACT

A COMPARATIVE STUDY OF TROPHIC STRATEGIES IN GOATS AND SHEEP UNDER RESTRICTED FOOD INTAKE

Elvira Sales Baptista

Ph.D. Thesis, Universidade de Évora, 1995
Departamento de Zootecnia - Universidade de Évora
Apartado 94- 7001 ÉVORA Codex

Trophic strategies were compared in goats and sheep under restricted nutritional conditions. Two comparative experiments were conducted. Experiment 1 under stall-feeding with equal feeding pattern: animals were offered 35 g DM/kg^{0.75} of wheat straw (84.4% NDF and 2.4%CP in DM) in equal portions 6 times daily and were not allowed to have refusals. In experiment 2 animals were allowed to select the diet and to express their feeding behaviour when grazing wheat stubble (82.8% NDF and 2.6%CP in DM). To establish a decrease in forage availability the experimental animals were maintained in the same area (1 ha) for 30 days with a stocking rate of 30 animals/ha.

Experiment 1 investigated the digestive efficiency and N utilization by sheep and goats eating restricted quantities of wheat straw supplemented with a continuous rumen infusion of casein and urea (70:30), so that diets had 6.1, 9.1 and 11.5 % CP in DM. Three bucks (42.4 kg) and three wethers (52.0 kg) with permanent ruminal cannulae were used in a double 3 x 3 Latin square arrangement of treatments. Sheep had greater ($P < 0.001$) apparent total tract digestibility of organic matter (49.5% vs. 46.3%), greater digestibility of cell wall constituents (52.7% vs. 48.9%), and larger volume (5.9 vs. 4.3 l) and rumen pool of DM (6.6 vs. 4.8 l; $P < 0.05$) than goats. Sheep also had higher ($P < 0.001$) total volatile fatty acid concentrations (92.2 vs. 78.6 mmol/l) than goats. Ruminal digestion rates (nylon bag technique), liquid passage rate, pH and molar proportions of individual volatile fatty acids were similar for both species ($P > 0.05$). However, goats show a tendency to digest more rapidly low-quality forages (5.3 vs. 4.4 % per hr with wheat straw), and had a higher butyrate proportion ($P < 0.05$). Although N retention was negative and not different between species ($P > 0.05$), goats seemed to have a better N utilization. They had lower urine-N loss (1.1 vs 1.5 g/100 ml; $P < 0.05$) than sheep. Both ruminal total-N (123.0 vs. 107.4 mg N/100 ml; $P < 0.05$) and microbial-N concentrations (47.9 vs. 40.9 mg N/100 ml; $P < 0.001$) tended to be higher in goats than in sheep. Ruminal ammonia-N and blood urea-N concentrations were similar ($P > 0.05$) between species.

Experiment 2 investigated the voluntary intake and digestion of wheat stubble grazed by goats and sheep. Three goats and three ewes were used to collect oesophageal extrusa, nine goats and nine ewes for total fecal collection and three bucks and three rams to sample rumen fluid and to study *in situ* OM disappearance. Goats and sheep were compared using a factorial design (2 species x 2 periods). Results for the different measured parameters suggest that goats and sheep had different trophic strategies. In the first period species had similar voluntary OM intake (35.9 vs. 34.4 g OM/kg^{0.75}). Goats oesophageal extrusa chemical composition (% in dry matter) were higher in OM (91.7 vs. 90.0) and ADL (10.8 vs. 7.8) and lower in cellulose (29.9 vs. 32.7) and hemicellulose (25.8 vs. 27.7) than sheep. However, apparent digestibility of organic matter in sheep were higher ($P < 0.001$; 55.1 vs 33.2%) than in goats. In the second period species had different voluntary OM intake ($P < 0.001$). Intake increased in goats (56.8 g OM/kg^{0.75}) and decreased in sheep (31.8 g OM/kg^{0.75}). Chemical composition of diet was similar for the two species, and nutritive value of the selected diet decreased from the first to the second period in both species (CP concentration decreased from 11.2 to 9.5% and cellulose increased from 27.6 to 34.8 %). Apparent digestibility of organic matter were significantly different between species ($P < 0.001$), increasing in goats (60.1%) whereas maintaining in sheep (53.6 %). Rumen fermentation pattern was similar between species and periods although the differences observed in feeding behaviour.

It was concluded that when species were fed on low -quality roughage under restricted feeding pattern and controlled behaviour, sheep had higher fibre digestion efficiency than goats. Intake, digestibility, transit rates and rumen pool sizes interacted with diet and period supporting the concept that sheep and goats used different trophic strategies under different nutritional circumstances. Goats are able to show higher voluntary feed intake than sheep when roughage nutritive value were low and availability scarce. This ability and their rapid shift of feeding behaviour, together with a possible larger rumen pool were all contributing factors to a competitive advantage on fibre utilization.

LISTA DE FIGURAS

SECÇÃO 1 - SITUAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Capítulo 2

1. Filogenia esquemática dos Artiodáctilos	12
2. Representação dos hábitos alimentares de camelídeos, caprinos, ovinos e bovinos	21
3. Esquematização das várias taxas associadas com a fermentação do alimento e com o volume ruminal	23
4. Massa corporal e tipo de organização do sistema digestivo de 187 espécies de herbívoros africanos, com fermentação gástrica	24
5. Modelos mecanicistas de reactores químicos ideais	24
6. Relação entre a taxa de fermentação e massa corporal, comparada com a taxa de fermentação necessária para cobrir as necessidades energéticas	26
7. Dinâmica do consumo de alimento	27
8. Relação das ingestões voluntárias de caprinos e ovinos, alimentados com as mesmas dietas	31
9. Composição botânica anual de dietas de caprinos e de ovinos, por tipo de plantas	34
10. Padrão sazonal de variação da composição botânica de dietas de caprinos e de ovinos, e da quantidade presente na pastagem	36
11. Padrão sazonal de ingestão, ruminância e descanso em ovinos	37
12. Modelo hidráulico do controlo da ingestão de alimento	40
13. Regressão dos valores de ingestão da MS, digestibilidade da MO e digestibilidade da NDF, de caprinos e de ovinos	51

Capítulo 3

14. Número cumulativo de artigos encontrados durante a revisão bibliográfica referentes a comparações da utilização de alimento por caprinos e por ovinos	54
---	----

SECÇÃO 2 - TRABALHO EXPERIMENTAL

Capítulo 5

15. Peso metabólico médio dos animais em cada período de recolha de amostras	76
16. Variação do peso vivo dos animais em cada período de recolha de amostras	77
17. Quantidade de alimento que não foi ingerido voluntariamente: (a) No total de alimento distribuído; (b) No total de refeições	79
18. Quantidade de MS, água, fibra e proteína que entraram no sistema animal, consoante a espécie e o tratamento	80
19. Histograma de frequências (a) e variação individual (b) das quantidades de água voluntariamente ingerida por cada animal ao longo do ensaio	80
20. Ritmo de ingestão e de excreção, de caprinos e de ovinos	81
21. Quantidades que saíram do sistema animal por espécie e tratamento	82
22. Coeficientes de digestibilidade da celulose e da hemicelulose, por espécie e tratamento	83
23. NDF residual das forragens incubadas <i>in situ</i> em caprinos e ovinos	85
24. Taxas de digestão da NDF potencialmente digestível das forragens incubadas <i>in situ</i>	86
25. Variação circadiana, no rumen de caprinos e de ovinos do pH, matéria seca, ácidos gordos voláteis totais, e percentagem molar de ácidos gordos voláteis: ácido acético, ácido propiónico e ácido butírico	89
26. Azoto ingerido, excretado nas fezes e urinas e balanço azotado de caprinos e de ovinos	90
27. Azoto ingerido, excretado nas fezes e urinas e balanço azotado consoante os tratamentos	91
28. Quantidades de azoto ingeridas, ruminais e urinárias e concentrações plasmáticas de azoto ureico de caprinos e de ovinos	92
29. Variação circadiana do azoto ruminal e do número de células de protozoários ciliados no rumen de caprinos e de ovinos: N total; N microbiano; N amoniacal; Pequenos entodiniomórficos; Grandes entodiniomórficos; Holótricos	93

Capítulo 6

30. Ingestão média de matéria orgânica dos caprinos e dos ovinos, nos dois períodos do ensaio e intervalo de confiança	117
31. Concentrações de matéria orgânica, proteína bruta e de frações de fibra nas amostras esofágicas, nos dois períodos do ensaio	117
32. Concentrações de PB e de NDF nas dietas ingeridas, por caprinos e ovinos, e concentrações dos principais alimentos disponíveis.....	119
33. Tendência evolutiva dos valores de digestibilidade <i>in vivo</i> , <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> , de caprinos e de ovinos, ao longo do ensaio.....	121
34. Variação diária da ingestão e excreção de MS em caprinos e ovinos	123
35. Variação diária das concentrações de celulose e de proteína nas amostras esofágicas de caprinos e de ovinos	123
36. Variação diária das concentrações de ácido acético e de amônia, no rumen de caprinos e de ovinos.....	123

LISTA DE QUADROS

SECÇÃO 1 - SITUAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Capítulo 2

1. Classificação taxonómica de caprinos e de ovinos	10
2. Massa corporal de adultos das raças mais frequentemente comparadas, por países.....	15
3. Ensaio comparativos do metabolismo basal e das necessidades energéticas para manutenção de caprinos e de ovinos	16
4. Valores comparativos do conteúdo ruminal particulado e líquido de caprinos e ovinos, calculados com marcadores	19
5. Algumas características morfo-funcionais dos ruminantes ingestores de alimentos grosseiros ou concentrados.....	22
6. Comparação do padrão circadiano de consumo de alimentos entre caprinos e ovinos.....	39
7. Comparação dos valores de digestibilidade e de consumo de alimento de caprinos e de ovinos, quando os caprinos têm um maior tempo de retenção do material particulado.....	42
8. Características da mastigação merérica de caprinos e de ovinos	44
9. Comparação de parâmetros da fermentação ruminal de caprinos e de ovinos: ácidos gordos voláteis totais, ácidos acético, propiónico e butírico, azoto amoniacal e concentração hidrogeniônica	47

SECÇÃO 2 - TRABALHO EXPERIMENTAL

Capítulo 5

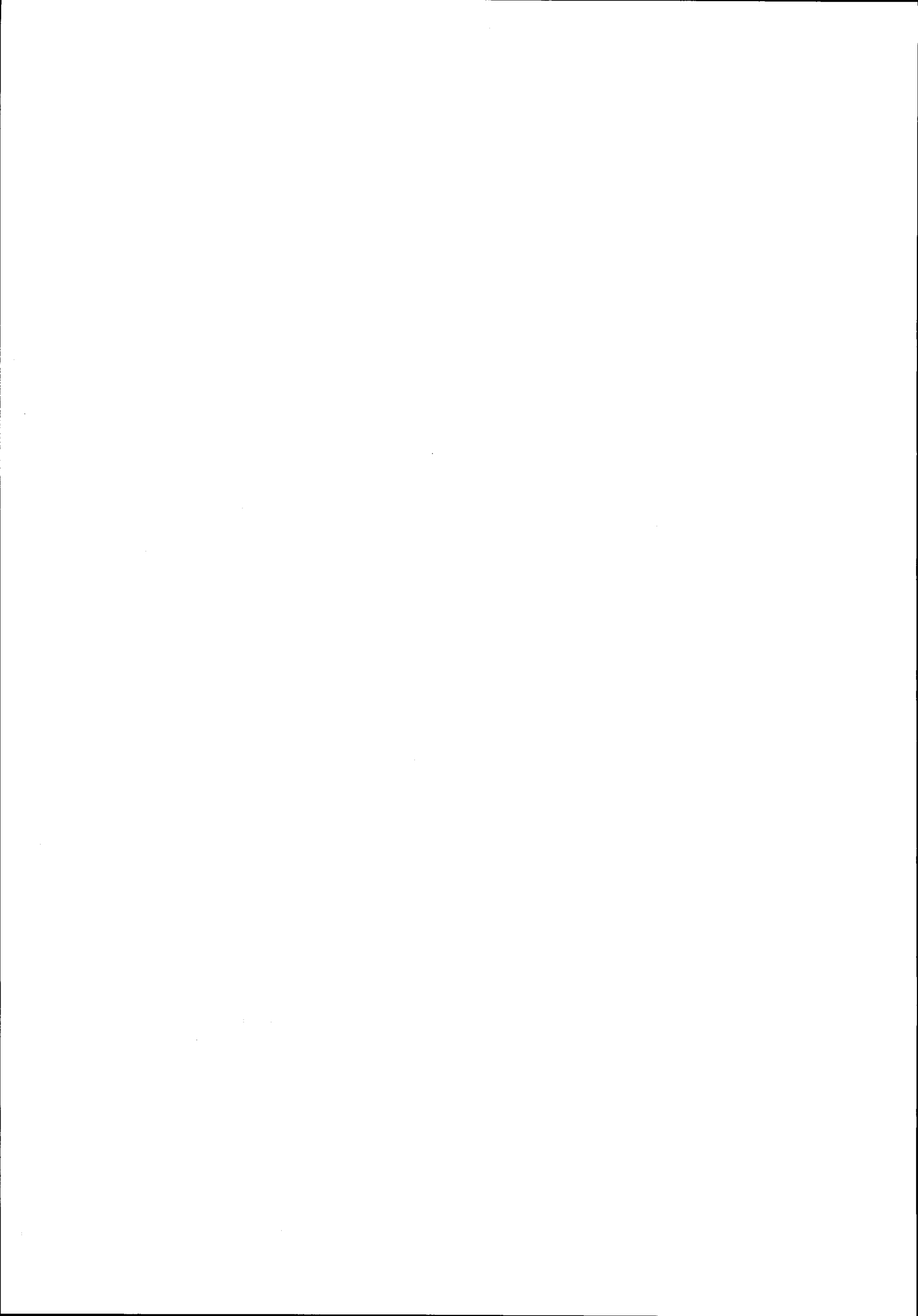
10. Calendário do período experimental	66
11. Calendário de recolha de amostras	67
12. Determinações efectuadas nas amostras recolhidas.....	70
13. Comparação das necessidades tabeladas de energia metabolizável e de proteína bruta para manutenção de pequenos ruminantes, com as quantidades e percentagens fornecidas pelas diferentes dietas para as duas espécies	76
14. Composição química da forragem e das soluções utilizadas	77
15. Composição energética e composição azotada das dietas	78
16. Quantidades ingeridas e excretadas por espécie, e por tratamento	78
17. Coeficientes de digestibilidade da MS, da MO e da fibra, por espécie	83
18. Coeficientes de digestibilidade da MS, da MO e da fibra, por tratamento	83
19. Composição química das forragens incubadas <i>in situ</i>	84
20. Efeito da espécie na matéria seca desaparecida <i>in situ</i> e nas características de degradabilidade das forragens incubadas	84
21. Efeito do nível de azoto na matéria seca desaparecida <i>in situ</i> e nas características de degradabilidade das forragens incubadas.....	84
22. NDF indigestível, digestibilidade <i>in situ</i> , <i>lag time</i> e taxas de digestão das forragens incubadas no rumen de caprinos e de ovinos	86
23. NDF indigestível, digestibilidade <i>in situ</i> , <i>lag time</i> e taxas de digestão das forragens incubada, por tratamentos	86
24. Efeito da espécie sobre os parâmetros de cinética da fase líquida ruminal.....	87
25. Efeito do nível de azoto sobre os parâmetros de cinética da fase líquida ruminal.....	87
26. Efeito da espécie sobre parâmetros de fermentação ruminal.....	88
27. Efeito do tratamento sobre parâmetros de fermentação ruminal.....	88
28. Parâmetros do metabolismo azotado de caprinos e de ovinos.....	90
29. Efeito dos níveis de azoto sobre parâmetros do metabolismo azotado.....	91

Capítulo 6

30. Calendário experimental	110
31. Calendário de pesagem dos animais e de recolha de amostras.....	111
32. Determinações efectuadas nas amostras recolhidas.....	113
33. Massa corporal média de caprinos e de ovinos, por sexo, nos dois períodos de ensaio	116
34. Composição química dos alimentos dominantes na pastagem	116
35. Composição química das dietas ingeridas.....	118
36. Regressões lineares entre a composição química das amostras esofágicas e os dias do ensaio.....	118
37. Ingestão e excreção de matéria orgânica e de fibra dos caprinos e dos ovinos, ao longo do ensaio	120
38. Digestibilidade da MO <i>in vivo</i> , <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> dos caprinos e dos ovinos, ao longo do ensaio	120
39. Digestibilidade da fibra nos caprinos e nos ovinos, ao longo do ensaio: NDF, ADF, celulose e hemicelulose.....	122
40. Concentrações ruminais dos ácidos gordos voláteis e da amónia de caprinos e de ovinos, nos períodos do ensaio	122
41. Cálculo da energia metabolizável e proteína bruta ingeridas, por caprinos e por ovinos ao longo do ensaio, e comparação com as necessidades para manutenção	125

LISTA DE ABREVIATURAS

ADF	fibra insolúvel em detergente ácido
ADIN	azoto indigestível determinado na fracção da ADF
ADL	lenhina obtida com H ₂ SO ₄ no resíduo da ADF
AGV	ácidos gordos voláteis
C2	ácido acético
C3	ácido propiónico
C4	ácido butírico
CCS	conteúdos celulares
CEL	celulose
CT	cinzas
Dig	digestibilidade
DMO	digestibilidade da matéria orgânica
DP	desvio padrão
E	espécie
EM	energia metabolizável
EP	erro padrão
HEMI	hemicelulose
INDF	NDF indigestível
ISDMO	digestibilidade da MO <i>in situ</i> - material desaparecido dos sacos de nylon após 48h de incubação
ISDNDF	digestibilidade da NDF <i>in situ</i> - material desaparecido dos sacos de nylon após 48h de incubação
IVDMO	digestibilidade da matéria orgânica <i>in vitro</i>
L	lípidos
MC	massa corporal
MC^{0,75}	peso metabólico
MO	matéria orgânica
MOD	matéria orgânica digestível
MS	matéria seca
MSI	matéria seca ingerida
N	azoto
N MIC	azoto microbiano
N-NH3	azoto amoniacal
NDF	fibra insolúvel em detergente neutro
NH3	azoto amoniacal
NS	não significativo
P	período
PB	proteína bruta
PEG	polietilenoglicol
PG	produção de gás
PxE	interacção entre período e espécie
Sig	significância
TGI	tracto gastrointestinal
TMR	tempo médio de retenção



AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos, que aqui deixo registados, relatam o companheirismo que me rodeou e me proporcionou uma investigação mais gratificante, menos árdua e, ocasionalmente, divertida. A Ciência é um empreendimento que só tem sentido no plural. E se, infelizmente, esta tese não se desenrolou inserida num qualquer projecto científico globalizante, muita gente contribuiu e colaborou na sua execução. A todos devo um agradecimento colectivo, por terem possibilitado que as inevitáveis oscilações, entre o enorme entusiasmo e o desânimo, não tenham sido muito dramáticas. Agradeço, com grande afecto, a solidariedade e a boa vontade desinteressadas, qualidades que muito prezo. Espero que tenham ficado tão contentes quanto eu, por termos podido partilhar tempo e tarefas.

Ao Doutor Ramalho Ribeiro, com quem comecei a minha carreira profissional, na Escola Superior Agrária de Santarém, e que foi o orientador desta dissertação, devo agradecer a amizade pessoal que o fez aceitar as minhas variadas ineficiências. Agradeço-lhe, ainda, a disponibilidade que sempre manifestou para discutir o trabalho, quer durante o planeamento como, também, nas fases da sua execução, as sugestões pertinentes, a liberdade científica e as facilidades que me proporcionou na EZN.

Também ao Prof. Afonso de Almeida, que desempenhou o papel de "orientador-adoptivo", gostaria de expressar a minha gratidão pela possibilidade de ter com ele aprendido disciplina de trabalho. Devo-lhe ainda agradecer as entusiásticas sugestões e as justas críticas.

Ao Prof. Pires da Costa, meu orientador pedagógico, com quem tenho o prazer de colaborar na docência da disciplina de Nutrição, compete-me agradecer o incentivo constante e a simpatia com que me distinguiu.

Gostaria de deixar expresso o meu reconhecimento ao Eng. Joaquim Vacas de Carvalho, que recordo com muita saudade. À Prof.^a Ofélia Bento quero igualmente manifestar o meu reconhecimento pela discussão das possibilidades estatísticas e pelas sugestões dadas com o rigor e empenho que a caracterizam.

Devo, também, agradecimentos a várias instituições onde desenvolvi actividades de investigação, nomeadamente à Estação Zootécnica Nacional (EZN), à Escola Superior Agrária de Santarém (ESAS), à Universidade de Évora (UE), e, ainda, ao Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC), de quem fui bolsista.

A todos os meus colegas de Departamento de Zootecnia da UE, mais especialmente aos Prof.s Manuel Cancela d'Abreu, Artur Marinho e Eng. Alfredo Pereira; aos meus colegas no Departamento de Nutrição da EZN, sobretudo às Dr.^{as} Olga Conde Moreira e Isabel Portugal Melo; aos meus colegas na ESAS, Eng.s Paulo Fonseca e M.^o João Amado Pereira; e, ainda, aos Prof.s Efe Serrano e Mota Barroso do Departamento de Fitotecnia da UE, devo agradecimentos por variadas razões, desde as discussões técnicas e científicas, ao espírito de colaboração, leccionação das aulas, leitura crítica do manuscrito e, também, à boa disposição e à notória camaradagem.

Aos Dr.s António Monteiro Horta e Carla Cruz Marques da EZN e aos Prof.s Nuno Potes, Tirapicos Nunes e Manuel Cancela d'Abreu da UE, o meu reconhecimento pelo valioso auxílio na fistulação dos animais utilizados nos ensaios. Devo igualmente agradecer a muita gente que se envolveu em parte do trabalho analítico, particularmente às Sr.^{as} D. Teresa Faria, D. Argentina Martinho, D. Albertina Confraria, D. Fernanda Vaz da EZN; D. Madalena Brás Pereira da ESAS e D. Ana Valério da UE.

Recordo, agradecida, a companhia e o auxílio dos que mais directamente se envolveram comigo na execução da parte prática dos ensaios, como o Manuel Paulus, o José Baptista, a Balela e os Eng.s Zootécnicos Carlos Pegacha e António Baião, na altura alunos estagiários. Acima de tudo nunca esquecerei momentos como as colheitas de sangue à luz da vela, os queijos frescos ao sábado, os YOP de morango às 5 h da manhã, as trovoadas no campo e a amizade com que me aturaram as alegrias e as tristezas.

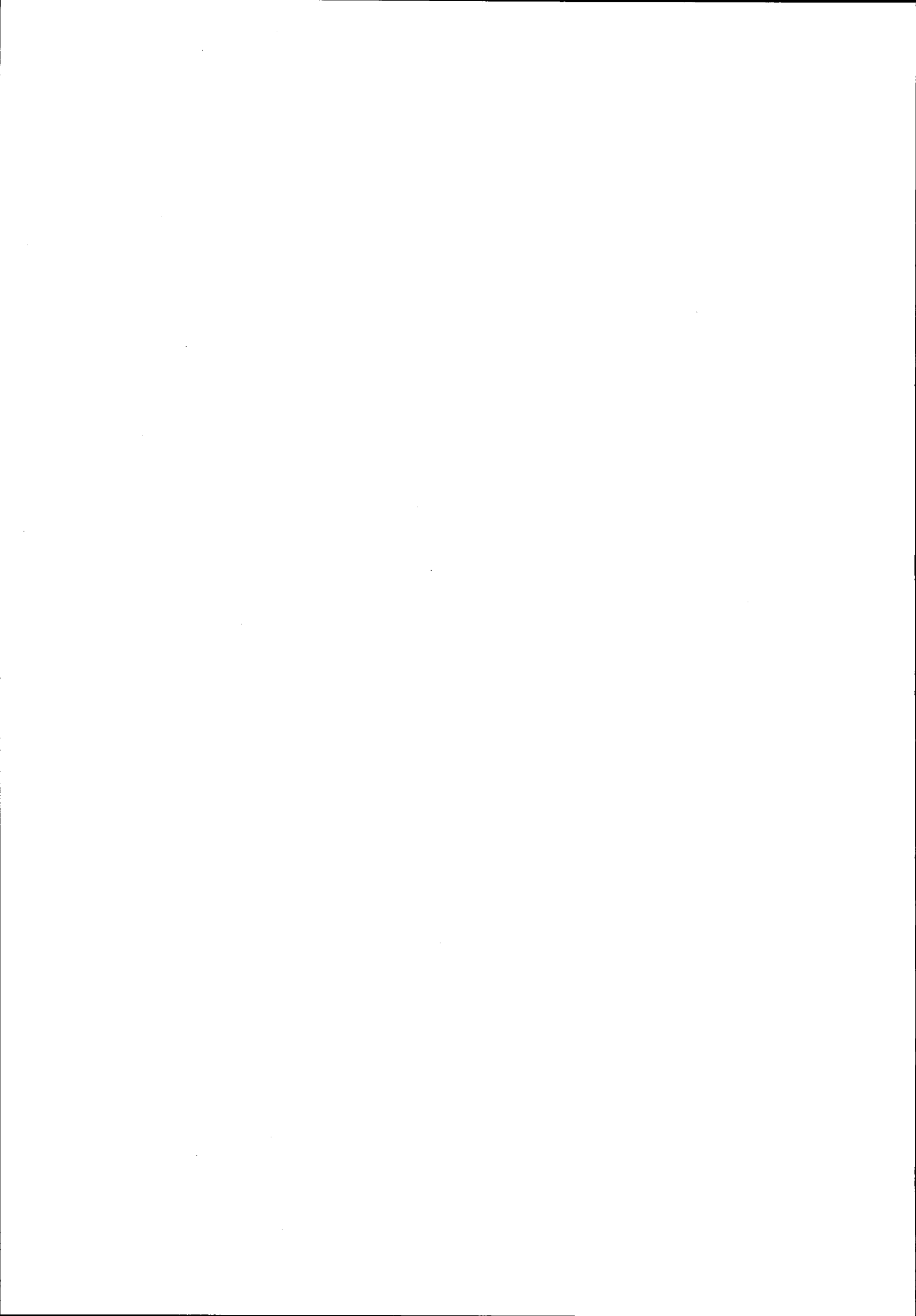
Um agradecimento muito especial ao meu pai, que escreve muito melhor do que eu.



*"O que ficou para trás já nós sabemos.
O que está à nossa frente só o saberemos
quando estiver atrás de nós."*

*Heinz Czechowski
"A mudança consumada"*

*À minha família
pelas suas "estratégias" de
cooperação em situações restritivas*



SECÇÃO

1

SITUAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Os três primeiros capítulos pretendem informar acerca das considerações que enquadram a realização desta tese, apresentar a respectiva estrutura geral, bem como referenciar os progressos de opinião e de conhecimentos, relativos à comparação de parâmetros nutricionais entre caprinos e ovinos.

- 1. Introdução geral*
 - 2. Revisão bibliográfica*
 - 3. Conclusões preliminares*
-



Capítulo 1

INTRODUÇÃO GERAL

Enquadramento científico e organização da tese

" Descobri logo uma coisa sobre a Biologia. Era muito fácil encontrar uma pergunta que fosse muito interessante e de que ninguém soubesse a resposta. "

R. Feynman "Está a brincar Sr. Feynman?"

A investigação desenvolvida na área da Nutrição Animal partilha de todas as características inerentes às ciências biológicas. Como campo científico relativamente recente, e dada a complexidade dos objectos em estudo, abundam as perguntas sem resposta, o que, de certa forma, é intelectualmente estimulante. Contudo, estas mesmas características, que a tornam aliciante, são por sua vez limitações. Tanto a Biologia como a Nutrição Animal ainda não amadureceram dentro de um enquadramento matemático global. Assim, a abordagem tradicional e dominante tem sido a que deriva da filosofia do empirismo (AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL, 1991). Ou seja, as equações matemáticas surgem depois de executadas as experiências, de forma a que se ajustem aos dados observados. Na maior parte dos casos trabalha-se a um único nível da hierarquia biológica e a metodologia em que se baseia é essencialmente estatística. Os modelos resultantes destas circunstâncias são modelos conceptuais e não matemáticos, que sendo instrumentos valiosos para iniciar a abordagem de um problema, ao possibilitarem a descrição e organização dos dados, são virtualmente relatórios *post factum*, não permitindo previsões (LOCKWOOD e LOCKWOOD, 1993).

Cap. 1

Aquelas vantagens e inconvenientes estão presentes nesta tese. Encontrar uma questão que servisse de ponto de partida ao trabalho não foi uma tarefa muito difícil. Caprinos e ovinos têm um papel importante, mas raramente dominante, em quase todos os sistemas agrícolas (PETERS, 1988). Em 1985 existia alguma controvérsia na bibliografia científica sobre a capacidade que os caprinos demonstravam para utilizar os alimentos fibrosos, sugerindo-se que a eficiência digestiva dos caprinos seria superior em relação à dos ovinos. Após revisão do assunto (BAPTISTA, 1985), pareceu-nos que as causas apontadas, como responsáveis por aquela possível diferença, resultavam mais do tipo de dieta consumida do que, propriamente, da espécie animal em consideração. Sugerimos, então, que era irrelevante tentar quantificar as diferenças, sendo mais importante determinar porque razão elas se manifestavam.

A abordagem pessoal, que serviu de base à estruturação da tese, partiu das seguintes considerações básicas:

- É de esperar que caprinos e ovinos tenham semelhanças biológicas, já que, basicamente, têm o mesmo conjunto de órgãos internos, os tecidos são constituídos pelos mesmos elementos histológicos e químicos e possuem um metabolismo intermediário idêntico. Se estes pequenos ruminantes são morfológica e fisiologicamente homólogos e análogos, deverão ter o mesmo padrão geral de utilização do alimento, se bem que, possivelmente, existam particularidades específicas de cada espécie.
- Existem restrições à utilização do alimento, impostas pelos padrões biológicos dos animais, que são acrescidas por outras limitações provenientes das características do alimento ou do meio ambiente. A conjugação destes factores origina uma enorme diversidade de situações alimentares que, eventualmente, também poderão ser padronizadas.

- Perante as limitações à utilização do alimento, e apesar de caprinos e ovinos possuírem os mesmos mecanismos de adaptação à variação de disponibilidade de nutrientes, a forma como utilizam estes mecanismos pode ser distinta. Um mesmo "problema alimentar" pode apresentar várias soluções, já que não existe uma simples relação de causa-efeito entre o alimento e o animal.
- Assim, estas duas espécies terão semelhanças e diferenças. O desafio está em tentar saber em que condições específicas elas se distinguem e em que medida optimizam as suas capacidades.

Foi a partir destas considerações gerais que surgiu a hipótese de trabalho, baseada no pressuposto de que, em condições de limitação à utilização de alimento, quer qualitativa quer quantitativa, as espécies manifestariam de um modo mais expressivo as suas diferenças. Por outro lado, apontou-se como factor determinante das diferenças a ingestão de alimento e não a utilização digestiva. Os ensaios comparativos efectuados situaram-se, por isso, em dois extremos possíveis da ingestão de alimento. Um deles pretendeu evitar diferenças, o outro, efectuado em situação de pastoreio, pretendeu que os animais as manifestassem.

O contributo que a tese apresenta reside, sobretudo, na perspectiva com que o assunto foi tratado. Como ponto de partida considerou-se que os caprinos e ovinos são formas análogas, homólogas e equivalentes topologicamente. Encarou-se a ingestão como um comportamento, conceito mais amplo que um processo fisiológico. A capacidade de adaptação dos animais a diferentes situações alimentares foi analisada como sendo resultante de um ajustamento, em conjunto, dos parâmetros fisiológicos e comportamentais e procurou-se expressar essa ideia introduzindo o termo de estratégias tróficas (utilizado para englobar as distintas combinações entre a ingestão e a digestão do alimento).

Cap. 1

Uma verdade acerca da natureza humana, é a certeza do comprometimento das nossas mais preciosas conjecturas devido aos limites estreitos daquilo que é realizável. Inevitavelmente, o resultado final do trabalho desenvolvido, descrito nesta tese, reflecte quer as limitações do método científico utilizado para estudar fenómenos tão complexos como os comportamentais e fisiológicos, como, também, as inerentes às disponibilidades infraestruturais, que impossibilitaram a observação de aspectos que seriam essenciais como suporte para a tese, quer ainda as restrições pessoais e as resultantes do diabólico acaso (lei de Murphy), que tudo fez para contrariar as nossas pretensões.

Do trabalho desenvolvido se dá conta, ao longo das duas secções em que a dissertação está dividida. A primeira diz respeito à situação dos conhecimentos e procura dar, para além de esclarecimentos sobre as considerações que estão na génese desta tese, uma perspectiva do estadio em que os conhecimentos se encontram actualmente. A segunda secção especifica o trabalho experimental e está organizada em quatro capítulos, onde se descrevem as hipóteses e os objectivos, os ensaios efectuados e as conclusões finais.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

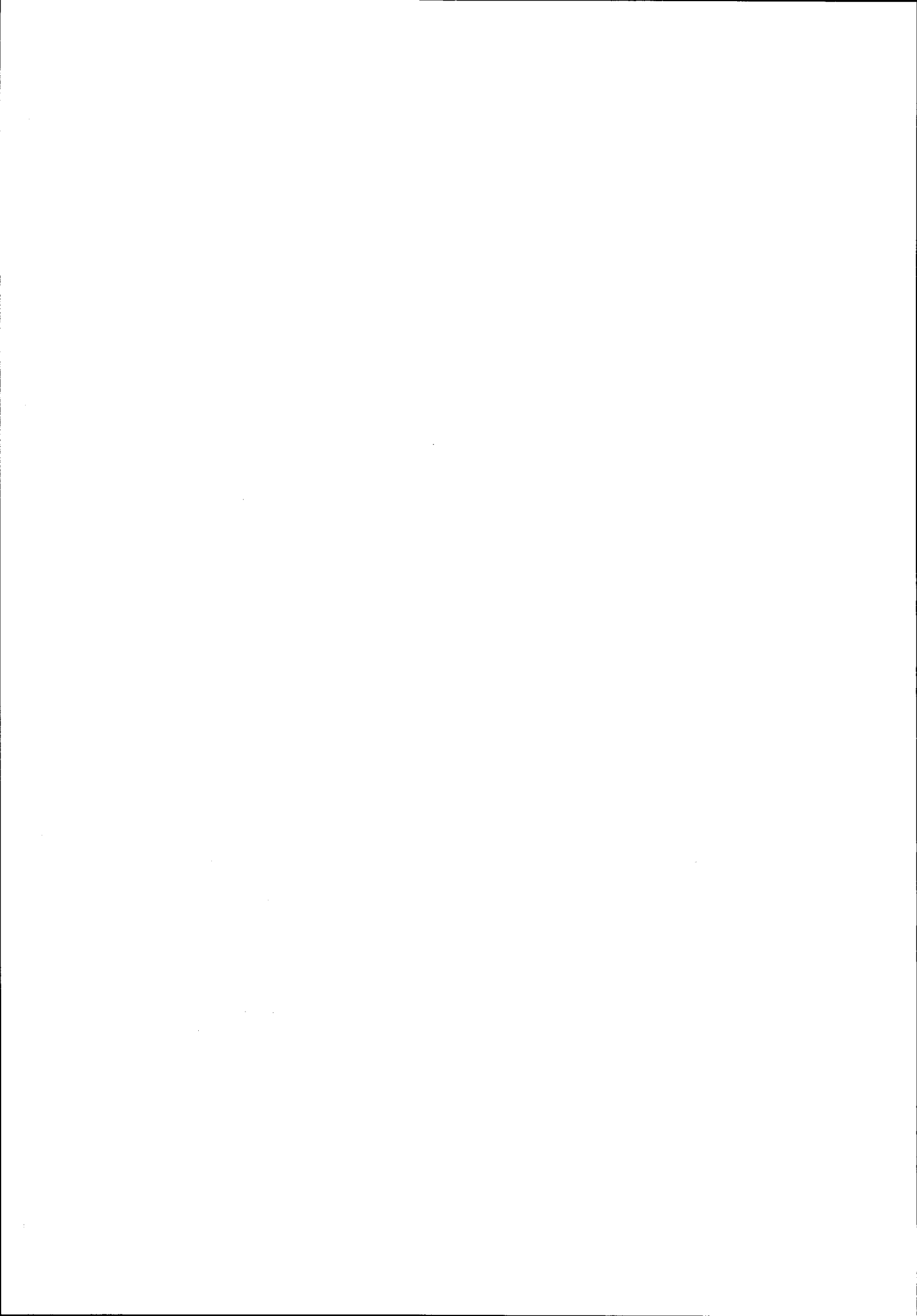
Aspectos comparativos morfo-funcionais de *Capra hircus* e *Ovis aries*

"Devemos nós, por exemplo, começar por discutir cada espécie em separado - homem, leão, boi, etc., tomando cada tipo independentemente do resto, ou devemos procurar descobrir o que elas têm em comum ... ?"

Aristóteles " *História dos Animais* "

ÍNDICE ABREVIADO

2.1. Padrões morfológicos	9
2.1.1. Padrões taxonómicos	9
2.1.2. Padrões filogénicos	11
2.1.3. Padrões ontogénicos	13
2.2. Padrões funcionais	20
2.2.1. Padrões morfo-funcionais	20
2.2.2. Comportamento de ingestão	26
2.2.3. Retenção e alteração física das partículas	42
2.2.4. Microambiente ruminal	46
2.2.5. Eficiência digestiva	49



Caprinos e ovinos são, normalmente, reconhecidos como duas formas biológicas distintas, porque são espécies diferentes. Esta é, no entanto, uma consequência, nunca será uma causa. Esquecemos, frequentemente, que uma qualquer forma biológica integra todas as relações do organismo e é indissociável do processo que a faz existir. Uma forma biológica é mais do que a soma das partes que a constituem. É um sistema complexo e dinâmico, com uma estrutura que lhe confere propriedades intrínsecas, nomeadamente funcionais, e inerentes fenómenos de regulação, integração e restrição.

A questão básica que se pode colocar consiste em saber até que ponto, nomeadamente em termos nutricionais, se deve considerar a "configuração-caprino" e a "configuração-ovino" como diferentes. Para responder a esta interrogação, iremos comparar os dados, referenciados na bibliografia, procurando evidenciar os arquétipos de morfologia e de funcionamento digestivo de cada uma das espécies e as inerentes limitações e adaptações à utilização de alimento.

2.1. PADRÕES MORFOLÓGICOS

2.1.1. Padrões taxonómicos

A primeira ou a mais evidente diferenciação, a nível dos padrões morfológicos, surge no âmbito da taxonomia. A taxonomia baseia-se no reconhecimento e agrupamento de formas homólogas (estruturalmente similares), independentemente de serem, ou não, formas análogas (funcionalmente semelhantes) (GOODWIN, 1986).

A circunstância que sobressai ao observar a sistematização taxonómica de caprinos e de ovinos (Quadro 1) é a partilha das mesmas categorias, até à Subfamília, facto que manifesta a semelhança existente para os parâmetros anatómicos que foram utilizados na classificação.

Cap. 2

Quadro 1. Classificação taxonómica de caprinos e de ovinos (adaptado Sisson *et al.*, 1975)

Categoria sistemática	CAPRINOS	OVINOS
Reino	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>
Sub-reino	<i>Metazoa</i>	<i>Metazoa</i>
Filo	<i>Chordata</i>	<i>Chordata</i>
Subfilo	<i>Vertebrata</i>	<i>Vertebrata</i>
Classe	<i>Mammalia</i>	<i>Mammalia</i>
Subclasse	<i>Theria</i>	<i>Theria</i>
Infraclasse	<i>Eutheria</i>	<i>Eutheria</i>
Ordem	<i>Artiodactyla</i>	<i>Artiodactyla</i>
Subordem	<i>Ruminantia</i>	<i>Ruminantia</i>
Infraordem	<i>Pecora</i>	<i>Pecora</i>
Família	<i>Bovidae</i>	<i>Bovidae</i>
Subfamília	<i>Caprinae</i>	<i>Caprinae</i>
Género	<i>Capra</i>	<i>Ovis</i>
Espécie	<i>hircus</i>	<i>aries</i>

Os critérios para inclusão na Ordem, Subordem e Família, referem-se aos sistemas locomotor, digestivo e de defesa, e definem o padrão taxonómico que caprinos e ovinos compartilham. Quer numa quer noutra espécie, a estrutura óssea dos seus membros locomotores é caracterizada pela presença de um número par de dedos em cada extremidade e pelo tipo de articulação dos ossos tarsianos. O sistema digestivo apresenta compartimentos pré-gástricos não glandulares e ausência de incisivos e caninos superiores. Em ambas as espécies os cornos são permanentes, não ramificados e sem base óssea.

Apesar de serem formas homólogas, existem diferenças na estrutura anatómica de caprinos e ovinos o que serviu de base para a inserção em Géneros diferentes. Elas são a forma da sutura frontoparietal, a configuração das apófises espinhosas das vértebras cervicais, a presença ou ausência de tuberosidade na crista da escápula, a forma dos bordos do sacro, a presença ou ausência de glândulas lacrimais e a localização de algumas glândulas cutâneas odoríferas (HABEL, 1975). A estas diferenças deve juntar-se as reprodutivas, já que a classificação em espécies pressupõe o chamado "isolamento reprodutivo". Apesar de já terem sido obtidos embriões híbridos, nunca deram origem a seres vivos viáveis (FRENCH, 1975).

As diferenças apontadas não nos possibilitam prever se o funcionamento do sistema digestivo de caprinos e ovinos se processa da mesma forma. Levando o argumento mais longe, é até possível especular que, em algumas situações (por exemplo: se se tratar de raças provenientes de diferentes biótipos, ou com diferentes aptidões produtivas) duas raças da mesma espécie poderão apresentar maiores diferenças fenotípicas e fisiológicas, do que duas espécies diferentes (ver ensaios de WARREN *et al.*, 1984 e de QUICK e DEHORITY, 1986).

Estas constatações estão na base de muitas das alterações introduzidas no conceito de espécie. A homologia das formas foi alargada à obrigatoriedade de um antepassado comum, que forneceria uma mesma base genética.

2.1.2. Padrões filogénicos

A filogenia descreve a história evolutiva dos organismos, tendo por base a filosofia do gradualismo, assente no princípio de que *Natura non facit saltum* (DARWIN, 1860). O registo fóssil deveria, assim, incluir "formas de transição", apresentar os elos intermediários entre novas espécies e os seus antepassados, o que raramente acontece (GOULD, 1980), já que é essencialmente constituído por tecidos duros, tais como ossos, dentes e cornos, não sendo observáveis características importantes do ponto de vista adaptativo (VAN SOEST, 1982), como a filogénese do retículo-rumen.

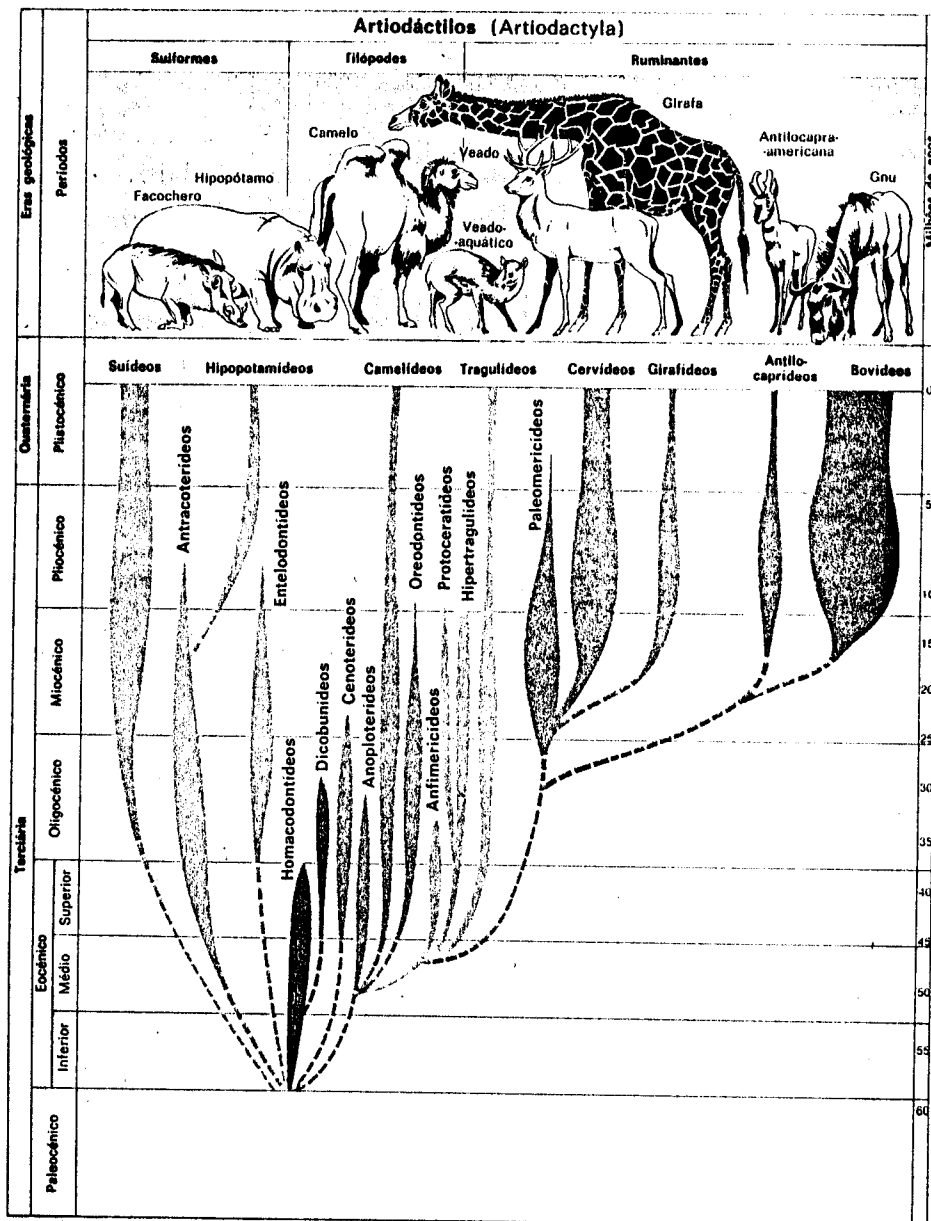
Os fósseis mais antigos, semelhantes a caprinos e ovinos, foram encontrados em formações do Pliocénico Inferior, no oriente da China e na Índia (FRENCH, 1975), mas não possibilitam uma distinção nítida entre as espécies. No entanto, é frequentemente considerado que os pequenos ruminantes foram, logo a seguir ao cão, as primeiras espécies a ser domesticadas (HERRE e ROHRS 1973, citados por DEVENDRA e BURNS, 1983a; FRENCH, 1975).

Cap. 2

Estas limitações da paleontologia fazem com que as árvores evolutivas (Figura 1) tenham unicamente elementos nas pontas ou bifurcações, sendo construídas com base em inferências a partir das formas biológicas sobreviventes.

Figura 1. Filogenia esquemática dos Artiodáctilos (Romer 1966, citado por Anónimo, sem data).

Os ungulados, todos fitófagos, apareceram no Eocénico Inferior, a partir de uma forma ancestral (Condilartra), que deu origem aos Perisodáctilos e a um antepassado comum a todos os Artiodáctilos (Paleodontes). Estes pequenos animais deram provavelmente origem a três formas básicas diferentes, que perduram até aos nossos dias: Suiformes, Tilópodes e Ruminantes. Os Tilópodes, que têm um estômago trilobular e ruminam, parecem ser mais primitivos que os Ruminantes (Von Engelhardt *et al.*, 1988), e destes, os Cervídeos foram os primeiros Ruminantes a aparecer, durante o Miocénico, sendo finalmente há 12 milhões de anos, já no Pliocénico, que Bovídeos atingiram a sua máxima diversificação (54 géneros e 120 espécies diferentes).



As inferências mais importantes assentam nos pressupostos de que a história evolutiva dos fitófagos acompanhou as modificações evolutivas das plantas (HUME e WARNER, 1980) e que qualquer evolução tem tendência para criar formas mais complexas e, também, mais independentes do seu ambiente (BEILHARZ, 1985a).

A hipótese mais divulgada e aceite (HUME e WARNER, 1980), que estabelece uma relação entre morfologia e função, sugere que o aumento de material não digestível na dieta, aumentou, também, a "pressão" para o alargamento do tubo digestivo (o que terá ocorrido inicialmente para o intestino grosso e só posteriormente para o estômago). As etapas iniciais da evolução dos animais com fermentação gástrica corresponderiam a animais com estômagos menos subdivididos e que utilizariam preferencialmente alimentos menos fibrosos (VAN SOEST, 1982).

Aplicando-se esta lógica aos caprinos e ovinos, com base nas características morfo-funcionais que iremos abordar em seguida, poderá pressupor-se que os caprinos são formas mais próximas dos padrões mais primitivos do que os ovinos. Apesar da filogenia não nos fornecer evidência sobre a base genética da similitude estrutural, sugere, contudo, que as espécies evoluíram a partir de genótipos que se adaptaram e foram acumulando diferenças morfológicas e funcionais. Isto requer um entendimento dos processos de desenvolvimento que poderá ser esclarecido pela análise dos padrões ontogénicos destes organismos.

2.1.3. Padrões ontogénicos

O desenvolvimento ontogénico de um organismo é um processo complexo, porque nele as instruções genéticas e os estímulos ambientais interactuam, para dar origem ao fenótipo (BEILHARZ, 1985a). Apesar da complexidade da ontogénese, esta demonstra notável uniformidade em diferentes genótipos (TAYLOR, 1980). As relações que se estabelecem entre massa corporal adulta e quantidades entradas ou saídas do sistema animal (alimento, oxigénio, produtos animais, calor) ou fenómenos temporais (duração da gestação, taxa respiratória, etc.) tendem para um padrão.

Cap. 2

Tamanho e massa corporais

A massa corporal e, indirectamente, o tamanho corporal estão relacionados com a maior parte dos processos fisiológicos (CALDER 1984, citado por DEMMENT e GREENWOOD, 1988).

TAYLOR (1980) sugeriu que o índice de maturidade, ou qualquer outra variável temporal, têm uma relação directamente proporcional à massa corporal adulta, afectada pelo expoente 0,27. Outros autores referenciaram este tipo de relação ($MC^{0,27}$) para fenómenos fisiológicos, nomeadamente, batimentos cardíacos, contracções do intestino, frequência respiratória (CLARK 1927, citado por ILLIUS e GORDON, 1991), taxas de passagem e de mastigação (ILLIUS e GORDON, 1991). Tal implica que a duração das actividades fisiológicas seja, comparativamente, mais longa nos animais maiores.

Relações entre outras variáveis e a massa corporal têm sido estabelecidas, umas isométricas, como a que se refere à capacidade do tracto gastrointestinal (MC^1 - PARRA 1978, citado por UDÉN e VAN SOEST, 1982), outras alométricas, como, por exemplo, metabolismo basal ($MC^{0,75}$ - BRODY 1945, citado por VAN SOEST, 1982), ingestão de alimento ($MC^{0,73}$ - TAYLOR, 1980) e ingestão máxima de energia metabolizável ($MC^{0,87}$ - ILLIUS e GORDON, 1991). Estes índices sugerem que animais mais pequenos, com uma relação entre necessidades metabólicas e capacidade do tubo digestivo mais elevada, estão mais restringidos a alimentos de qualidade e ingerem menores quantidades de alimento. Esta circunstância evidencia-se quando se comparam animais, igualmente adultos, de diferente espécie (UDÉN e VAN SOEST, 1982), raça (THOMPSON e PARKS, 1983), ou peso corporal (MINSON e RATCLIFF, 1982).

O tamanho e a massa corporais são, por isso, as variáveis que mais contribuem para as diferenças entre animais (TAYLOR e MURRAY, 1987). Porque as características fisiológicas e morfológicas estão intimamente ligadas à interacção do animal com o seu ambiente, as modificações de tamanho corporal têm efeitos marcantes na ecologia dos organismos. Esta

interacção está patente nos distintos comportamentos (como os associativo, locomotor, reprodutivo ou ingestivo) manifestados por animais de diferente tamanho. Por exemplo, os animais mais pequenos são menos gregários, mais exploradores e têm taxas de crescimento populacional mais elevadas, pelo que são mais susceptíveis a relações instáveis com as suas fontes de alimentos, sendo mais afectados por factores extrínsecos (McNAUGHTON, 1987).

Caprinos e ovinos são, usualmente, considerados pequenos ruminantes, com pesos vivos variando entre 15 e 75 kg (PETERS, 1988). Contudo, a gama de pesos corporais é ampla, mesmo dentro de uma única espécie, como é manifesto nas categorias sugeridas por DEVENDRA (1987): cabras grandes (> 65 cm de altura na espádua e peso vivo variando entre 20-65 kg), cabras pequenas (altura entre 51-65 cm e peso vivo entre 20-45 kg) e cabras anãs (altura inferior a 50 cm e peso vivo entre 18-25 kg). Quando comparámos caprinos e ovinos coexistindo num mesmo biótipo, e apesar de não se ter feito um levantamento exaustivo, frequentemente os caprinos apresentaram uma massa corporal inferior à dos ovinos (Quadro 2), verificando-se a mesma tendência com as raças portuguesas (DIRECÇÃO GERAL DE PECUÁRIA, 1987).

Quadro 2. Massa corporal de adultos das raças mais frequentemente comparadas, por países

RAÇAS			MASSA CORPORAL (kg)			Referência
			CAPRINOS	vs	OVINOS	
Austrália - Nova Zelândia						
Feral	vs	Merino	30	vs	42	Wilson, 1977.
			26	vs	35	Kennedy <i>et al.</i> , 1992
Angora	vs	Merino	56	vs	43	Doyle <i>et al.</i> , 1984
			30	vs	44	Domingue <i>et al.</i> , 1991a
França						
Alpine	vs	Ile de France	50-55	vs	45-50	Alrahmoun, <i>et al.</i> , 1985
			50	vs	45	Masson <i>et al.</i> , 1989
Bélgica						
Chamoise	vs	Texel	42-48	vs	50-62	Focant <i>et al.</i> , 1988
Reino Unido						
Saanen	vs	Suffolk x Mule	43	vs	52	Wahed e Owen, 1986
Zâmbia						
Small East African	vs	Dorper	25	vs	61	Gihad, 1976
Chipre						Antoniou e
Damascus	vs	Chios	68	vs	59	Hadjipanayiotou, 1985
Estados Unidos da América						
Angora	vs	Rambouillet	25	vs	52	Huston <i>et al.</i> , 1988

Cap. 2

Esta situação, por si só, é responsável por muitas das diferenças entre as espécies referidas na bibliografia, pelo que iremos analisar, mais pormenorizadamente, a informação comparativa que diz respeito a variáveis que são função da massa corporal.

Necessidades energéticas

As informações sobre as necessidades energéticas de caprinos são confusas, assumindo-se, sem justificação aparente, que não serão diferentes das dos ovinos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1981), ou que seriam mais elevadas (HUSTON, 1978). Isto porque a maioria dos dados provêm de comparações indirectas. Durante a pesquisa bibliográfica apenas se encontraram quatro estudos em que se compararam directamente as duas espécies (Quadro 3).

Quadro 3. Ensaio comparativos do metabolismo basal e das necessidades energéticas para manutenção de caprinos e de ovinos

CAPRINOS	OVINOS	Tipo de animal e técnica	Referência
Metabolismo basal (kJ/kg ^{0,75})			
331,1	271,6	Adultos. Calorimetria indirecta	Roy-Smith (1980)
Necessidades para manutenção (MJ EM/kg ^{0,75})			
0,434	0,301	Adultos. Energia ingerida	Mohammed e Owen (1980)
0,393	0,379	Jovens. Energia ingerida	Alam <i>et al.</i> (1983)
0,440	0,370	Jovens. Abates comparativos	Alam <i>et al.</i> (1991)

A partir desta escassa informação, verifica-se que os caprinos têm, aparentemente, maiores necessidades energéticas para manutenção de que os ovinos. Este facto enquadra-se no padrão geral das necessidades em nutrientes dos mamíferos, caracterizado pelo aumento destas à medida que aumenta a massa corporal, consequência do aumento dos custos de manutenção e produção. Contudo, este aumento não é linear (ver tamanho corporal - pp.14), pelo que animais mais pequenos têm necessidades alimentares absolutas mais elevadas, mas menores necessidades relativas (por unidade de peso de tecido). É ainda previsível que, em situações de pastoreio, as necessidades energéticas de manutenção sejam acrescidas de uma forma mais importante nos caprinos do que nos ovinos. Ainda que apenas se tenha encontrado referência a um estudo comparativo (CORY 1927, citado por ARNOLD e DUDZINSKI, 1978), os valores referidos indicam

que a distância percorrida, diariamente, foi de 9,6 Km para os caprinos e de 6,1 Km para os ovinos. Porém, como têm menor peso vivo, o custo energético da deslocação será possivelmente menor para os primeiros (DEMMENT e GREENWOOD, 1988).

Quanto à eficiência da utilização de energia para crescimento, apenas se encontrou um estudo, efectuado por ALAM *et al.* (1991), que referiram valores de k_g mais elevados para os caprinos (0,28) que para os ovinos (0,22), apesar de as diferenças não terem sido significativas. Uma informação obtida indirectamente, proveniente do ensaio de THONNEY *et al.* (1987a), parece, no entanto, indicar que os caprinos utilizariam a energia menos eficientemente. Neste trabalho, efectuado com caprinos da mesma raça utilizada pelos autores anteriormente referidos, verificou-se que, para o mesmo intervalo de maturidade, os caprinos necessitavam de mais tempo para atingir a mesma fase de maturidade dos ovinos. O metabolismo intermédio dos endotérmicos é muito semelhante e uniforme, mas existem variações, sobretudo no incremento calórico e na capacidade de adaptação a desequilíbrios (de nutrientes ou térmicos) (VAN SOEST, 1982), e que, eventualmente, poderão resultar em diferenças entre as espécies.

Capacidade gastrointestinal e ruminal

A partir de dados obtidos por medição do conteúdo digestivo, provenientes de 23 espécies de animais fitófagos, PARRA (1978, citado por WESTON e POPPI, 1987) encontrou valores médios de 13,7% da massa corporal para o tracto gastrointestinal (TGI) e de 11,6% da massa corporal para o principal compartimento fermentativo. O padrão geral (como DEMMENT e VAN SOEST, 1982-citados por VAN SOEST, 1982 demonstraram ao analisar dados de 187 espécies de animais fitófagos), consiste numa relação isométrica entre peso vivo e conteúdo em digesta do TGI ($\log y = 1,032 \log x - 0,936$). Contudo, outros autores (BUNNELL e GILLINGHAM, 1985, citados por DEMMENT e GREENWOOD, 1988), utilizando os dados de HOFMANN (1973) que determinou o volume por enchimento com água (em vez de quantificar o conteúdo digestivo), concluíram que o volume varia com o peso metabólico ($MC^{0,75}$), facto que parece ser comprovado pelos resultados

Cap. 2

obtidos por THONNEY *et al.* (1987b). Estes autores verificaram que as raças maiores tinham, comparativamente, menor conteúdo digestivo e que nos caprinos a relação: conteúdo do TGI/ peso vivo era mais elevada que nos ovinos. Apesar do tipo de relação que se estabelece entre massa corporal e capacidade total do TGI estar mal esclarecida, as implicações são evidentes. Quanto menor for a massa corporal de um animal menor será a capacidade do TGI. Em termos relativos, por unidade de peso vivo, os animais mais pequenos podem ter, ou não, maior capacidade, em função da relação que se assume.

Quando se pretende comparar as capacidades digestivas, dever-se-à ter em conta a possibilidade da existência de diferenças na capacidade das secções do TGI. Utilizando o peso dos tecidos como medida, CHURCH (1976) refere que os intestinos de ovinos representam 51-56 % do total do TGI. Para os caprinos, valores referidos por outros autores foram 52,6% (HAMADA, 1973 - valores referentes a um caprino), e 44% (RAI e PANDEY, 1982). É possível que a digestão intestinal seja mais importante nos pequenos ruminantes comparativamente aos grandes ruminantes (nos bovinos a proporção do peso dos intestinos é de 37,7% do total do TGI (CHURCH, 1976)). O volume de diferentes secções do TGI de bovinos e ovinos, indicados por PARRA (1978, citado por VAN SOEST, 1982), parece confirmar esta suposição. Enquanto não se verificam diferenças entre bovinos e ovinos, em relação ao retículo-rumen (9-13% MC), o volume cecal é mais elevado para os ovinos (0,9-1,6% MC) do que para os bovinos (0,8% MC). Estas relações parecem estar de acordo com a sugestão de HUME e WARNER (1980) de que um animal com um padrão filogénico mais primitivo, como parece ser o caso dos caprinos, apresentará proporcionalmente maior volume intestinal.

Outra característica importante, sobre a qual a informação existente é pouco esclarecedora, refere-se à capacidade do retículo-rumen de caprinos e de ovinos. A variabilidade dos resultados existentes é exemplificada pelos dados de GUELTEKIN (1953, citado por BHATTACHARYA, 1980), que, trabalhando com animais com peso vivo semelhante (mas cujas idades se desconhecem), encontrou volumes retículo-ruminais, por enchimento com água, de 20,1 litros para ovinos Ak-Karaman, enquanto que os valores para duas raças de caprinos (Angora e Kil) variavam entre 15,7

e 23,4 litros, respectivamente. Os estudos de cinética digestiva, utilizando marcadores para calcular o volume ruminal (Quadro 4) pouco contribuem para esclarecer esta questão, apesar de, pelos padrões evolutivos e de acordo com o tamanho corporal, ser de esperar que os caprinos tenham um menor volume ruminal (HUSTON, 1978).

Quadro 4 . Valores comparativos do conteúdo ruminal particulado e líquido de caprinos e ovinos, calculados com marcadores.

Volume	Caprinos > Ovinos			Caprinos < Ovinos		
	Cap	Ovi	Referência	Cap	Ovi	Referência
PARTÍCULAS (g / kg ^{0,75})	45	37	Domingue <i>et al.</i> , 1991b	37	40	Domingue <i>et al.</i> , 1991b
	39	25	Domingue <i>et al.</i> , 1991a			
(g)	915	827	Kennedy <i>et al.</i> , 1992	485	748	Kennedy <i>et al.</i> , 1992
				633	976	Kennedy <i>et al.</i> , 1992
				958	978	Kennedy <i>et al.</i> , 1992
FLUÍDO (l / kg ^{0,75})				0,7	1,3	Focant <i>et al.</i> , 1988
				0,5	1,2	Focant <i>et al.</i> , 1988
				0,5	1,0	Focant <i>et al.</i> , 1988
(ml / kg ^{0,75})	294	237	Domingue <i>et al.</i> , 1991b	231	267	Domingue <i>et al.</i> , 1991b
	296	189	Domingue <i>et al.</i> , 1991a			
(l)	4,5	3,8	Watson e Norton, 1982	9,5	10,3	Alrahmoun <i>et al.</i> , 1985
	10,4	8,4	Alrahmoun <i>et al.</i> , 1985	10,5	10,9	Alrahmoun <i>et al.</i> , 1986
	10,0	8,6	Alrahmoun <i>et al.</i> , 1986	5,0	6,8	Quick e Dehority, 1986
				3,7	4,5	Gamble e Mackintosh, 1982

Morfologia gástrica

Segundo HOFMANN (1973) algumas das estruturas macroscópicas, tais como o tamanho dos orifícios de comunicação (*ostium ruminoreticulare*; *ostium reticulum-omasicum*) ou as barreiras interiores (que dificultam a passagem da digesta), são determinadas pelo genótipo e não são afectadas pelo tipo de dieta.

O único estudo comparativo de estruturas anatómicas de caprinos e de ovinos, de que temos conhecimento, é o de GUELTEKIN (1953, citado por BHATTACHARYA, 1980), realizado na Turquia. Envolveu 100 caprinos Angora e Kil e 100 ovinos da raça Ak-Karaman, mas o autor não fornece pormenores tais como dietas utilizadas ou idades dos animais. As conclusões deste estudo apontam para ligeiras diferenças. A nível do rumen, as diferenças mais marcantes são a forma do

Cap. 2

fundo de saco caudoventral, que é mais alongado e estreito, e a *plica coronaria ventralis* que é mais curta nos caprinos. O retículo dos caprinos apresenta menos barreiras ao trânsito da digesta, sendo as principais diferenças o menor número de células reticulares, que são substituídas por papilas em algumas áreas (como, por exemplo, na área debaixo da "goteira esofágica") e a menor quantidade e altura das pregas secundárias das células reticulares. O omaso dos caprinos também se apresenta, aparentemente, menos dividido por barreiras do que o dos ovinos, já que as lâminas omasais de quarta ordem se encontram ausentes (nos bovinos existem lâminas omasais de quinta ordem). No abomaso também existem diferenças, sobretudo na região cárdica que apresenta maior densidade de ductos glandulares nos caprinos.

A morfologia estomacal dos caprinos parece, assim, possuir menores barreiras ao trânsito de partículas do que a dos ovinos, ou seja, as diferenças nas estruturas morfológicas apontam para uma possível diferença funcional. No entanto, a informação bibliográfica disponível é escassa e não muito credível.

2.2. PADRÕES FUNCIONAIS

2.2.1. Padrões morfo-funcionais

O conceito de espécie (do grego εἶδος, que significa forma, e do latim *specere*, que significa ver, olhar), inicialmente baseado, apenas, em afinidades de forma, foi ampliado com as noções de isolamento reprodutivo, genótipo distintivo, e, mais recentemente, com a noção suplementar de nicho ecológico. Segundo este ponto de vista, a evolução de novas formas de vida é explicada através da especiação (formação de espécies) alopátrica, surgindo novas espécies a partir de uma carga parental pré-existente, por isolamento de um pequeno segmento da população, dando origem a diferentes espécies "geográficas" (ELDRIDGE e GOULD 1972, citados por GOULD, 1980).

Na sequência deste novo conceito evolutivo de espécie, as classificações morfo-funcionais representam nova explicação para a diversidade das formas biológicas. As classificações taxonômicas são superadas e surgem agrupamentos que relacionam estrutura com função.

Padrões de comportamento de ingestão

Para JARMAN (1968) e BELL (1969), ambos citados por McNAUGHTON (1987), haveria uma graduação de qualidade nutritiva relacionada com o tamanho corporal e a organização do sistema digestivo poderia contribuir para esta repartição dos recursos alimentares. Estas considerações baseiam-se na tendência manifestada por diferentes espécies de herbívoros africanos, de diferente tamanho corporal, para se alimentarem em diferentes estratos vegetais (Figura 2).

Figura 2. Representação dos hábitos alimentares de camelídeos, caprinos, ovinos e bovinos (segundo Von Engelhardt *et al.*, 1988).



Com base nas comparações morfológicas de estômagos, pertencentes a 26 espécies de ruminantes selváticos da África Oriental (263 animais), e no tipo de dieta utilizada por esses animais, HOFMANN (1973) agrupou os ruminantes africanos em três categorias:

(i) **ingestores de concentrados:** animais com rumen mais "primitivo", de capacidade reduzida, com barreiras digestivas reduzidas ou ausentes e aumento da superfície de absorção da mucosa através de uma maior densidade de papilas. O trânsito da digesta, é, conseqüentemente, facilitado.

Cap. 2

Estes animais alimentam-se de recursos ricos em água e em glúcidos não estruturais (tais como frutos e folhagem de árvores e de arbustos), pelo que utilizam habitualmente o estrato arbustivo (folívoros ou filófagos) (Quadro 5).

(ii) **ingestores de grosseiros:** animais com rumen de grande capacidade e que ingerem dietas à base de ervas. Utilizam com mais frequência o estrato herbáceo (herbívoros) (Quadro 5).

(iii) **ingestores intermédios:** animais caracterizados por terem rumen de capacidade intermédia e utilizarem dietas mistas (de alimentos concentrados e grosseiros) dependendo de adaptações sazonais e regionais.

Quadro 5. Algumas características morfo-funcionais dos ruminantes ingestores de alimentos grosseiros ou concentrados (segundo Kay *et al.*, 1980).

	Ingestor de grosseiros (herbívoros)	Ingestor de concentrados (folívoro)
Capacidade ruminal	+	-
Pilares ruminais	+	-
Papilas ruminais	-	+
Reticulo	-	+
Omaso	+	-
Glândulas salivares (parótidas)	-	+
Tempo de retenção	+	-
Taxa de fermentação	-	+
Bactérias celulolíticas	+	-
Protozoários (diversidade)	+	-

(+) relativamente maior ou mais desenvolvido; (-) relativamente mais pequeno ou menos desenvolvido

Esta classificação foi generalizada, posteriormente, a ruminantes domésticos e a animais não ruminantes (VAN SOEST, 1982), e tanto caprinos como ovinos têm sido considerados ingestores intermédios.

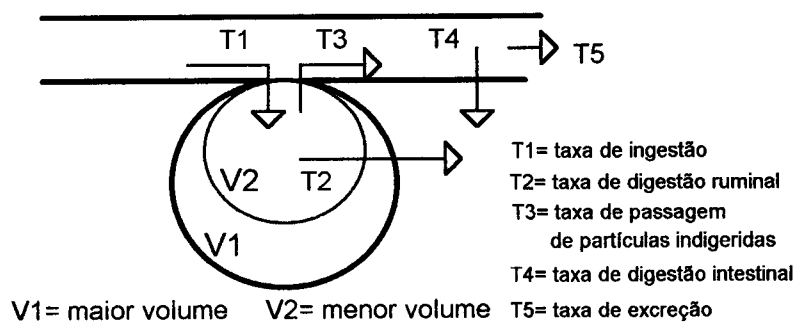
Padrões de fermentação microbiana

Consoante o tipo de digestão microbiana predominante, os animais fitófagos podem ser considerados **fermentadores pré-gástricos** ou **fermentadores intestinais** (HUME e WARNER, 1980). Os animais com fermentação microbiana do tipo pré-gástrico são mais recentes na história evolutiva que os fermentadores intestinais (ver padrões filogénicos - pp.11) e encontram-se repartidos por várias ordens taxonómicas, apresentando uma série de características comuns:

alargamento da capacidade do estômago, presença da goteira esofágica, aumentos do fluxo salivar e da actividade da ribonuclease microbiana, baixas concentrações sanguíneas de glucose e substituição da mucosa glandular do estômago primitivo por epitélio escamoso (HUME e WARNER, 1980).

Por sua vez, os animais com este tipo de fermentação foram classificados em **fermentadores ruminantes** (subordem *Ruminantia* e *Tilopodia*) ou **fermentadores não ruminantes**, consoante apresentam ou não ruminação. Os fermentadores ruminantes, nos quais se incluem os caprinos e os ovinos, possuem um mecanismo anatomo-funcional que lhes permite reter, selectivamente, as partículas alimentares. O tempo de retenção das partículas de digesta no retículo-rumen afecta todas as taxas, nomeadamente as de consumo, digestão e passagem, e é influenciado pelo volume do compartimento (Figura 3).

Figura 3. Esquematisação das várias taxas associadas com a fermentação do alimento e com o volume ruminal (segundo Huston, 1978).

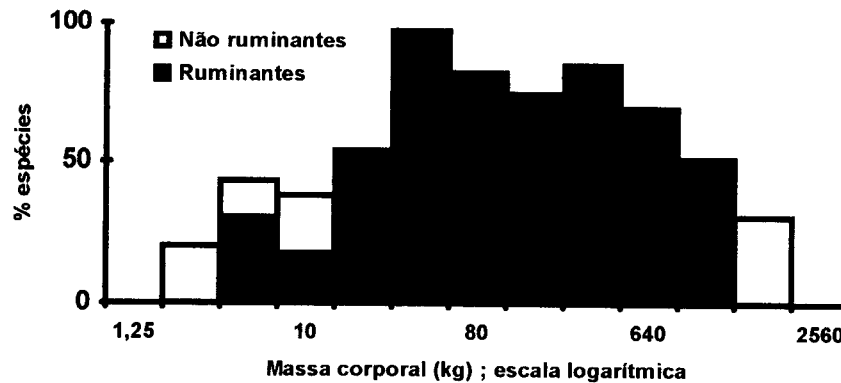


Um menor volume, já que os conteúdos celulares são fermentados mais rapidamente, favorece a taxa de passagem de partículas indigeridas, o decréscimo da taxa de digestão ruminal e cria condições para o aumento da taxa de consumo.

Devido a este fenómeno de retenção, os fermentadores ruminantes apresentam maior digestão da fibra do que os fermentadores não ruminantes. Em contrapartida, os não ruminantes mastigam melhor o alimento e consomem maiores quantidades de alimentos fibrosos. O tamanho corporal parece determinar esta organização funcional, ocupando os ruminantes uma gama intermédia de tamanhos corporais (Figura 4).

Cap. 2

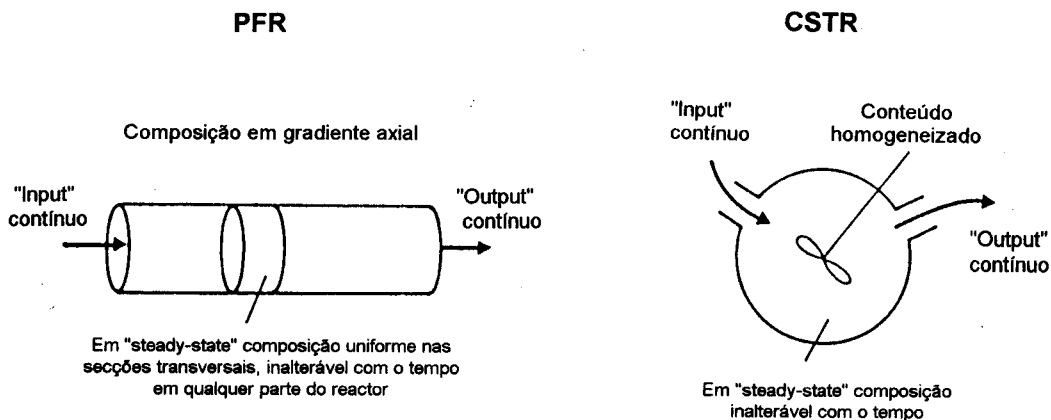
Figura 4. Massa corporal e tipo de organização do sistema digestivo de 187 espécies de herbívoros africanos, com fermentação gástrica (segundo Demment e Van Soest 1982, citados por Van Soest, 1982)



Padrões de organização do sistema digestivo

Algumas das relações entre tamanho corporal, utilização do alimento e sistema digestivo são esclarecidas pela abordagem de HUME e SAKAGUCHI (1991). Estes autores aplicaram a todos os mamíferos fitófagos os modelos mecanicistas de PENRY e JUMARS (1987, citados por HUME e SAKAGUCHI, 1991), criados com base na analogia entre os reactores químicos e o funcionamento dos sistemas digestivos. Diferenciam-se consoante o tipo de entrada e mistura dos reagentes em reactores de **fluxo contínuo sem mistura** ("Plug-flow reactors"-PFR) e de **fluxo contínuo com mistura** ("Continuous-flow, stirred-tank reactors"-CSTR) (Figura 5).

Figura 5. Modelos mecanicistas de reactores químicos ideais (segundo Hume e Sakaguchi, 1991)



No primeiro, o fluxo de material é contínuo, o compartimento é de secção tubular e os reagentes não se misturam, criando-se uma graduação de concentrações. Este tipo de reactor

possibilita a maior taxa de formação de produtos de reacção no menor tempo e volume, apesar da extensão da reacção não ser elevada. No reactor CSTR o fluxo de material é contínuo, o compartimento de reacção é esférico e os reagentes são imediatamente diluídos após a entrada, o que reduz a concentração e a taxa de reacção. Contudo, a conversão de material pode ser elevada se o fluxo for lento.

Os sistemas digestivos dos animais fitófagos podem ser descritos como sendo constituídos por várias combinações destes modelos. Enquanto o intestino delgado é melhor representado por um PFR típico, os principais compartimentos fermentativos (pré-gástricos; ceco-colon) podem assemelhar-se a diferentes tipos de reactores, em diferentes grupos de animais. No caso dos fermentadores pré-gástricos ruminantes, o modelo do compartimento fermentativo é um CSTR modificado. Já os fermentadores pré-gástricos não ruminantes e os fermentadores intestinais têm vários "desenhos", desde CSTR a PFR modificados, consoante o tamanho corporal. Assim, a digestibilidade de uma mesma dieta consumida por diferentes animais deste último grupo tende a ser idêntica, independentemente do tamanho corporal. Nos ruminantes, com um único tipo de organização do sistema digestivo, a digestibilidade de uma mesma dieta tende a ser superior nos animais com maior peso vivo e maior tempo médio de retenção.

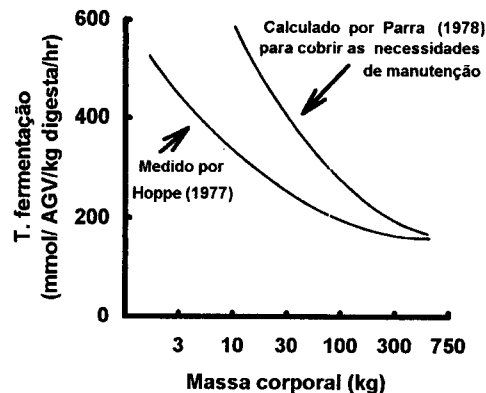
A par de um menor tempo de retenção, os pequenos ruminantes têm maiores necessidades energéticas, o que os limita a dietas com baixos teores de paredes celulares, condicionando os seus hábitos alimentares. Mesmo assim, as taxas fermentativas não são suficientes para suprir as necessidades energéticas para manutenção (Figura 6), pelo que necessitam de fontes adicionais de energia.

A digestão no intestino delgado de células microbianas produzidas no retículo-rumen, a passagem directa de partículas alimentares para o intestino delgado ou, ainda, a fermentação no ceco-colon proximal podem ser algumas das alternativas. Quanto menor o tamanho corporal maior seria o contributo da digestão a nível intestinal (já que mais matéria orgânica escaparia à

Cap. 2

fermentação ruminal, devido ao menor volume do rumen). O volume do intestino grosso, apesar de menor que o volume ruminal (equivalente a cerca de 20% - HOOVER, 1978), como apresenta tempos de retenção superiores aos verificados no rumen (10-29 h) (ULYATT *et al.* 1975, citados por STEVENS *et al.*, 1980), possibilita capacidades de fermentação semelhantes, podendo ser responsável pela digestão de 27% a 35% da celulose e 40% da hemicelulose (WARNER *et al.*, 1972; HOOVER, 1978; ARIELI e SKLAN, 1985).

Figura 6. Relação entre a taxa de fermentação e massa corporal, comparada com a taxa de fermentação necessária para cobrir as necessidades energéticas (Van Soest, 1982)



Algumas das diferenças entre caprinos e ovinos podem, por isso, ser consequência do diferente tamanho corporal, o que afecta os hábitos alimentares, a digestão e trânsito do alimento. Uma melhor compreensão das diferenças atrás referidas requer uma análise mais detalhada destes parâmetros.

2.2.2. Comportamento de ingestão

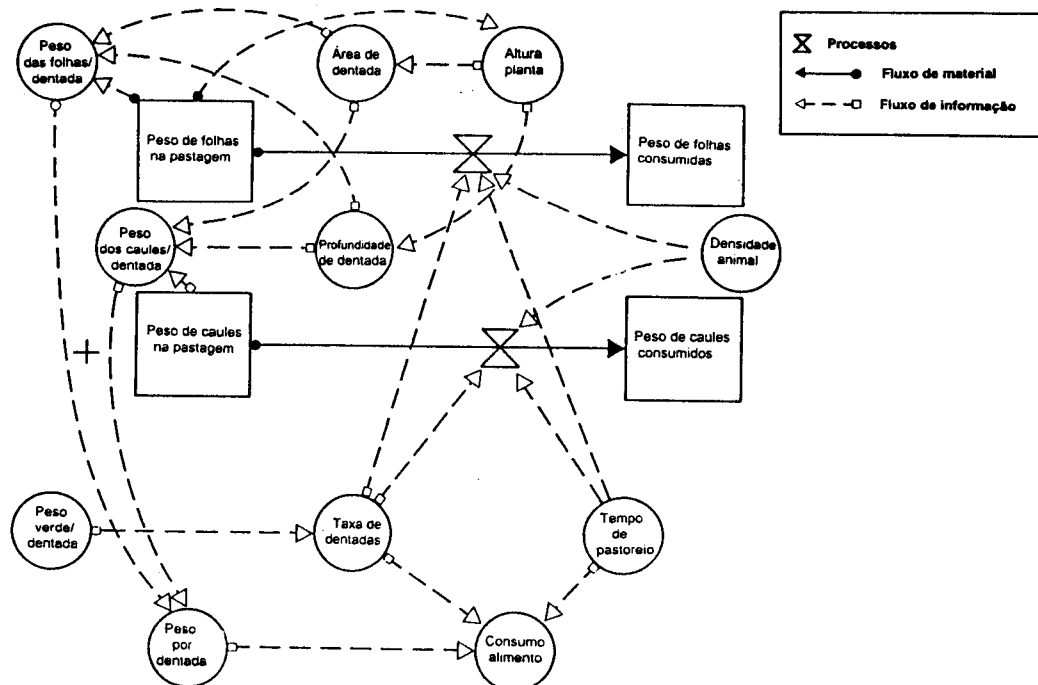
O comportamento de ingestão é a resposta animal às modificações dos meios interno e ambiental (FRASER, 1985b). Tal como os comportamentos de reacção, exploração, locomoção, associação, conforto, territorialismo e repouso, o de ingestão faz parte do comportamento de manutenção da homeostase (FRASER, 1985a).

O maior contributo para encarar o comportamento de ingestão, como um fenómeno muito mais complexo do que o da mera ingestão, veio dos ecologistas e etologistas. Para estes, a selecção

natural utiliza a variação genética para promover a conservação de genes que permitem expressar características comportamentais vantajosas para a sobrevivência em condições de "stress" (McNAUGHTON, 1987). Os comportamentos que resultam de adaptações genéticas a situações previsíveis, são comportamentos inatos (BEILHARZ, 1985a), como por exemplo a fome. Esta interpretação foi aplicada originalmente por MacARTHUR e PIANKA (1966 - citados por HANLEY, 1982; MALECHEK e BALPH 1987 e DEMMENT e GREENWOOD, 1988) à ingestão em pastoreio e é conhecida como "teoria da alimentação para otimizar o fornecimento de nutrientes". Postula que os animais se alimentam de modo a obter a maior quantidade possível de calorias por unidade de tempo gasto a comer. As ações passadas determinam subseqüentes respostas comportamentais, que representam os comportamentos adquiridos (BEILHARZ, 1985b). Os comportamentos de ingestão adquiridos resultam de fenômenos de facilitação e aprendizagem social (MALECHEK e BALPH, 1987), mas também de reforços, positivos ou negativos, que surgem quando plantas específicas são amostradas ou ingeridas (PROVENZA e BALPH, 1988).

Nesta perspectiva, o comportamento de ingestão é simultaneamente inato e adquirido. É determinado geneticamente, mas é, também, consequência das interações que o animal estabelece com o meio, deixando as plantas de ser encaradas como intervenientes passivos (Figura 7).

Figura 7. Dinâmica do consumo de alimento (segundo Arnold, 1985).



Cap. 2

O enquadramento teórico dos factores e das interações intervenientes no comportamento de ingestão foi realizado no trabalho pioneiro de ARNOLD e DUDZINSKI (1978), a que se seguiram outros (ARNOLD, 1981; HODGSON, 1982; ARNOLD, 1985; WESTON e POPPI, 1987). O comportamento de ingestão pode ser medido a uma variedade de níveis de organização ou de escalas de tempo. Para facilidade de exposição, compararemos dados referentes ao comportamento de ingestão de caprinos e de ovinos, em termos de mecânica do processo, do consumo de alimento e de água, da escolha da dieta e de padrões circadianos ou sazonais (apesar desta separação nem sempre ser evidente).

Mecânica do processo de ingestão

O processo de ingestão inicia-se com a introdução do alimento na boca. Reúne as várias actividades, efectuadas na cavidade bucal, que se exercem sobre o alimento (preensão, apreciação sensorial, mastigação, insalivação e deglutição). Os mecanismos fisiológicos do controlo da ingestão em ruminantes foram revistos por FREER (1981), HODGSON (1985), deJONG (1986) e BAILE e McLAUGHLIN (1987), e pressupõe-se que são idênticos em todos os mamíferos fitófagos (WESTON e POPPI, 1987).

A análise da mecânica do processo de ingestão poderá esclarecer possíveis diferenças entre caprinos e ovinos. Sendo, embora, reconhecidas as diferenças entre algumas espécies de ruminantes, no que diz respeito à actividade de preensão (ARNOLD, 1985), tais diferenças não foram comprovadas directamente entre caprinos e ovinos. Alguns autores referem que os caprinos têm lábios mais móveis e focinhos mais estreitos (MALECHEK e PROVENZA, 1981; LU, 1988). Esta diferença morfológica permitir-lhes-ia melhor intromissão dos focinhos nos estratos vegetais e dentadas mais pequenas, comparativamente aos ovinos, ampliando a sua capacidade discriminante.

Algumas diferenças marcantes ocorrem no que se refere à apreciação sensorial do alimento, sobretudo em relação ao sabor. Desconhecem-se respostas à textura e, no que respeita ao odor, a informação restringe-se a ensaios efectuados com ovinos (ARNOLD *et al.*, 1980).

GOATCHER e CHURCH (1970a, 1970b) investigaram os limiares sensitivos dos caprinos e outros ruminantes a quatro sabores básicos: doce, salgado, amargo e ácido. O seu trabalho indica que os caprinos diferem tanto na sensibilidade como na rejeição dos quatro sabores, tendo uma amplitude de apreciação sensorial do alimento superior. Os caprinos são mais sensíveis, ou seja, detectam compostos particulares a mais baixas concentrações. São igualmente mais tolerantes, aceitando um determinado composto a concentrações relativamente altas. A ordenação de preferência de sabores também difere entre caprinos e ovinos. Para os caprinos, a série de preferências foi amargo>ácido>salgado>doce; enquanto que, nos ovinos, foi amargo>ácido>doce>salgado. No seu conjunto, a prensão e apreciação sensorial conferem distintas potencialidades às duas espécies, quando se trata de escolherem a dieta.

A nível da mastigação, a sua eficiência, que reflecte a capacidade para reduzir as partículas alimentares, depende de cinco factores (ULYATT *et al.*, 1986): (1) a articulação das mandíbulas com o crânio (que determina quais as forças aplicadas sobre os alimentos durante a mastigação); (2) a superfície trituradora dos dentes ($\text{mm}^2/\text{MC}^{0,75}$); (3) a frequência da mastigação (número de movimentos da mandíbula. mn^{-1}); (4) a duração da mastigação e (5) a natureza da dieta.

Os aspectos anatómicos e a frequência da mastigação parecem ser características genóticas (ULYATT *et al.*, 1986), estando esta última relacionada, não linearmente, com o tamanho corporal ($\text{MC}^{0,27}$) (ILLIUS e GORDON, 1991), existindo diferenças significativas entre indivíduos da mesma espécie (LEE e PEARCE, 1984; NELSON, 1988). A única informação publicada a que tivemos acesso, que compara eficiências da mastigação entre caprinos e ovinos (DOMINGUE *et al.*, 1991c), refere valores significativamente mais elevados para os primeiros (85%) do que para os segundos (48%), resultantes, principalmente, de uma maior frequência da mastigação (154 vs 128 n° de mastigações. mn^{-1} , respectivamente para caprinos e ovinos). A percentagem de partículas resultantes, inferiores a 1 mm, que chegaram ao rumen, foram mais elevadas nos caprinos (78,6%) do que nos ovinos (60,6%), tendência igualmente verificada por MASSON *et al.* (1990).

Cap. 2

Já a duração da mastigação não parece ser afectada pelo peso vivo (DULPHY, 1971), mas pode estar relacionada com o sistema proprioceptivo das espécies (POND *et al.*, 1990). Os estudos efectuados referentes à comparação directa das duas espécies, se bem que limitados, indicam que, frequentemente, os caprinos gastam mais tempo a ingerir do que os ovinos (Quadro 6 - pp.39).

Quanto à produção de saliva, ela é maior durante a mastigação do que em repouso, já que as glândulas parótidas e sublinguais segregam continuamente, mas o fluxo sanguíneo aumenta durante a ingestão de alimento (BARNES *et al.*, 1986). As submaxilares apenas estão activas durante o processo de ingestão (BAILEY e BALCH, 1961). Por isso, uma maior duração da mastigação, que parece ser uma característica inata das espécies animais, nomeadamente dos caprinos, como referido anteriormente, motiva uma maior produção de saliva. Os dados referentes à taxa de secreção salivar das duas espécies parecem confirmar estas conclusões. Os caprinos apresentam taxas de secreção salivar mais elevadas do que os ovinos. DOMINGUE *et al.* (1991c) observaram valores aparentes de 7,8 e 5,8 g/g MSI, e SETH *et al.* (1976, citados por ALRAHMOUN, 1985), de 1,2 e 0,9 ml/g MSI, para caprinos e ovinos, respectivamente. Esta característica aproxima os caprinos dos ingestores de concentrados.

Tendo os caprinos maior secreção salivar do que os ovinos, uma melhor reciclagem de azoto nesta espécie foi sugerida por LOUCA *et al.* (1982). DOMINGUE *et al.* (1991c) observaram concentrações de azoto mais elevadas na saliva de caprinos (1,48 mg N/g MO) que na de ovinos (0,50 mg N/g MO). Contudo, quer a taxa de secreção quer a composição química da saliva, nomeadamente a concentração em azoto ureico, são influenciadas pela dieta.

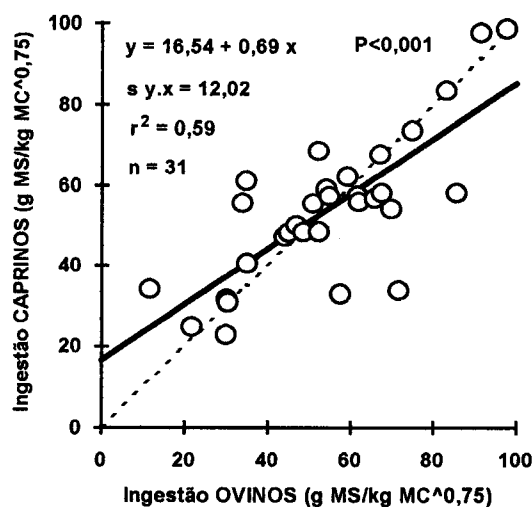
Quantidade consumida

As características analisadas anteriormente levar-nos-iam a esperar que os caprinos ingerissem, comparativamente aos ovinos, alimento em menor quantidade mas de melhor qualidade. Porém, uma das ideias prevalecentes na literatura é a de que os caprinos têm maiores ingestões de matéria seca que os ovinos e bebem menos água.

Afim de verificar se estas tendências são sistemáticas, agrupámos os resultados provenientes de 38 ensaios comparativos (106 pares de dados), revistos durante a pesquisa bibliográfica, e que apresentamos em anexo dada a extensão dos dados (anexo 1). Usámos estes ensaios para analisar em que percentagem do total das comparações os caprinos ou os ovinos demonstravam ingestões superiores comparativamente à outra espécie. Verificámos que os caprinos apresentaram valores de ingestão de MS ou de MO, por quilograma de peso metabólico, significativamente superiores aos dos ovinos em 21,7% das comparações. Neste conjunto de dados, os consumos dos ovinos foram significativamente superiores aos dos caprinos na mesma proporção (21,7%). Apesar do conjunto de valores não ser elevado, não nos parece que se possa alegar que a ingestão de alimentos é uma característica fisiológica distintiva das espécies.

Procedemos, ainda, a uma análise de regressão dos dados de ingestão de MS destes ensaios, de forma a verificar em que situações alimentares as espécies se distinguem. Os resultados, apresentados na Figura 8, permitem observar que, com alimentos cujos consumos são baixos, tais como alimentos fibrosos, os caprinos têm tendência para apresentar valores mais elevados. Esta situação está de acordo com as conclusões de ALAM *et al.* (1985) e de TISSERAND e MASSON (1987), de que os caprinos manifestam maiores ingestões de alimento quando as forragens são pobres em PB e têm valores de DMO inferiores a 60%.

Figura 8. Relação das ingestões voluntárias de caprinos e ovinos, alimentados com as mesmas dietas. A recta tracejada é a recta de equivalência unitária, quando o consumo das espécies é idêntico ($y=x$).



Cap. 2

As explicações iniciais, para as ingestões mais elevadas por parte dos caprinos, passavam pela hipótese de uma maior capacidade ruminal (GIHAD *et al.*, 1980). Posteriormente considerou-se que se tratava do resultado de discriminação na ingestão, o que possibilitaria uma menor repleção ruminal. Contudo, os resultados da quantificação do valor nutritivo de refugos, em ensaios em estabulação, parecem não suportar esta hipótese. As espécies não demonstraram diferenças (QUICK e DEHORITY, 1986), ou o alimento residual, no caso dos caprinos, apresentava um valor nutritivo mais elevado (BROWN e JOHNSON, 1985; WAHED e OWEN, 1986). Estes últimos autores concluíram que o superior consumo de alimento pelos caprinos, seria, apenas, um reflexo de necessidades energéticas mais elevadas (relacionadas com a massa corporal). Outra possível explicação é a de um trânsito digestivo mais rápido nos caprinos, consequência do menor volume ruminal.

Quanto ao consumo de água, após a análise dos ensaios referidos (anexo 1), parece verificar-se a tendência sugerida de que os caprinos ingerem menores quantidades. Em 49 pares de comparações os caprinos apresentaram resultados inferiores em 77,6% do total. A menor ingestão de água poderá ser explicada por uma menor taxa de *turnover* da água corporal, relacionada com a capacidade de reduzir as perdas de água através da concentração da urina e fezes (ROBERTSHAW, 1982, citado por ANTONIOU e HADJIPANAYIOTOU, 1985).

Dadas as interdependências existentes entre quantidades consumidas de água e de alimento, já que a redução de uma influencia a redução da outra (KHAN e GHOSH, 1981; LEUCHT, *et al.*, 1991), esta aparente tendência para ingestões de alimento ligeiramente mais elevadas e menores consumos de água, poderá representar uma característica adaptativa a dietas de má qualidade, inerente aos caprinos e com reflexos na fermentação ruminal. Contudo, existem autores que criticam as comparações feitas com base na matéria seca, como pouco indicativas e erróneas, sugerindo que sejam feitas em termos de energia digestível (WESTON e POPPI, 1987). De qualquer modo, não deixa de ser curiosa esta propensão dos caprinos para manterem ingestões mais elevadas com alimentos de pior valor nutritivo, o que só será possível, através de um aumento do volume ou do trânsito das partículas.

Escolha da dieta

Existem vários conceitos, referentes à escolha da dieta pelos caprinos, que têm vindo a ser generalizados e tacitamente aceites. Supõe-se que os caprinos são mais selectivos de que os ovinos, e, ainda, que são essencialmente folívoros, particularidade que lhes permite ingerir menores quantidades de fibra.

A capacidade de escolher a dieta é exercida tanto pelos ovinos como pelos caprinos. Contudo, importa ter em conta algumas determinantes da capacidade dessa escolha. Numerosos factores influenciam, reconhecidamente, a escolha da dieta. Revisões sobre este assunto foram publicadas por ARNOLD (1985), MALECHEK e BALPH (1987), BLACK *et al.* (1987) e PROVENZA e BALPH (1988). De um modo geral, os animais escolhem uma área para pastorear e, seguidamente, escolhem a dieta. Tal escolha é função não só das preferências mas, também, das aptidões físicas e comportamentais.

Quando se comparam as aptidões físicas para a escolha da dieta, verificam-se capacidades diferentes. A área que potencialmente pode ser pastoreada por caprinos e por ovinos, e consequentemente a biomassa disponível, é mais ampla para os primeiros, os quais utilizam estratos vegetais mais variados. NICOL e COLLINS (1990) verificaram que a colheita do alimento era feita sobretudo no estrato vegetativo à altura de 80-120 cm tanto pelos ovinos como pelos caprinos. Mas, estes últimos, pastaram mais perto do chão, com maior contribuição do estrato entre os 40-80 cm de altura. Para além de poderem colher o alimento mais abaixo, também o podem fazer a um nível mais elevado de que os ovinos (até 2 m de altura segundo LU, 1988), utilizando, frequentemente, a postura bipedal (KILGOUR, 1985). A sua capacidade para disporem de mais biomassa resulta, ainda, do leque vegetal mais variado, susceptível de utilização (os caprinos exibem maior amplitude de tolerância e sensibilidade a diferentes sabores - ver pp. 29).

A maior área potencial de pastoreio dos caprinos, resulta, igualmente, de características comportamentais. Os caprinos têm um comportamento de reacção e de exploração mais desenvolvido, percorrem maiores distâncias, ultrapassam sem dificuldade os obstáculos (saltam ou

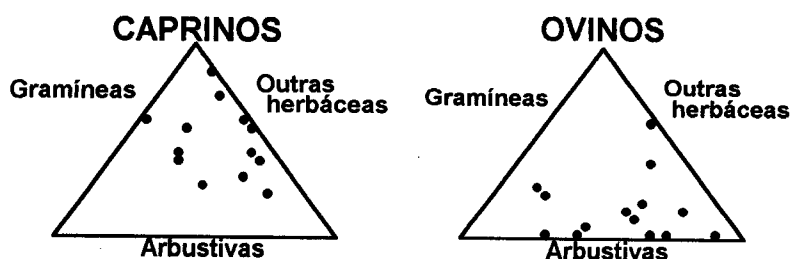
Cap. 2

escavam buracos para passar por debaixo de vedações (KILGOUR, 1985), e utilizam, assim, locais normalmente não acessíveis aos ovinos (HARRINGTON, 1986a , 1986b). Estes têm um comportamento gregário acentuado, o que implica um espaço mais reduzido entre dois animais, e, conseqüentemente, maior limitação da vegetação disponível (LECRIVAIN *et al.*, 1990).

Tendo os caprinos, comparativamente aos ovinos, capacidade para a escolha de dietas mais variadas, será de esperar que a composição botânica destas se distancie da composição florística da pastagem em maior grau do que as dietas dos ovinos. WARREN *et al.* (1984) ,utilizando o índice de correlação de Spearman, demonstraram que os caprinos têm maior tendência para utilizar dietas diferentes da biomassa disponível (0,12 e 0,14 para as raças Spanish e Angora). Os índices relativos a ovinos foram 0,22, 0,22 e 0,31, respectivamente para as raças Barbado, Rambouillet e Karakul.

Assim, a dieta preferida por caprinos e por ovinos, caracterizada em termos de composição botânica, difere frequentemente. Na Figura 9 estão representados resultados referentes a hábitos alimentares de caprinos e de ovinos, em pastoreio extensivo. Estes resultados foram retirados de uma revisão bibliográfica bastante completa, sobre os hábitos alimentares de animais fitófagos em extensivo (num total de 575 dados referentes a 43 espécies, dos quais 21 dados de caprinos e 74 de ovinos), efectuada por VAN DYNE *et al.* (1980). O tipo de tratamento de dados utilizado (médias anuais) permite evidenciar diferentes hábitos alimentares, como o consumo de arbustivas mais elevado por parte dos caprinos, apesar de obscurecer a variação sazonal e a existente entre as espécies vegetais ingeridas.

Figura 9. Composição botânica anual de dietas de caprinos e de ovinos, por tipo de plantas
(Os pontos representam as médias anuais de composição botânica das dietas. A contribuição de cada tipo de plantas para a dieta é tanto maior quanto mais afastado o ponto estiver do eixo que representa o respectivo tipo).



Uma informação, mais precisa, é fornecida pelo índice de semelhança de Kulczynski que estima a sobreposição da composição botânica das dietas de animais, sujeitos às mesmas condições ambientais, através das percentagens dos diferentes componentes da dieta (espécies vegetais e partes de plantas). WARREN *et al.* (1984) verificaram que as dietas de raças da mesma espécie têm maior semelhança do que as dietas de espécies diferentes. A semelhança entre dietas de caprinos (2 raças) foi de 69%, e entre dietas de ovinos (3 raças) de 76%. Entre espécies, as semelhanças das dietas foram de 52%. (comparação da raça Spanish com ovinos) e de 63% (comparação da raça Angora com ovinos). A composição florística da pastagem determina o grau de sobreposição das dietas. No ensaio efectuado por CLARK *et al.* (1982) as semelhanças das dietas de caprinos e de ovinos foram menores quando a pastagem tinha mais arbustivas disponíveis (12%) e maiores quando predominaram as gramíneas (89%). Em qualquer dos ensaios referidos anteriormente, apesar da percentagem de arbustivas ser mais elevada nas dietas dos caprinos, em média, as gramíneas foram sempre o tipo de plantas que contribuiu em maior percentagem para as dietas de ambas as espécies.

Por tal, seria de esperar que a diversidade na composição botânica influenciasse a composição química do alimento ingerido. PFISTER e MALECHECK (1986) verificaram que o teor médio de proteína nas dietas ingeridas pelos caprinos, durante um ano, era mais elevado que o observado nos ovinos. No entanto, não encontraram diferenças para a IVDMO e para o teor em fibra nas dietas ingeridas, não sendo aparente que os caprinos se tenham comportado como ingestores de concentrados. Pelo contrário, outros autores observaram maior concentração azotada (ZEEMAN *et al.*, 1984) e valores mais elevados de IVDMO (ZEEMAN *et al.*, 1983; GURUNG *et al.*, 1985) nas amostras esofágicas de ovinos. A informação é restrita mas, aparentemente, a maior capacidade de selecção dos caprinos não implica dietas com melhor valor nutritivo. Assim, as motivações para a escolha de dietas diferentes da biomassa presente, podem estar relacionadas com fenómenos de hedifagia (ingerir para maximizar sensações agradáveis) e não de eufagia (ingerir para aumentar o valor nutritivo), como normalmente se assume.

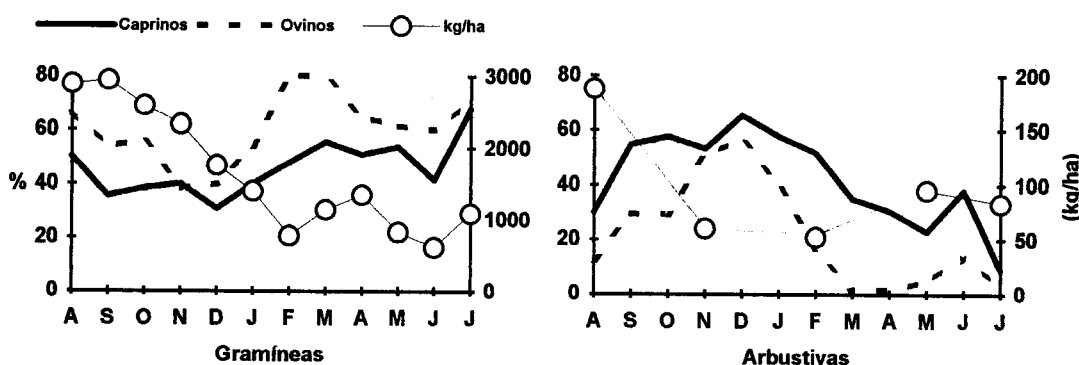
Cap. 2

As características dos caprinos, quer as morfológicas que vimos anteriormente (tamanho mais pequeno, maiores necessidades energéticas, diferente morfologia gástrica) quer as relacionadas com a ingestão de alimento (maior mastigação, salivação, capacidade discriminante e possibilidade de escolha e, ainda, preferência por arbustivas) parecem aproximá-los dos ingestores de concentrados. LU (1988) sugere que, no entanto, os caprinos deveriam ser considerados ingestores intermédios oportunistas, porque se adaptam mais rapidamente a variações sazonais ou geográficas. Contudo, apesar das variações mensais no tipo de plantas escolhido, a ingestão de energia digestível, não parece sofrer o mesmo tipo de oscilações (RAMIREZ *et al.*, 1990).

Padrão sazonal

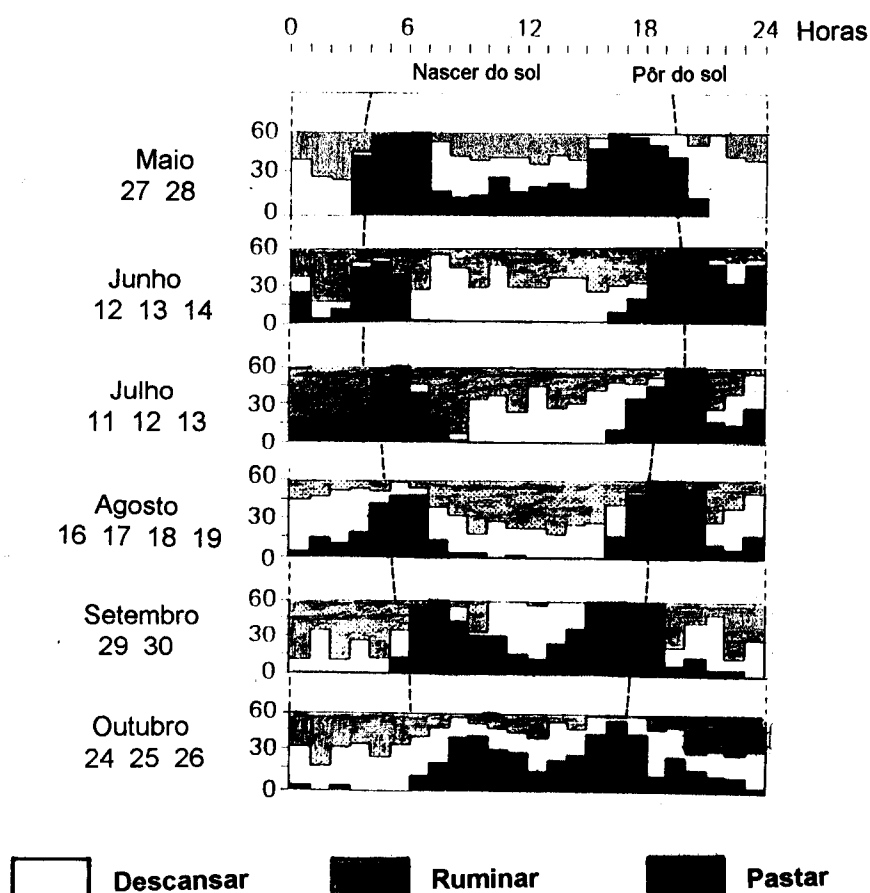
Os ensaios de HARRINGTON (1986a, 1986b) e os de PFISTER e MALECHECK (1986), efectuados em pastoreio extensivo de pastagens naturais, demonstraram que as espécies vegetais preferidas e consumidas por caprinos e ovinos eram as mesmas, mas que, quando o "stress" nutritivo era maior, devido a limitações de qualidade ou quantidade da forragem, tendiam a diferenciar-se. Os caprinos consumiram mais arbustivas, material seco e sementes, e os ovinos aumentaram o consumo de outras herbáceas. A mesma tendência é observável na Figura 10, tendo os ovinos, neste caso, aumentado o consumo de gramíneas quando decresceu a biomassa disponível.

Figura 10. Padrão sazonal de variação da composição botânica de dietas de caprinos e de ovinos, e da quantidade presente na pastagem (adaptado de Bryant *et al.*, 1979)



Para além da composição botânica, também o consumo de alimento e as actividades do comportamento de ingestão (Figura 11) se alteram, periodicamente, ao longo do ano. A alteração destas e de outras actividades animais (por exemplo: sexual), é condicionada por modificações endócrinas que têm importantes efeitos globais sobre a actividade metabólica (FORBES, 1986a) e as necessidades energéticas. Os estímulos ambientais, nomeadamente o fotoperíodo (BARRY *et al.*, 1991), são determinantes na alteração daquelas secreções hormonais.

Figura 11. Padrão sazonal de ingestão, ruminação e descanso em ovinos (adaptado de Leclerc e Lecrivain, 1979, citados por Arnold, 1985)



Em alguns animais selváticos, como o veado (HOLTER *et al.*, 1977), e também em caprinos (CHENOST, 1972), as alterações sazonais de consumo de alimento são acentuadas, não se passando o mesmo com os ovinos domésticos (DOMINGUE *et al.*, 1991). O padrão sazonal da quantidade consumida parece dever-se a modificações do volume ruminal, se bem que seja difícil discernir

Cap. 2

entre causa e efeito. Esta capacidade de alterar o volume ruminal está relacionada com taxas mais rápidas de utilização de metabolitos, com a conseqüente redução da estimulação dos quimiorreceptores envolvidos no controlo da ingestão (FORBES, 1986a). Já a digestibilidade resulta da relação entre o volume e o tempo de retenção. DOMINGUE, *et al.*(1991b) verificaram, em veados, que o aumento de consumo de alimento (35%) é acompanhado por um aumento de volume ruminal (51%). A digestibilidade não foi afectada porque diminuiu a taxa de passagem. Nos caprinos, o aumento de consumo de alimento (17%) acompanhou o aumento de volume ruminal (27%), mas diminuiu a digestibilidade da matéria seca, conseqüência do aumento da taxa de passagem. Idênticas diminuições nos valores de digestibilidade, em caprinos, devidas ao aumento da taxa de passagem são referidas por HUSTON *et al.*(1986).

Padrão circadiano

Os ritmos biológicos definem-se como modificações biológicas recorrentes, função do tempo, reprodutíveis e validadas estatisticamente (BUENO e FIORAMONTI, 1980). Cada série biológica temporal é caracterizada pelo período e amplitude. Assim, para além dos ritmos sazonais, regulados por factores ambientais, existem ritmos circadianos.

Os padrões circadianos de consumo de alimento e água são estabelecidos pelas frequência e duração de cada uma das actividades executadas diariamente, relacionadas com a ingestão e processamento do alimento: mastigação e ruminação (ARNOLD, 1985), motilidade do TGI (WYBURN, 1980 e BUENO e FIORAMONTI, 1980), repleção ruminal (THOMSON *et al.*, 1985), características físicas da digesta (EVANS *et al.*, 1973) e excreção fecal e urinária (MINSON e COWPER, 1966). A alternância entre aquelas actividades depende, sobretudo, da fisiologia digestiva das espécies, notando-se diferenças marcantes entre ruminantes e não ruminantes (ARNOLD e DUDZINSKI, 1978; BUENO e FIORAMONTI, 1980).

O padrão diário de frequência de consumo de alimento é idêntico, tanto em estabulação como em pastoreio, apesar de, nesta última situação, coexistir a procura de alimento. Em pastoreio

fazem duas grandes refeições por dia, uma a seguir ao nascer do sol e a outra antes do crepúsculo, com períodos de ingestão intermédia de curta duração (ARNOLD e DUDZINSKI, 1978). Em estabulação os animais efectuam o maior número de refeições durante o período diurno, com dois picos, um ao princípio e o outro ao fim do dia (DULPHY *et al.*, 1980) ruminando mais durante o período nocturno (DOMINGUE *et al.*, 1991c).

CORY (1927, citado por ARNOLD e DUDZINSKI, 1978), verificou que, em pastoreio, os caprinos gastam mais tempo (6,6 h) na procura e ingestão de alimento do que os ovinos (5,9 h). Observando o Quadro 6, elaborado com um objectivo meramente ilustrativo, verifica-se que também em estabulação os caprinos parecem gastar diariamente mais tempo com a ingestão, possivelmente porque realizam um maior número de refeições, e demoram mais tempo a mastigar o alimento (maior duração unitária de ingestão, ou seja menor taxa de ingestão), se bem que o consumo tenha sido inferior ao dos ovinos. Mesmo quando o consumo de alimento foi superior em caprinos, se bem que não significativamente, e o número de refeições idêntico, (24 refeições /24h), a duração diária de ingestão continuou a ser mais elevada em caprinos do que em ovinos (6,8 h vs 3,7 h), devido a uma menor taxa de ingestão (0,20 vs 0,24 g MS/kg^{0,75}/mn) (DOMINGUE *et al.*, 1991c).

Quadro 6. Comparação do padrão circadiano de consumo de alimentos entre caprinos e ovinos (valores médios de vários trabalhos)

	Consumo		Duração do consumo		Refeições				Duração unitária	
	(g MS/kg ^{0,75})		(h)		Frequência (n°)		Duração (mn)		(mn/g MS/kg ^{0,75})	
	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi
Média	58,2	63,9	4,6	4,2	8,1	7,1	45,3	52,0	4,7	4,1
(CV) ¹	(13,9)	(23,8)	(17,5)	(28,0)	(20,7)	(27,9)	(47,0)	(39,2)	(31,9)	(41,5)
(n) ²	(13)		(13)		(9)		(9)		(17)	
(% Sig) ³	(38)		(39)		(78)		(56)		(77)	

¹ coeficiente de variação; ² número de pares de observações; ³ percentagem de observações que foram significativamente diferentes

Referências:

n=9 Geoffroy, 1974; Dulphy e Carle, 1986; Masson *et al.*, 1989

n=13 autores anteriores e McSweeney e Kennedy, 1992

n=17 autores anteriores e Masson *et al.*, 1986; Focant *et al.*, 1986

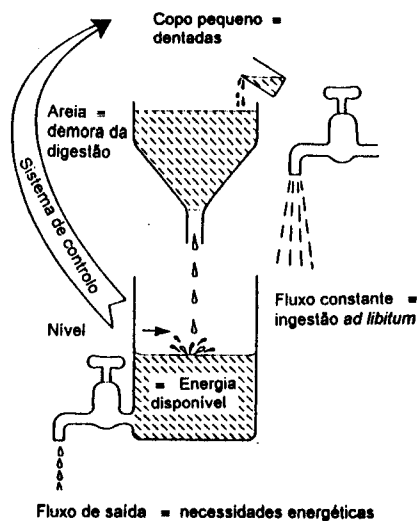
O modelo de FORBES (1986b), representado na Figura 12, tenta explicar as alternâncias de consumo alimentar, baseando-se na hipótese de que os animais começam a ingerir alimentos quando a taxa de entrada de substratos fornecedores de energia (provenientes do alimento ou das reservas corporais) na *pool* de energia decresce abaixo da sua taxa de utilização pelos tecidos. O

Cap. 2

modelo pressupõe o controlo metabólico da ingestão (em termos de fluxo de energia), exceptuando situações em que intervêm limitações físicas.

Figura 12 . Modelo hidráulico do controlo da ingestão de alimento (FORBES, 1986b)

A torneira aberta simula a disponibilidade do alimento, o funil com areia o atraso entre a ingestão e a absorção e o copo com água representa a ingestão (refeições), transferindo água (alimento) da torneira para o funil (compartimentos digestivos). O reservatório vai acumulando água e representa a "pool" de energia, que se vai esgotando à medida que é utilizada para suportar o metabolismo (torneira no fundo do reservatório). Há um ponto de referência no reservatório, que é utilizado pelo sistema de controlo para saber quando ocorrerá a ingestão. Quando o nível na "pool" está abaixo do ponto de referência, o copo com água é utilizado para transferir água da torneira para o funil a um ritmo que representa a taxa de ingestão.



Tendo os caprinos taxas metabólicas mais elevadas, é previsível que, mais frequentemente, se encontrem em situações de deficiência energética que compensam através de maior número de refeições que os ovinos. Outra alternativa para compensar o "deficit" energético seria através do aumento da taxa de ingestão. Contudo, os caprinos parecem ser ingestores mais lentos do que os ovinos.

Ciclos de hidratação-rehidratação

As resposta fisiológicas aos ciclos de desidratação-rehidratação são importantes mecanismos de adaptação às variações da ingestão de água, sobretudo em situações em que os recursos hídricos são escassos ou estão distantes.

À medida que se prolonga a privação de água, os caprinos reduzem o consumo de alimento, atingindo 75%, 59% e 35% do consumo inicial, nos dias subsequentes (BROSH *et al.*,

1983). Este mecanismo de adaptação reduz o incremento calórico e diminui as necessidades em água. A diminuição da ingestão é acompanhada da redução do peso vivo. KHAN e GHOSH (1981) referem perdas diárias de 1,5% para caprinos e 6% para ovinos, mas alguns autores (BROSH *et al.*, 1983) encontraram valores mais elevados em caprinos (8% por dia). Outro mecanismo simultâneo é a diminuição do volume plasmático. Após 4 dias de privação de água, o volume plasmático de cabras Barmer reduziu-se 13% (KHAN e GHOSH, 1981), enquanto que a redução em ovelhas Marwari, nas mesmas condições, foi de 43% (PUROHIT *et al.*, 1972, citados por KHAN e GHOSH, 1981), o que reduz a filtração glomerular, fenómeno semelhante ao verificado em animais com regimes hipoproteicos (CIRIO e BOIVIN, 1990). As consequências desta redução são a diminuição da diurese e das perdas de ureia através da urina.

Quando se dá a rehidratação, os animais ingerem grandes quantidades de água em poucos minutos, chegando o consumo, no caso dos caprinos, a atingir 35% do seu peso vivo (FINCH *et al.*, 1980). Nestas circunstâncias, os riscos de consequências negativas, como por exemplo hemólise, são evitados através da retenção da água no rumen (SHKOLNIK e SILANIKOVE, 1981). Mesmo nas situações menos drásticas, o rumen funciona como reservatório, sendo a absorção de água muito lenta (WARNER e STACY, 1968). Nesta situação a osmolalidade do plasma sanguíneo mantém-se e varia a do rumen. Segundo BROSH *et al.* (1983), as maiores alterações dão-se após o consumo de água (de 360 m-osmoles ao quarto dia de carência hídrica, a osmolalidade ruminal passou para 82 m-osmoles logo após a ingestão e, passadas 13h, para 440 m-osmoles) o que não afecta a capacidade fermentativa, mas faz decrescer o número de protozoários. Outro mecanismo, que permite manter a homeostasia ruminal, é a passagem directamente ao omaso (WARNER e STACY, 1968; BRUGÈRE e COMBRISSE, 1990) através da goteira esofágica e da inibição das contracções rumino-reticulares acompanhada pelo relaxamento do orifício retículo-omasal.

Sendo os mecanismos de ajuste à variação do regime hídrico idênticos para ambas as espécies, os caprinos, aparentemente, são menos afectados por carências desta natureza visto que os seus ajustamentos fisiológicos têm uma ordem de grandeza inferior aos verificados em ovinos.

Cap. 2

Esta característica habilita-os a enfrentar melhor as condições hídricas desfavoráveis, facto que lhes permite, em ambientes extremos, deslocações mais espaçadas a pontos de abeberamento (SHKOLNIK e SILANIKOVE, 1981)

2.2.3. Retenção e alteração física das partículas

Os fermentadores pré-gástricos ruminantes, como vimos anteriormente, têm capacidade para reter as partículas alimentares no TGI, facto que implica duas importantes consequências (Quadro 7): (i) melhora a utilização digestiva dos constituintes parietais e (ii) afecta o consumo de alimento. Quando o consumo de alimento está limitado pela capacidade ruminal, só pode ser modificado através da alteração da repleção ruminal, ou seja, da quantidade que cabe no rumen (por aumento do volume ou por maior compactação), ou através da taxa de passagem ou, ainda, da taxa de digestão das partículas (GHERARDI *et al.*, 1992).

Quadro 7. Comparação dos valores de digestibilidade e de consumo de alimento (MS ou MO*) de caprinos e de ovinos, quando os caprinos têm um maior tempo de retenção do material particulado.

Tempo médio de retenção (h)		Digestibilidade (%)		Consumo (g/kg ^{0.75})		Referências
Cap > Ovi	Ovi	Cap > Ovi	Ovi	Cap < Ovi	Ovi	
51,5	43,6	52,0	48,0	49,6	67,0	Kennedy <i>et al.</i> , 1992 Gamble e MacKintosh, 1982 Doyle <i>et al.</i> , 1984 Masson <i>et al.</i> , 1986
59,6	35,5	61,5 *	56,4 *	33,8	71,5	
29,1	20,5	64,9 *	57,3 *	45,5	48,0	
73,0	66,6	63,6 *	41,8 *	22,9	30,0	
Cap > Ovi	Ovi	Cap > Ovi	Ovi	Cap = Ovi	Ovi	Doyle <i>et al.</i> , 1984 Watson e Norton, 1982
25,9	20,4	49,5 *	45,6 *	34,6 *	34,1 *	
13,1	10,7	58,3 *	53,3 *	32,6 *	31,9 *	
Cap > Ovi	Ovi	Cap > Ovi	Ovi	Cap > Ovi	Ovi	Doyle <i>et al.</i> , 1984 Watson e Norton, 1982
17,1	13,9	72,1 *	71,3 *	67,6 *	60,7 *	
12,1	9,4	63,0 *	61,4 *	49,5 *	47,8 *	
Cap > Ovi	Ovi	Cap = Ovi	Ovi	Cap < Ovi	Ovi	Kennedy <i>et al.</i> , 1992 Kennedy <i>et al.</i> , 1992 Masson <i>et al.</i> , 1986 Alam <i>et al.</i> , 1983
47,2	41,7	49,0	49,0	63,0	81,9	
50,8	37,4	45,0	46,0	60,6	90,1	
42,4	40,9	64,3 *	63,2 *	40,9	55,9	
18,7	11,8	59,0	60,0	73,0	84,0	

O consumo é, aparentemente, o parâmetro mais variável das interrelações que se estabelecem com o tempo médio de retenção (Quadro 7). Quando os caprinos não têm possibilidade de escolher a dieta, e consomem os mesmos alimentos que os ovinos, os tempos de

retenção são frequentemente mais elevados (Quadro 7), o que se deve a taxas de passagem mais lentas. Contudo, em pastoreio, as modificações do seu comportamento de ingestão são responsáveis por alterações do tempo médio de retenção. Em ambas as espécies existem variações sazonais do TMR (HUSTON *et al.*, 1986; LECHNER-DOLL *et al.*, 1990), caracterizadas pelo aumento do TMR na estação seca, quando a qualidade e quantidade do alimento piora. Mas, em condições de limitação de nutrientes, os caprinos, como vimos anteriormente, têm maior tendência para ingerir arbustivas. Este tipo de alimentos, se bem que altamente lenhificados, têm pouca fibra e muita água (SHORT *et al.*, 1972), o que reduz o tempo médio de retenção. As alterações do TMR dos caprinos em pastoreio, nos períodos em que diminui o valor nutritivo da forragem, não são, assim, tão importantes como as dos ovinos. Ao modificarem os seus hábitos alimentares, dando preferência a dicotiledóneas (LECHNER-DOLL *et al.*, 1990), aumentam as taxas de passagem.

Um dos requisitos para a passagem de partículas pelo orifício retículo-omasal é a sua redução para tamanhos inferiores ao do tamanho crítico, que, segundo vários autores, é de 1mm-2mm, independentemente de variações fisiológicas ou alimentares (POPPI *et al.*, 1980; POPPI *et al.*, 1985; ULYATT *et al.*, 1986). No entanto, verifica-se frequentemente que o tamanho das partículas presentes no retículo-rumen é inferior a este limite (EVANS *et al.*, 1973), e que o diâmetro do orifício retículo-omasal é cinco a dez vezes superior ao tamanho crítico das partículas (WELCH, 1982; McBRIDE *et al.*, 1983). A redução das partículas maiores é mais rápida que o fluxo de passagem de pequenas partículas, pelo que LECHNER-DOLL *et al.* (1991) sugerem a existência de uma retenção selectiva das pequenas partículas, que não é influenciada nem pelo alimento, nem pelo nível de consumo. Outros mecanismos de regulação, para além do tamanho, devem impedir o rápido trânsito das partículas finas, como o seu aprisionamento, forma e densidade.

A principal causa da redução do tamanho das partículas é a mastigação, que ocorre quer durante a ingestão de alimento, quer durante a ruminação. Os factores que influenciam a eficiência da mastigação inicial são igualmente responsáveis pela eficiência da ruminação. Mas existem diferenças nestes dois processos. Apesar da frequência da mastigação ser mais elevada na mastigação inicial, durante a ingestão, a mastigação merérica tem uma função mais importante para

Cap. 2

a redução física das partículas alimentares (WELCH, 1982). A sua duração é mais elevada e as consequências físicas são distintas. ULYATT *et al.* (1986) referem que o contributo da mastigação (durante a ingestão ou durante a ruminação), para a redução das partículas alimentares a tamanhos inferiores ao tamanho crítico, é idêntico com forragens verdes (entre 12 e 16% do alimento consumido). Com forragens secas o contributo da ruminação duplica (14% do alimento consumido com partículas inferiores a 1mm devido à mastigação inicial e 27-39% devido à ruminação). Diferentes características químico-físicas das forragens, nomeadamente a localização e concentração de lenhina, são normalmente consideradas responsáveis pelo diferente tamanho e forma das partículas. LEE e PEARCE (1984) verificaram que, de 3 palhas e 2 fenos que testaram, a palha de cevada era a que apresentava maior redução de tamanho, devido à mastigação durante a ingestão. Era igualmente a forragem com maior concentração de NDF e celulose e a que requeria maior energia de cominuição. A forragem com maior concentração de lenhina (palha de ervilha) foi a que apresentou maiores partículas.

Também as espécies animais apresentam diferenças em relação a estes dois processos de redução e alteração das características físicas das partículas. Na opinião de HOPPER e WELCH (1983), o peso vivo está relacionado com as capacidades de mastigação. Os caprinos são mastigadores mais eficientes e lentos. Em contrapartida, os ovinos são ruminadores mais eficientes (Quadro 8).

Quadro 8. Características da mastigação mericica, de caprinos e de ovinos

(valores médios de vários trabalhos)

	Duração da ruminação (h)		Frequência da ruminação (nº períodos)		Frequência de mastigação (dentadas/mn)		Eficiência (% de partículas < 1mm)		Duração unitária (mn/g MS/kg ^{0,75})	
	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi
Média	8,5	8,7	14,6	14,6	79	100	48	59	8,2	8,8
(CV) ¹	(18,3)	(17,0)	(23,8)	(19,8)					(21,6)	(19,0)
(n) ²	(15)		(7)		(1)		(1)		(11)	
(% Sig.) ³	(87)		(0)		(100)		(0)		(27)	

¹ coeficiente de variação; ² número de pares de observações; ³ percentagem de observações que foram significativamente diferentes

Referências: n= 7 Geoffroy, 1974; Masson *et al.*, 1989

n=11 autores anteriores; Dulphy e Carle (1986) e Masson *et al.*, 1986

n=15 autores anteriores; Focant *et al.*, 1986 e McSweeney e Kennedy, 1992

n= 1 Domingue *et al.*, 1991c

Porém, a digesta ruminal dos caprinos apresenta, normalmente, partículas mais pequenas (DOMINGUE *et al.*, 1991a, 1991b, 1991c; KENNEDY *et al.*, 1992) e maior concentração de MS (QUICK e DEHORITY, 1986; DOMINGUE *et al.*, 1991b). Segundo GHERARDI *et al.* (1992) maiores concentrações de MS ruminal estão associadas a maior compactação e a partículas mais pequenas.

Outra possibilidade de alteração do TMR será o diferente comportamento de passagem devido às características das próprias partículas. LECHNER-DOLL *et al.* (1991) referem que a densidade das partículas é mais importante neste processo do que o seu tamanho e forma. KATOH *et al.* (1988) investigaram a relação entre a gravidade específica de partículas indigestíveis e a passagem no TGI de caprinos e ovinos. As partículas injectadas no rumen tinham o mesmo tamanho (2 mm de diâmetro e 4 mm de comprimento) e oito diferentes gravidades específicas (entre 0,92 e 1,87). Observaram que a percentagem de partículas excretadas, sem serem ruminadas, aumentou à medida que aumentava a gravidade específica, tendência verificada igualmente por outros investigadores (desBORDES e WELCH, 1984; LINDBERG, 1985 e KASKE e ENGELHARDT, 1990). Verificaram, também, que o trânsito das partículas com elevada gravidade específica era mais rápido nos caprinos, que apresentaram menores tempos de retenção. Enquanto as partículas de digesta possuem factores que contribuem para a sua densidade funcional (estrutura histoquímica, tamanho e forma da partícula, fluido e gás dentro da partícula, microrganismos e bolhas de gás na superfície), as partículas inertes não possuem estes factores e, provavelmente, assemelham-se mais a material estrutural indigestível. Por isso, a densidade das partículas de digesta modifica-se (aumenta, segundo NOCEK e KOHN, 1987) ao longo da permanência no rumen, o que não ocorre nas partículas inertes.

As diferenças no tamanho e densidade das partículas, implicam diferente localização no rumen e, possivelmente, diferente oportunidade de passagem (EVANS *et al.*, 1973). Os mecanismos de separação entre partículas de diferente densidade podem estar ligados à motilidade ruminal. Esta é, comparativamente, mais elevada durante a ingestão do que durante a ruminação (DESWYSEN *et al.*, 1987; McSWEENEY e KENNEDY, 1992). As motilidades reticulo-ruminais de

Cap. 2

caprinos e de ovinos foram comparadas por McSWEENEY e KENNEDY (1992), que observaram idênticas frequências de contracções primárias e secundárias. Contudo, neste estudo, os caprinos manifestaram maior mastigação merícica, maiores TMR e menores contracções secundárias durante a ingestão e repouso.

Os caprinos parecem ter partículas de digesta mais pequenas. A simples redução do tamanho da partícula poderia favorecer a taxa de digestão devido a maior superfície específica. Porém, tal poderá não acontecer porque muitas das partículas mais pequenas são altamente lenhificadas (POND *et al.*, 1984). Por outro lado, estas partículas têm taxas de passagem mais elevadas, visto serem mais densas. Associando-se à característica dos caprinos de levarem mais tempo a ingerir o alimento (a que corresponde maiores contracções reticulo-ruminais), é possível que o trânsito de partículas indigestíveis seja neles mais rápido e que este seja um mecanismo que permite a utilização de alimentos altamente lenhificados, como as arbustivas. A maior mastigação inicial reduz os custos energéticos da mastigação merícica (NELSON, 1988). Por outro lado, os alimentos mais lenhificados, apesar de terem maiores custos energéticos para redução até partículas de 1 mm (LEE e PEARCE, 1984), não necessitam ser reduzidos a partículas tão pequenas, fornecendo contudo partículas mais densas.

2.2.4. Microambiente ruminal

As características da fermentação no rumen são indicadoras das condições do ecossistema ruminal e consequência da dieta ingerida (VAN SOEST, 1982). Assim, quando caprinos e ovinos ingerem a mesma dieta, as condições ruminais deveriam ser semelhantes. No entanto, algumas diferenças têm sido apontadas na bibliografia, em relação a alguns dos parâmetros. Segundo GHERARDI *et al.* (1992) a causa das diferenças é o comportamento de ingestão, que se traduz em modificações das taxas de passagem de partículas e fluido.

As concentrações ruminais de certos parâmetros fermentativos, alguns dos quais representados no Quadro 9, são frequentemente mais elevadas nos caprinos do que nos ovinos.

Destaca-se, sobretudo, a concentração de azoto amoniacal, mas as concentrações dos produtos finais de fermentação, (AGV, gás), a população bacteriana (GIHAD *et al.*, 1980; CABRERA *et al.*, 1983) e a osmolalidade (BROWN e JOHNSON, 1985; FOCANT *et al.*, 1988) também são, com frequência, mais elevadas. Também a concentração hidrogeniônica é mais elevada no rumen dos caprinos, o que reduz a absorção de N-NH₃ não ionizado no rumen (SIDDONNS *et al.*, 1985). Quanto às concentrações individuais de AGV, elas são diferentes nas duas espécies. Os caprinos têm valores de butirato e valerato mais elevados, característica que possibilitará, eventualmente, uma melhor digestão da fibra, visto tratarem-se de factores de crescimento para as bactérias celulolíticas (CABRERA *et al.*, 1983).

Quadro 9. Comparação de parâmetros da fermentação ruminal de caprinos e de ovinos: ácidos gordos voláteis totais, ácido acético, ácido propiónico e ácido butírico, azoto amoniacal e concentração hidrogeniônica

AGV totais (mmol/l)		C2 (% molar)		C3 (% molar)		C4 (% molar)		N-NH ₃ (mg/100 ml)		pH		Referências
Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	Cap	Ovi	
60,8	27,1	72,2	67,3	22,0	28,1	4,9	4,9	12,6	0,8	6,4	7,1	Alrahmoun <i>et al.</i> , 1986
84,6	59,4	74,9	72,6	19,1	20,3	4,4	6,3	8,1	7,6	6,6	7,0	"
96,8	73,2	72,9	72,0	18,4	19,5	5,2	5,8	7,0	2,3	6,4	6,6	"
68,9	63,6	71,0	70,3	21,2	19,5	6,0	6,5	14,4	10,9	6,4	6,5	Alrahmoun <i>et al.</i> , 1985
64,4	67,9	73,9	72,6	18,4	17,7	5,1	6,3	18,3	15,2	6,3	6,5	"
37,8	51,9	68,4	70,7	18,9	19,3	10,9	8,5	10,3	11,7	7,4	7,2	Antoniou e
83,8	91,5	72,8	70,5	20,2	22,8	5,8	5,5	26,8	35,0	6,9	6,7	Hadjipanayiotou, 1985
44,7	48,4	75,7	75,6	16,1	16,5	7,1	6,8	9,4	5,4	7,0	7,5	"
56,2	67,8	74,4	72,2	18,3	17,6	8,6	6,8	8,5	9,9	7,1	7,2	"
55,3	59,8	75,9	78,2	18,2	16,7	5,3	4,6	10,8	9,0	7,0	7,1	"
81,0	74,0	65,0	66,0	22,0	19,0	9,0	8,0			6,4	6,7	Brown e Johnson, 1985
51,0	61,0									7,7	7,6	Focant <i>et al.</i> , 1988
67,0	74,0									7,5	7,4	"
61,0	89,0									7,3	7,1	"
62,0	65,0	66,0	69,8	23,0	21,4	8,4	7,2	14,5	14,1			Watson e Norton, 1982
66,0	63,0	65,1	69,0	22,8	20,8	10,1	9,4	10,6	4,3			"
96,1	86,9	70,6	71,2	18,9	20,0	6,2	5,6					Domingue <i>et al.</i> , 1991a
108,0	101,2							48,3	47,9			Cabrera <i>et al.</i> , 1983
78,5	74,9							26,5	22,6			"
33,1	36,6							5,3	2,9			"
								5,4	1,5			Alam <i>et al.</i> , 1985
								19,1	16,1			"
								23,4	15,1			"
								10,6	9,1			"
								6,0	4,1			"
								7,8	6,5			"
								4,3	3,7			"

O microambiente ruminal dos caprinos é, aparentemente, mais "concentrado". Tem mais MS (associada a uma menor ingestão de água) e maior compactação (para a qual contribuem a mastigação mais eficiente que origina partículas mais pequenas). A concentração de qualquer

Cap. 2

metabolito no rumen, visto tratar-se de um fenómeno dinâmico, pode resultar de vários factores individuais ou interligados.

Várias referências (algumas delas já abordadas anteriormente) sugerem que as maiores concentrações ruminais dos caprinos podem resultar de maior digestão ruminal (devido a populações microbianas mais elevadas e maior superfície de exposição das partículas, o que favoreceria a colonização e digestão), de maior reciclagem (através de uma maior produção salivar), de menor absorção [para a qual contribuiria a menor actividade do epitélio ruminal - CABRERA *et al.* (1983) observaram um menor índice mitótico do epitélio ruminal de caprinos] ou, ainda, de menor volume.

Outra possibilidade, justificativa das maiores concentrações de metabolitos no retículo-rumen dos caprinos, poderia ser uma fermentação preferencial de substractos altamente fermentativos e a passagem mais rápida de partículas indigestíveis. Nesta circunstância, as papilas ruminais modificar-se-iam, de forma a aumentar a superfície de absorção (DIRKSEN *et al.*, 1985) e a população de protozoários apresentar-se-ia constituída por uma maior proporção de entodínios, tal como acontece no caso da fauna ruminal dos ingestores de concentrados (DEHORITY, 1986). A mucosa ruminal dos caprinos tem, aparentemente, maior densidade de papilas (GUELTEKIN, 1953, citado por BHATTACHARYA, 1980) comparativamente aos ovinos, porém, não se detectaram diferenças na população de protozoários [BELLET (1984); FOCANT *et al.* (1988)].

Ainda outro factor explicativo diz respeito à maior produção de saliva nos caprinos, associada a uma maior mastigação. Esta característica deveria, em princípio, reduzir a concentração da MS ruminal e a repleção ruminal (GHERARDI *et al.*, 1992). Contudo, a maior produção salivar aumenta a osmolalidade, favorecendo a taxa de passagem do fluído ruminal (HARRISON *et al.*, 1975 e 1976, citados por GHERARDI *et al.*, 1992), o que causa maiores concentrações de metabolitos no rumen.

Assim, uma maior concentração ruminal, por si só, não é sinónimo de uma maior eficiência fermentativa. É, porém, indicadora de diferentes condições funcionais e adaptativas. CABRERA *et al.* (1983) verificaram que, quando a qualidade da dieta diminuía, se reduziam as concentrações ruminais. Contudo, os caprinos conseguiram manter populações microbianas, concentrações de N-NH₃ e produções de gás mais elevadas. É possível que o maior número de pequenas refeições contribuam para criar no rumen dos caprinos um ambiente ruminal mais próximo do *steady-state*.

2.2.5. Eficiência digestiva

O aparente maior consumo de alimento de pior valor nutritivo, demonstrado pelos caprinos, originou a crença de que eles poderiam digerir a fibra mais eficientemente que qualquer outra espécie de ruminantes. O conceito de eficiência reflecte a facilidade com que uma actividade é desenvolvida, sob a forma de uma proporção, associada à noção de lucro. A eficiência digestiva é mais elevada quanto maior for a quantidade de alimento digerido no mais curto espaço de tempo. Neste contexto, a taxa de digestão ruminal, associada à *pool* de material potencialmente digestível, e a digestibilidade são parâmetros do rendimento do processo digestivo.

Digestão ruminal

Os poucos ensaios efectuados que compararam a digestão ruminal de caprinos e de ovinos (GIHAD *et al.*, 1980; ALRAHMOUN *et al.*, 1985; GIHAD, *et al.*, 1981), referem-se apenas à extensão da digestão da MS quando os alimentos permaneceram 48 h no rumen. Assinalam diferenças, ora favoráveis a caprinos, ora a ovinos, mas essencialmente não significativas. Sendo estes resultados muito variáveis consoante os materiais e métodos empregues (NOCEK, 1985), e não sendo este período de incubação equivalente ao tempo de retenção *in vivo*, estes valores de digestibilidade *in situ*, estáticos, dão apenas um panorama restrito dos fenómenos dinâmicos que ocorrem no rumen, estando longe de ser conclusivos.

Só o recurso à modelização poderá conduzir a uma melhor compreensão das particularidades destas duas espécies no que respeita à dinâmica da digestão ruminal. Desconhecem-se, no entanto, comparações entre caprinos e ovinos, utilizando modelos da cinética digestiva. UDÉN e VAN SOEST (1984) compararam a cinética de digestão da NDF em várias espécies de animais fitófagos: pequenos ruminantes (mas não apresentam valores individualizados para caprinos e ovinos), novilhas, ponies e coelhos, utilizando o modelo $(R = Ae^{-kt} + B)$; em que R=resíduo de paredes celulares; B=paredes celulares indigestíveis; A=paredes celulares potencialmente digestíveis e k=taxa de fermentação). As taxas de digestão, obtidas com saquinhos cujo tamanho dos poros era 37 μm , foram mais elevadas em coelhos (0,107), seguindo-se-lhe os pequenos ruminantes (0,051), as novilhas com maior massa corporal (0,040), os ponies (0,030) e, finalmente, as novilhas com menor massa corporal (0,025). Verificaram, igualmente, que os outros parâmetros do modelo utilizado, à excepção do tempo de latência, foram significativamente diferentes entre espécies, o que deixa em aberto a possibilidade de a digestão do alimento no rumen de caprinos e de ovinos apresentar diferenças, reflectindo, essencialmente, diferentes condições do ecossistema ruminal.

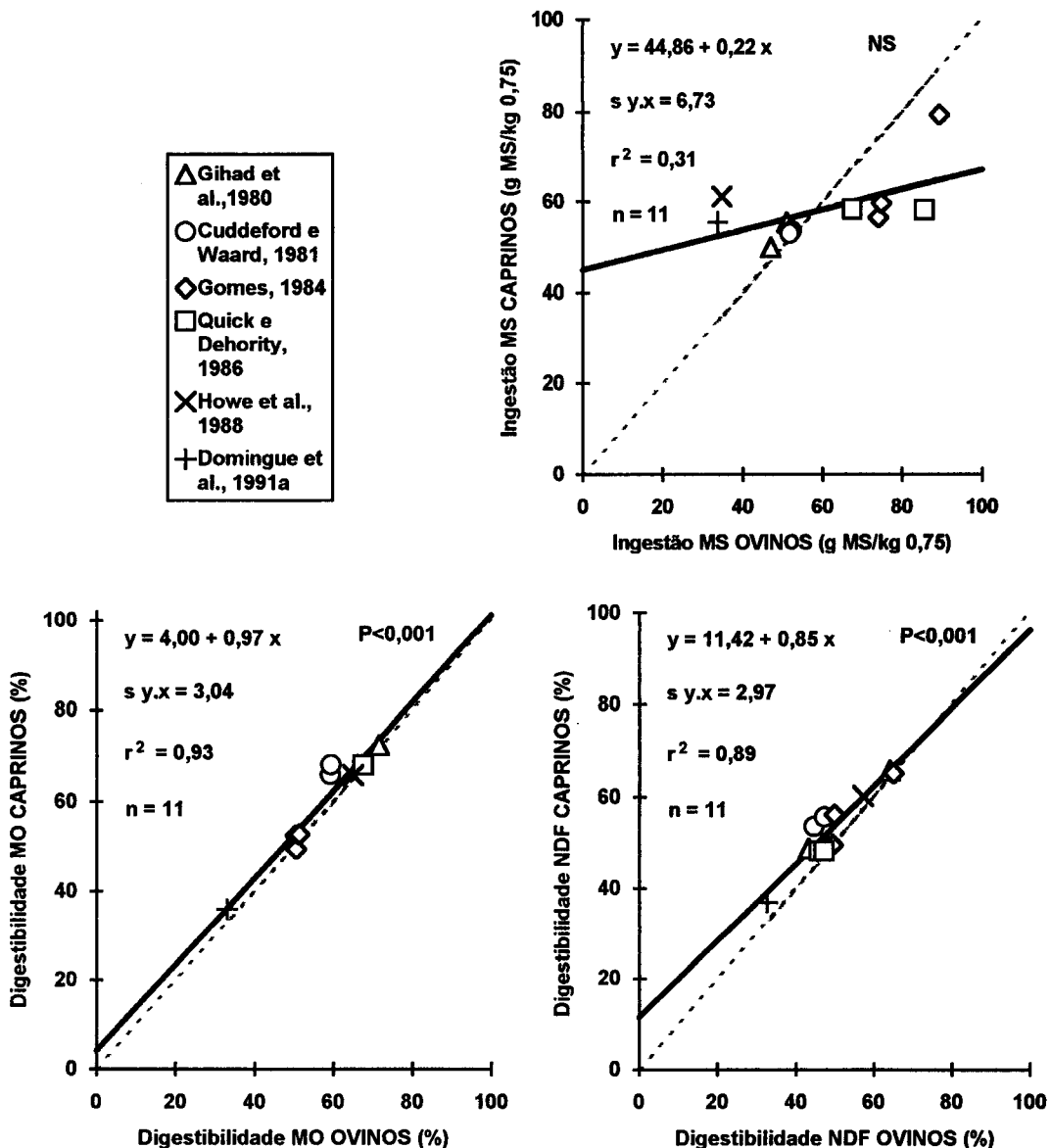
A taxa de digestão não deve, contudo, ser encarada como a única medida da eficiência de fermentação, mas sim em conjunto com a *pool* de material potencialmente digestível. Por exemplo, no ensaio referido anteriormente, os coelhos apresentaram cerca do dobro da taxa de fermentação dos pequenos ruminantes, mas a NDF potencialmente digestível era cerca de 3 vezes menor (20 vs 63). Por outro lado, uma maior eficiência da digestão ruminal poderá não corresponder a uma maior digestão do alimento no TGI, visto que a extensão da digestão dentro de um compartimento é determinada pela competição entre digestão e passagem.

Digestibilidade

Ao pretendermos analisar até que ponto o maior consumo dos caprinos estaria associado a uma maior digestibilidade, debruçamo-nos sobre ensaios que referiam, simultaneamente, valores de

ingestão e de digestibilidade da MO e da NDF. Infelizmente resumem-se a 11 dados, provenientes de 6 ensaios (GIHAD *et al.*, 1980; CUDDEFORD e WAARD, 1981; GOMES, 1984; QUICK e DEHORITY, 1986; HOWE *et al.*, 1988; DOMINGUE *et al.*, 1991a). Neste conjunto de ensaios os caprinos tinham menor peso vivo (29,3 vs 38,2 dos ovinos), o que talvez explique a sua tendência para as maiores ingestões, mas não explica as ligeiramente maiores digestibilidades. No entanto, as diferenças de digestibilidade entre as duas espécies não são tão importantes como as da ingestão, como se pode observar na Figura 13.

Figura 13. Regressão dos valores de ingestão da MS, digestibilidade da MO e digestibilidade da NDF, de caprinos e de ovinos (a recta tracejada é a recta de equivalência unitária)



Cap. 2

Evidencia-se, assim, a existência de mecanismos que "tamponizam" as variações resultantes da ingestão, sendo as eficiências digestivas das duas espécies muito aproximadas, contrariamente ao que seria previsível.

Vários possíveis fenómenos podem originar esta situação. Uma possibilidade tem a ver com os padrões circadianos. O maior número de pequenas refeições dos caprinos pode aproximá-los de condições ruminais de *steady state*, sendo as reacções de primeira ordem, e criando cinéticas distintas em caprinos e em ovinos. Existe a possibilidade de a transferência da digestão para o ceco-colon proximal ser um fenómeno mais importante nos caprinos. A maior digestão da NDF poderá resultar, então, de uma digestão mais importante da hemicelulose, fenómeno reconhecido nos animais não ruminantes (KEYS *et al.*, 1969) (resultado da acção das enzimas ou das secreções ácidas e alcalinas, no estômago e duodeno, sobre as ligações da hemicelulose com a lenhina). Apesar de ALAM *et al.* (1987), não terem observado diferenças no local e extensão da digestão, entre caprinos e ovinos, GALYEAN e OWENS (1991) referem uma série de factores que transferem a digestão para os intestinos, diminuindo, ou não modificando, a digestão ruminal. Entre estes factores estão indicados vários, frequentes no comportamento de ingestão dos caprinos, como, por exemplo: a redução do tamanho das partículas, o aumento do nível de ingestão e a presença de taninos.

Outra consideração, a ter em conta, advem das características dos próprios ensaios de digestibilidade. Animais mais pequenos têm menores excreções de matéria fecal metabólica (0,107 para os caprinos e 0,118 para os ovinos, no ensaio de UDÉN e VAN SOEST, 1982), o que resulta em cálculos de digestibilidade da MO mais elevados para os caprinos.

Capítulo 3

CONCLUSÕES PRELIMINARES

Principais conclusões sugeridas pela revisão bibliográfica

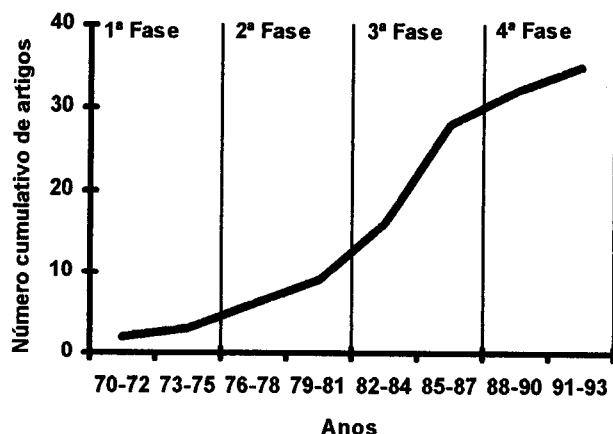
" A minha natureza limita-me. [...] Se estivesse destinado a voar a alta velocidade, teria as asas curtas de um falcão e comeria ratos em vez de peixe. "

R. Bach "Jonathan Livingston Seagull"

A teoria inicial de que, comparativamente aos ovinos, os caprinos teriam superiores capacidades de utilização de alimentos de fraco valor nutritivo, congregou suficiente interesse científico, tendo acabado por se estruturar como um campo de investigação. De acordo com CRANE (1972, citado por JOYCE, 1993), o ciclo de vida intelectual de uma nova área de pesquisa, desenvolve-se em quatro fases. A primeira corresponde ao período em que a inovação, ou ideia é inicialmente proposta. Na segunda fase desenvolve-se trabalho e começa a agrupar-se informação. A terceira fase reflecte o período em que algumas das questões encontram respostas, mas também começam a aparecer anomalias, em desacordo com a teoria inicial. O último período surge quando o campo de investigação começa a esvaziar-se, devido à exaustão dos problemas ou ao aumento da controvérsia. A informação comparativa existente, que foi analisada nesta revisão bibliográfica segue esta tendência evolutiva (Figura 14).

Esta tese teve início durante a terceira fase. As contradições entre a teoria de que os caprinos eram uma espécie que utilizava melhor os alimentos fibrosos e a informação existente são evidentes na revisão, e reflectem-se no menor número de artigos publicados recentemente.

Figura 14. Número cumulativo de artigos encontrados durante a revisão bibliográfica referentes a comparações da utilização de alimento por caprinos e por ovinos.



Muitas das discrepâncias, que dificultam a análise global, provêm de características ligadas à execução dos próprios ensaios, como, por exemplo, animais e dietas testados, metodologias experimental e analítica, escalas e dimensões usadas para expressar os resultados. Os primeiros dados comparativos entre caprinos e ovinos, realizados na década de 70, dizem respeito a alimentos tropicais, a fibra quantificada era a fibra bruta, os valores reportavam-se ao peso vivo, os processos de ingestão e digestão eram encarados como sendo estáticos e as análises estatísticas eram testes t. A partir da revisão efectuada, verificámos que certos aspectos acessórios continuam, no entanto, a necessitar de serem mais estudados, sendo a informação disponível, nalguns casos, inexistente ou muito restrita para que seja credível ou possível de extrapolar.

Contudo, várias diferenças morfológicas e funcionais entre as espécies são aparentes. Os caprinos, frequentemente mais pequenos que os ovinos, terão maiores necessidades energéticas e taxas metabólicas mais elevadas. Parecem ser filogenicamente mais primitivos, o que, juntamente com o tamanho corporal, corresponderá a compartimentos gástricos com menos barreiras digestivas e de menor capacidade. Entre outras, estas características morfológicas condicionam o seu comportamento de ingestão. Este parece ser o parâmetro em que caprinos e ovinos mais se distinguem. Em alturas de crise nutritiva, estes últimos preferem alimentos diferentes dos

escolhidos pelos ovinos (o que pode significar uma adaptação para a não competição entre espécies que partilham o mesmo biótipo) e ajustam-se mais rapidamente a variações sazonais. Apesar de não ser evidente que os caprinos ingerem menos fibra, mastigam melhor e mais lentamente o alimento, com consequentes maiores produções de saliva e menores partículas de digesta. As condições ruminais reflectem estas características, sendo aparentemente as concentrações de metabolitos e a repleção ruminal mais elevada no caso dos caprinos, ao qual certamente não será igualmente alheia a característica de ingerirem menores quantidades de água. Os caprinos parecem, ainda, demonstrar ingestões mais elevadas com alimentos fibrosos do que os ovinos, o que, de certa forma não está de acordo com o padrão geral, de um animal mais pequeno, e com características próximas das dos ingestores de concentrados. Possivelmente tratar-se-á de outra característica adaptativa. Como aparentemente tem menor volume ruminal, maiores ingestões só são possíveis através de maior repleção ruminal, ou, então, através de maiores taxas de passagem. Esta última possibilidade transferiria parte da digestão para o intestino grosso. Assim, diferentes comportamentos de ingestão, criam condições ruminais e cinéticas diferentes, mas a digestibilidade do alimento, quer *in vivo* quer *in situ*, não parece muito diferente entre as espécies. O comportamento alimentar funciona, aparentemente, como "tampão" entre as variações do meio externo ao animal e o meio interno. DEMMENT e GREENWOOD (1988), por exemplo, referem que o comportamento de ingestão converte um incremento de 33% de paredes celulares num decréscimo de 13% na digestibilidade da MS.

Resumindo estas considerações, sugerimos que os caprinos, em situações alimentares limitantes, quando o alimento é de mau valor nutritivo ou existe fraca disponibilidade, manifestam estratégias tróficas diferentes das dos ovinos, e afim de o comprovar efectuámos os ensaios que serão descritos, seguidamente, na secção 2.

SECÇÃO

2

TRABALHO EXPERIMENTAL

Os quatro capítulos seguintes descrevem o trabalho experimental desenvolvido. Na introdução definem-se as hipóteses e os objectivos. O capítulo 5 refere-se ao ensaio em que se compararam as espécies quando não houve diferenças no comportamento alimentar. No capítulo 6 descreve-se o ensaio em que se compararam os caprinos e os ovinos quando os animais seleccionavam a sua dieta. No capítulo 7 apresentam-se a discussão e conclusões gerais da tese.

- 4. Introdução ao trabalho experimental*
 - 5. Quando o comportamento de ingestão é forçadamente igual*
 - 6. Quando podem manifestar diferentes comportamentos de ingestão*
 - 7. Discussão e conclusões gerais*
-



Capítulo 4

INTRODUÇÃO AO TRABALHO EXPERIMENTAL *Hipóteses e objectivos*

"Mas seria uma tese plausível, ou não passaria de uma conjectura ridiculamente implausível?"

J. Goodfield "Um mundo imaginado"

Para testar as estratégias tróficas dos caprinos e dos ovinos em situações de limitação de ingestão, efectuámos dois ensaios, o primeiro descrito no capítulo 5 e o segundo no capítulo 6.

O primeiro ensaio baseia-se na hipótese nula ($H_0 = \mu = \mu_0$), que estabelece que em situação alimentar desfavorável, se o comportamento de ingestão das espécies for igual, a eficiência de digestão da fibra é idêntica nos caprinos e nos ovinos. A hipótese subjacente ao ensaio de campo é a hipótese alternativa ($H_1 = \mu \neq \mu_0$), que pretende que em situação alimentar desfavorável, desde que cada uma das espécies possa expressar os comportamentos de ingestão, os parâmetros de ingestão voluntária e de eficiência digestiva de cada espécie são diferentes.

Essencial à execução do trabalho experimental foi a simulação de situações alimentares desfavoráveis. No primeiro ensaio escolhemos palha de trigo, ingerida em quantidades restritas e com elevado teor em fibra, de forma a criar uma situação alimentar limitativa em quantidade e qualidade. No segundo ensaio optámos pelo pastoreio de restolho de trigo, com uma carga animal que possibilitasse a diminuição da disponibilidade e do valor nutritivo ao longo do tempo. Outro

Cap. 4

dos objectivos gerais foi a separação dos efeitos da ingestão e da dinâmica digestiva. Por isso, estudámos a eficiência digestiva quando o comportamento de ingestão era idêntico, no primeiro ensaio. E no segundo ensaio, deixámos que cada uma das espécies manifestasse o comportamento que preferisse. Cada um dos ensaios teve, por sua vez, objectivos específicos:

- Os objectivos do primeiro ensaio, foram os de comparar a eficiência e a dinâmica digestivas e, ainda, parâmetros da fermentação ruminal, do trânsito da digesta e do metabolismo azotado, quando as espécies ingeriam a mesma quantidade de um alimento fibroso, ao mesmo ritmo, e eram suplementadas com três níveis crescentes de azoto;

- Os objectivos do segundo ensaio, foram os de comparar as estratégias tróficas das espécies quando pastavam restolho de trigo, relacionando o comportamento de ingestão adoptado, caracterizado pela ingestão voluntária e composição química da dieta, com a eficiência digestiva, quando as possibilidades de manter a qualidade e quantidade da dieta ingerida diminuíam com o tempo.

Capítulo 5

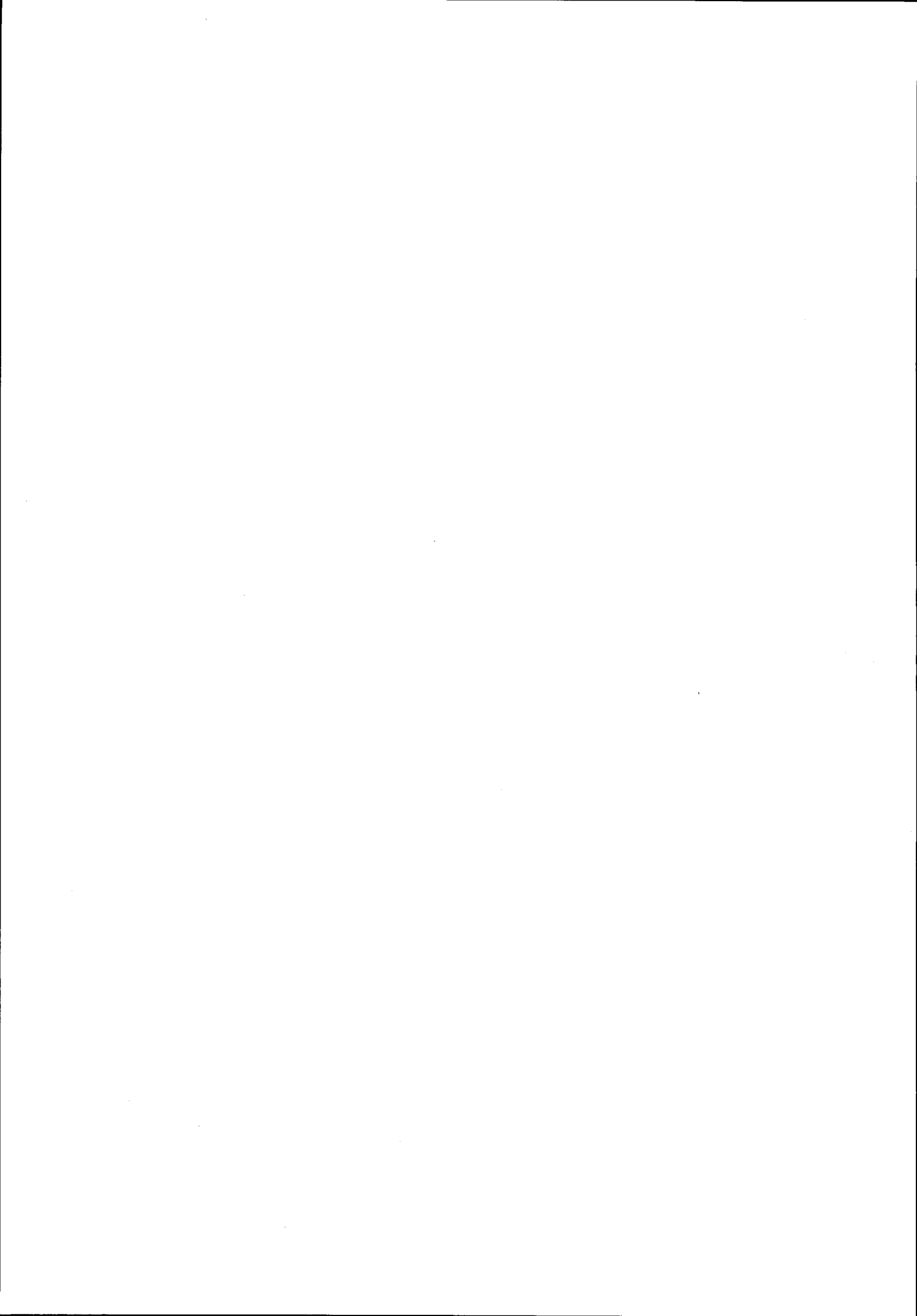
Comparação da eficiência digestiva e do metabolismo azotado de caprinos e de ovinos, quando o comportamento de ingestão é forçadamente igual

"A eficiência é o produto do esforço pelo resultado"

J.P.Sartre

ÍNDICE ABREVIADO

5.1. Introdução	63
5.2. Materiais e métodos	63
5.2.1. Animais	63
5.2.2. Alimento e suplemento azotado	64
5.2.3. Calendário experimental e de recolha de amostras	66
5.2.4. Processamento das amostras	69
5.2.5. Análises laboratoriais	70
5.2.6. Cálculo dos parâmetros de cinética digestiva	73
5.2.7. Análises estatísticas	75
5.3. Resultados	76
5.3.1. Condições experimentais	76
5.3.2. Eficiência de digestão da matéria seca e da fibra	82
5.3.3. Metabolismo azotado	90
5.4. Discussão	94
5.5. Conclusões	103



5.1. INTRODUÇÃO

Alguns dos primeiros estudos que compararam a digestão de forragens de mau valor nutritivo (altos valores de fibra e baixos valores de proteína) em caprinos e ovinos, sugeriram que os caprinos tinham ingestões voluntárias superiores e digeriam melhor os componentes fibrosos da dieta do que os ovinos (DEVENDRA, 1978; GIHAD, 1981; MORAND-FEHR, 1981; DEVENDRA e BURNS, 1983b). A invocada superioridade dos caprinos foi sistematicamente explicada por um maior crescimento microbiano a nível do rumen, consequência das maiores concentrações de azoto amoniacal (WATSON e NORTON, 1982; LOUCA *et al.*, 1982). Contudo, ao analisar globalmente os aludidos estudos (BAPTISTA, 1985), constatou que os dados experimentais disponíveis não permitiam suportar a ideia de uma aptidão, para a digestão da fibra, generalizadamente superior nos caprinos relativamente às demais espécies ruminantes, tanto mais que foram frequentemente confundidos as causas e os efeitos.

Aceitando-se como possível a existência de diferenças no metabolismo azotado entre as duas espécies, se os níveis de azoto disponível no rumen e as características de ingestão não variarem (ou seja, se a quantidade e a qualidade do alimento for a mesma e os padrões de ingestão também), a eficiência de utilização do alimento poderá ser consequência de diferentes dinâmicas da digestão. Assim, o objectivo deste ensaio foi o de comparar caprinos e ovinos em idênticas condições de ingestão de alimento e com iguais níveis de azoto na dieta. Estudou-se, nestas condições, a digestibilidade *in vivo* e *in situ*, a cinética de digestão de três forragens, o volume, a taxa de passagem da fase líquida e vários parâmetros da fermentação ruminal e do metabolismo azotado.

5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1. Animais

Para executar o ensaio foram utilizados três caprinos machos (Serrana) e três ovinos machos (Merino Branco), fistulados há pelo menos 2 anos e com cânulas ruminais de 2,5 cm de diâmetro interno. À excepção de um carneiro, os restantes animais eram castrados. As idades dos

Cap. 5

animais eram desconhecidas, mas todos eram adultos. O peso vivo médio ao longo de todo o ensaio (n=18) foi de $42,36 \pm 8,63$ kg (EP=3,04) para os caprinos e de $51,96 \pm 7,04$ kg (EP=2,47) para os ovinos. O manejo dos animais, anterior ao ensaio, incluiu o corte de unhas, a tosquia dos carneiros e o desbaste do pêlo dos caprinos. Os animais receberam ainda, por via oral, um anti-helmíntico ("Axilur" 10 ml de suspensão a 2,5%), 250 000 UI de vitamina A, 125 000 UI de vitamina D3 e 100 UI de vitamina E.

5.2.2. Alimento e suplemento azotado

O alimento utilizado no ensaio foi palha de trigo (*Triticum aestivum*) suplementada através da infusão no rumen de uma solução azotada. Os níveis de azoto infundido no rumen foram calculados, tendo em consideração o nível de azoto da palha, por forma a que equivalassem à ingestão de dietas com 5,5 (T1), 7,5 (T2) e 9,5% (T3) de PB na MS (0,88, 1,20 e 1,52% N na MS). A composição química da forragem e das soluções está representada no Quadro 14 (pp.77) e as características das dietas no Quadro 15 (pp.78), tendo-se verificado que os valores de PB foram superiores aos previstos, devido a diferenças na composição química da palha.

A palha de trigo foi colhida no Verão do ano anterior ao da realização do ensaio e armazenada em boas condições. Antes do início de cada período experimental era cortada em troços de 5-7 cm de comprimento, por um corta forragens manual, misturada, amostrada para análise laboratorial, pesada em doses individuais correspondentes a uma refeição e ensacada em sacos de plástico identificados. Para garantir homogeneidade, entre as espécies, na quantidade, qualidade e fluxo de nutrientes que entravam no sistema digestivo, restringiu-se a quantidade de palha a um valor que permitisse o consumo total. Na pesquisa bibliográfica que efectuámos, não existem muitos ensaios em que tenha sido utilizada a palha como único alimento, e quando tal aconteceu a forragem estava tratada quer com NH_4 (GOMES, 1984) quer com NaOH (ALRAHMOUN *et al.*, 1986; MASSON *et al.*, 1986; FOCANT *et al.*, 1986), variando a ingestão *ad libitum*, nestas condições, entre 23 e 60 g/kg^{0,75}. Com base nestas indicações, a quantidade diária escolhida foi 35

g de MS/kg^{0,75} ($\pm 0,01$ g) e distribuiu-se a forragem em seis refeições idênticas, fornecidas de três em três horas (a primeira às 08:30h e a última às 23:30h). Sempre que uma refeição não era integralmente consumida durante as 3 h em que o alimento se encontrava no comedouro, antes de se distribuir a refeição seguinte, retiravam-se e pesavam-se os restos, moíam-se num moinho de martelos com crivo de 5mm (partículas com comprimento médio de 15mm), e introduziam-se no rumen, imediatamente após a distribuição da refeição seguinte, através da cânula ruminal, utilizando para o efeito um funil e uma vareta rígida de material acrílico.

O suplemento azotado consistiu numa solução aquosa contendo caseína ("Merck, Art. 2241") e ureia (Quimigal, ureia 46%), em quantidades tais que a primeira contribuía com 70% e a segunda com 30% do azoto total da solução. Devido ao delimitamento experimental, para cada animal e para cada período, foi preparada uma solução distinta (mantendo fixa a relação caseína:ureia) em função do tratamento e da quantidade de azoto ingerido na palha. As soluções de caseína e ureia foram feitas em tampão carbonato-bicarbonato de sódio (pH 9,2 e 2% de bicarbonato), a fim de garantir a solubilização da caseína, contendo macro e microminerais nas concentrações utilizadas na mistura de "Wise Burroughs" (BURROUGHS *et al.*, 1950). Fizeram-se seis litros de cada solução, e, ao 19º dia do ensaio, prepararam-se mais dois litros de novas soluções, idênticas em tudo às anteriores mas acrescidas de 1% de polietilenoglicol (PEG) (p/v).

Os cálculos efectuados, para a realização das soluções, encontram-se em anexo (anexos 2.1 e 2.2), e obedeciam às seguintes regras: com base no peso vivo do animal, obtido no início do período experimental, calculava-se o peso metabólico e a quantidade de MS que correspondia a uma ingestão de 35 g MS/kg^{0,75}. Calculava-se, seguidamente, a quantidade de azoto com que a palha contribuía e a quantidade de azoto que a solução deveria ter para que, conjuntamente com o N da palha, equivalesse à ingestão de uma dieta com o nível de N pretendido. Calculavam-se os g de caseína e ureia correspondentes à quantidade de azoto em seis litros de solução, que era a quantidade preparada, primeiramente, no começo de cada período.

Cap. 5

As soluções azotadas foram infundidas continuamente, entre o 13º e o 21º dias do ensaio, através da cânula ruminal a um fluxo constante de 40 ml/h. Utilizou-se para o efeito uma bomba peristáltica (Manostat, Standard Model, de seis vias) e tubos de silicone com 1,3 mm de diâmetro interno. As soluções eram diariamente renovadas, a partir da solução feita no início do período experimental, e colocadas em provetas graduadas de 1000 ml de volume. As provetas eram tapadas com papel de alumínio e colocadas sobre placas de aquecimento, para que as soluções, agitadas por magneto, se mantivessem a uma temperatura constante de 38°C. A fim de evitar possíveis alterações de fluxo, controlavam-se os volumes das soluções, ainda não infundidas, às 08:30, 10:00, 14:30, 17:30, 20:30, 23:30 e 6:00 h.

5.2.3. Calendário experimental e de recolha de amostras

O ensaio decorreu no Departamento de Nutrição e Alimentação da Estação Zootécnica Nacional, de 24 de Abril a 28 de Junho de 1988. Teve três períodos experimentais (Quadro 10) de vinte e um dias cada um.

Quadro 10. Calendário do período experimental

Período de habituação						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
Período de controlo e de colheitas				Período de transição		
15	16	17	18	19	20	21

(períodos=linhas ; dias=colunas)

Cada período experimental consistiu em 14 dias de habituação e num período de controlo e recolha de amostras de 7 dias. Durante os primeiros 12 dias do período de habituação, os animais eram alimentados com palha de trigo *ad libitum* e 150 g de bagaço de soja. Os dois últimos dias do período de habituação foram de transição progressiva, iniciando-se a infusão da solução azotada e a distribuição fraccionada do alimento. Durante o período experimental os animais eram colocados em caixas metabólicas, com acesso permanente a água de bebida (substituída diariamente), e equipados com arreios e sacos para a colheita de fezes. Eram pesados aos 13º e 21º dias (às 8:00 h, antes da distribuição do alimento). O peso inicial foi utilizado para calcular as soluções e refeições a administrar nesse período.

A recolha de amostras de fezes, urinas, conteúdo ruminal, sangue e forragens incubadas *in situ* obedeceu ao calendário experimental apresentado no Quadro 11.

Quadro 11. Calendário de recolha de amostras (a cinzeno dias do período experimental)

15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°
ÁGUA CONSUMIDA E URINAS						
11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
FEZES						
09:00 12:00 18:00 00:00	06:00 12:00 18:00 00:00	06:00 12:00 18:00 00:00	06:00 12:00 18:00 00:00	06:00 12:00 18:00 00:00	09:00	09:00
CONTEÚDO RUMINAL E SANGUE						
20:00	8:00		14:00		2:00	PEG: 12:00 15:00 18:00 21:00
INCUBAÇÕES <i>IN SITU</i>						
	17:00 — 24h —> 17:00					
	17:00 — 72h —> 17:00					
	17:00 — 48h —> 17:00					
				17- 6h->23		
				23:00 — 12h —> 11:00		

A introdução do marcador da fase particulada (30 g de NDF da palha mordantada com sesquióxido de crómio, preparada segundo a técnica de UDÉN *et al.*, 1980) foi feita ao décimo quinto dia, numa dose única, introduzindo na cânula ruminal as partículas marcadas, divididas em 5 porções embrulhadas num lenço de papel. O marcador da fase líquida (polietilenoglicol, peso molecular 20 000) foi introduzido com as soluções azotadas, aos 19° e 20° dias do ensaio, a uma taxa de infusão de 400 mg/h.

Amostras de palha foram recolhidas no início do ensaio e também quando se pesavam cada uma das refeições, obtendo-se uma amostra compósita para cada período, que era seguidamente subamostrada para posteriores análises químicas. Cada uma das soluções infundidas foi amostrada diariamente em cada período experimental, obtendo-se uma amostra compósita, analisada para pH e seguidamente congelada a -18°C. A recolha de fezes foi feita em quatro colheitas diárias, de 6 em 6 horas, exceptuando-se a primeira e as duas últimas colheitas. Para facilitar a operação, colocaram-se sacos de plástico, previamente tarados e identificados, dentro

Cap. 5

dos sacos de lona que estavam presos aos arreios. Sacos e fezes eram pesados e congelados a -5° C. A quantidade de urina, excretada diariamente por cada animal, era recolhida num recipiente tapado com quatro camadas de gaze e que continha 50 ml de ácido sulfúrico a 25% (v/v). 10% do volume diário de urina medido foi congelado a -5° C até análise. O consumo de água foi determinado, completando-se o volume desaparecido com uma quantidade de água conhecida e utilizando-se, para o efeito, uma proveta graduada (± 20 ml).

As colheitas de conteúdo ruminal e as de sangue foram efectuadas na mesma altura, em diferentes dias do período experimental, tendo-se realizado quatro colheitas por período e por animal, de forma a apanhar um ciclo nictemeral (às 8.00 h - após um período de jejum de 8:30h; às 14:00 h - 6 h após a distribuição da primeira refeição do dia; às 20:00 h - 12 h após a primeira refeição; e às 2:00 h - 18 h após a primeira refeição). O conteúdo ruminal foi igualmente amostrado no último dia do período experimental, de três em três horas após a paragem da infusão, para posterior determinação do PEG. As amostras de conteúdo ruminal obtiveram-se a partir de vários locais do rumen, utilizando um tubo de plástico flexível de 1,5 cm de diâmetro interno, ligado a um "kitasato" e a uma bomba de vácuo manual. As amostras de sangue (10 ml) obtiveram-se a partir da jugular, utilizando seringas heparinizadas (Sarstedt Monovette®).

Utilizando sacos de nylon, incubaram-se *in situ*, simultaneamente, três forragens: palha de trigo, feno de espontâneas e feno de bersim. A sua composição química encontra-se no Quadro 19 (pp. 84). A forragem tinha sido moída por um crivo de 2mm. A quantidade de amostra incubada foi 3,0 g de MS, correspondendo a uma relação amostra:área de superfície de $15,2 \text{ mg/cm}^2$.

Os sacos tinham sido confeccionados com nylon Monyl® NY 80 HC da Hidro-Bios, que tinha uma dimensão média de poros de $5 \times 14,5 \mu\text{m}$ ($72,5 \mu\text{m}^2$), 43% de poros e 81 fios por cm. Cada saco tinha a dimensão de $18 \times 5,5$ cm. Os sacos eram suspensos no interior do rumen com um tubo de plástico flexível (medindo 20 cm de comprimento, 1,1 cm de diâmetro externo e 0,8 cm de diâmetro interno), com um orifício numa das extremidades e 3 incisões a atravessá-lo. A

extremidade superior de cada saco era introduzida numa das ranhuras e fixada, firmemente, com elástico de escritório. Para o conseguir, dobrava-se alternadamente o elástico várias vezes sobre si, do lado da abertura e do lado do corpo do saco, de forma a conseguir-se uma constrição que, além de prender o saco, impedia a saída da amostra e a entrada de partículas ruminais. A cada tubo eram fixados 3 sacos, cada um com uma das forragens a testar, tendo a sua ordenação sido casual. Os tubos eram por sua vez fixados a uma argola na tampa da cânula ruminal, com a utilização de fio de nylon, por forma a que o primeiro saco ficasse a uma distância de 20 cm da tampa, o segundo a 26 cm e o último a 29 cm.

Os tempos de permanência dos sacos no rumen foram: 6, 12, 24, 48 e 72 horas. Para cada tempo de incubação, apenas uma introdução no rumen era feita em cada período, por animal. Os sacos correspondentes a cada período de incubação eram introduzidos em dias diferentes do período experimental (PAINE *et al.*, 1982), para que apenas um conjunto de 3 sacos permanecesse ao mesmo tempo no rumen. A exceção, a esta situação, correspondeu ao período de incubação das 72h, cujos sacos foram introduzidos juntamente com os sacos que permaneceram 24h no rumen.

5.2.4. Processamento das amostras

As amostras de alimento e cada uma das colheitas de fezes foram secas em estufa com circulação forçada de ar, durante 24h a 60°C, pesadas e moídas por moínho de martelos com crivo de 1mm de diâmetro. Obteve-se uma amostra compósita de fezes juntando 10% (peso seco) de cada uma das colheitas.

Imediatamente após a recolha das amostras de conteúdo ruminal, mediu-se o pH. Seguidamente, retirou-se uma subamostra do conteúdo ruminal, que se armazenou em frascos de plástico, para posterior determinação da MS ruminal e do azoto total. Por fim, o conteúdo ruminal restante foi filtrado por quatro camadas de gase, a fim de separar a fracção líquida da particulada. Guardaram-se 30 ml do material filtrado, num frasco de plástico que continha 10 ml de formol a

Cap. 5

10% (v/v). Esta amostra serviu primeiro para a contagem de protozoários e, seguidamente, para determinar o azoto microbiano insolúvel. O resto do material filtrado foi dividido, por 2 grupos de tubos de plástico, para determinação do azoto amoniacal e ácidos gordos voláteis, aos quais se adicionou 0,5 ml de ácido metafosfórico a 25% (v/v) por cada 2,5 ml de fluído ruminal. Todas as subamostras, devidamente identificadas, foram imediatamente congeladas (-18°C), à excepção das conservadas em formol.

As seringas com as amostras de sangue eram centrifugadas (5 min a 2000 rpm) e o plasma guardado em tubos de ensaio e congelado (-18° C).

Imediatamente, à sua remoção do rumen, os sacos de nylon eram transportados para o laboratório e, à medida que se separavam do tubo de plástico, eram lavados exteriormente com água corrente. Prendiam-se a um dispositivo, que tinha 8 chuveiros cada um com 5 jactos de água, fixado a uma torneira, por forma a lavar o seu conteúdo com água corrente durante 10 m, em iguais condições de fluxo do líquido. Após a lavagem, os sacos eram colocados numa estufa a 60°C e secos durante 24h, e, em seguida, postos num exsiccador e pesados a quente, para determinação do resíduo de MS. A tara de cada saco tinha sido obtida, previamente, após permanência de 3h a 60° C, também com pesagem a quente.

5.2.5. Análises laboratoriais

As análise químicas efectuadas nas diferentes amostras recolhidas, estão esquematizadas no Quadro 12.

Quadro 12. Determinações efectuadas nas amostras recolhidas

Alimento e fezes	Solução azotada	Urinas	Plasma	Resíduo dos sacos	Contéudo ruminal
MS	N	N	Ureia	MS	pH
MO	pH			NDF	AGV
N	PEG				N Total
NDF					N microbiano
ADF					N-NH3
ADL					Protozoários
ADIN					PEG

A determinação da humidade residual foi feita em 3 g de amostra, seca em estufa a 103°C durante a noite. A determinação da matéria seca do conteúdo ruminal foi precedida por homogeneização das amostras em misturador de facas. O teor de cinzas totais foi determinado por incineração em mufla a 550°C. O azoto foi determinado pelo método de macro-Kjeldhal (AOAC, 1984). O azoto amoniacal foi determinado utilizando o método de Conway (1962). Os constituintes parietais (NDF, ADF, ADL e ADIN) foram determinados pelo método dos detergentes (GOERING e VAN SOEST, 1970). A celulose (CEL) foi calculada como a diferença entre os teores de ADF e ADL e a hemicelulose (HEMI) como a diferença entre os teores de NDF e ADF. Todas as determinações foram feitas em duplicado.

As determinações das proporções molares e concentrações de AGV foram feitas em triplicado após centrifugação das amostras (20 000 rpm, durante 20 min a 0°C). A quantidade de amostra injectada foi de 0,25 µl. As determinações foram efectuadas por cromatografia de adsorção, do tipo gás-líquido em isoterminia, com detecção por ionização de chama (cromatógrafo Hewlett-Packard, modelo A 5890) utilizando-se colunas de aço inoxidável de 2m de comprimento x 3mm de diâmetro, cheias com Chromosorb® WAW, com granulometria de 80-100 mesh, e azoto como gás de arrasto. Os fluxos dos gases utilizados foram de 30 ml/min para o azoto, 20 ml/min para o hidrogénio e 350 ml/min para o ar. A temperatura da câmara de injeção foi de 200°C, a do forno de 130°C, e a do detector 240°C. A determinação da concentração de AGV foi feita, utilizando-se, como padrão externo, uma mistura de ácidos gordos voláteis nas seguintes concentrações (g/ litro) :

ác. acético:	4,1960
ác. propiónico:	0,9920
ác. isobutírico:	0,1884
ác. butírico:	0,5850
ác. isovalérico:	0,4371
ác. valérico:	0,1361

A transformação das áreas das amostras em concentrações obteve-se utilizando-se a fórmula:

$$\text{AGV (mmol/litro)} = \frac{\text{massa do ácido no padrão (g)}}{\text{massa do ácido (mol)}} \times \frac{\text{área do pico na amostra}}{\text{área do pico no padrão}}$$

Cap. 5

O valor da área do padrão que se utilizou no cálculo de cada amostra, foi o valor médio (n=5) das áreas do padrão, injectado no mesmo dia em que se efectuaram as leituras.

Para a determinação da fracção de microrganismos livres utilizou-se a técnica descrita por JOUANY (1978), baseada na centrifugação fraccionada, modificada de forma a obter-se, apenas, um resíduo do azoto insolúvel (bactérias e protozoários conjuntamente). As amostras foram centrifugadas a 18 000 rpm (38 720 g), durante 40 min, numa centrífuga Dupont-Sorvall RC-5B Automatic. O sobrenadante era rejeitado. Ao resíduo compactado adicionava-se 10 ml de solução salina (NaCl a 5/1000) para o ressuspender e desagregar, com a ajuda de um estilete de vidro e de um agitador de vortéx. Repetiram-se as operações anteriores uma segunda vez, sendo, então, utilizados 50 ml de água destilada para transferir o resíduo dos tubos de centrífuga para tubos de plástico. Estes tubos foram seguidamente congelados, tendo-se procedido, posteriormente, à determinação de azoto nas amostras utilizando o método de Kjeldhal.

O azoto ureico plasmático foi determinado colorimetricamente com a utilização de urease, recorrendo-se ao módulo analítico "BUN test" (Sclavo Diagnostics®), que se baseia na reacção de Berthelot segundo o procedimento descrito por CHANEY e MARBACH (1962).

As contagens de protozoários ciliados foram efectuadas ao microscópio (ampliação de 100x). Para a contagem de pequenos protozoários entodinómórficos utilizaram-se câmaras Fuchs-Rosenthal e contaram-se 30 quadrículas por amostra (cada quadrícula com 1mm² de superfície e 0,2 mm de altura). O número de células de grandes entodinómórficos (*Diplodinium* spp., *Eudiplodinium* spp., *Polyplastron* spp.) e holótricos (*Isotrichae* spp. e *Dasitrichae* spp.), foi determinado em quintuplicado (0,01 ml, por contagem) utilizando-se a técnica de PURSER e MOIR (1959) adaptada por MARINHO (1983).

O teor de PEG na fracção líquida do conteúdo ruminal foi determinado pelo método turbidimétrico de HYDEN (1955), modificado por RUSSELL *et al.* (1982). Apesar de se ter

introduzido o marcador da fase sólida e de se ter efectuado as recolhas de fezes, não foi possível, infelizmente, analisar as amostras. Parte delas arderam enquanto secavam na estufa e as restantes ficaram impossíveis de identificar, por os ratos terem roído os sacos de plástico onde estavam guardadas.

5.2.6. Cálculo dos parâmetros de cinética digestiva

Taxas de digestão da MS e da NDF potencialmente digestível

As taxas de digestão da MS foram calculadas, recorrendo ao modelo proposto por ØRSKOV e McDONALD (1979):

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

O material desaparecido ao tempo t é representado por (p) , a fracção imediatamente solúvel é representada pela intercepção (a) , a matéria insolúvel potencialmente degradável é representada pela inclinação (b) , a taxa de digestão da matéria insolúvel potencialmente degradável pelo expoente (c) e a degradabilidade potencial do material corresponde à assíntota da curva $(a+b)$.

As taxas de digestão da NDF foram determinadas com base no conceito de WALDO *et al.* (1969, citados por SMITH *et al.*, 1971) de que a parede celular vegetal é constituída por duas fracções, uma potencialmente digestível e outra indigestível. Por conseguinte, para cálculo da taxa de digestão, apenas se utilizou a fibra potencialmente digestível expressa em % da fibra potencialmente digestível no instante zero da incubação. Para calcular a NDF potencialmente digestível em cada tempo de incubação, subtraímos, ao resíduo correspondente, a NDF potencialmente indigestível. Considerámos como NDF indigestível o resíduo da fibra correspondente à incubação durante um período de 72h.

Para cálculo das taxas de digestão da NDF e da NDF potencialmente digestível às 0h, utilizámos como modelo a regressão linear entre os tempos de incubação e os logaritmos naturais dos respectivos resíduos da NDF potencialmente digestível, expressos em % da NDF potencialmente digestível às 0h, segundo o proposto por SMITH *et al.* (1972). Este modelo:

Cap. 5

$$\ln S = \ln S_0 - kt$$

pressupõe que (S_0 - a intercepção) corresponde à NDF potencialmente digestível no início da incubação (tempo zero), (S) à NDF potencialmente digestível num dado tempo de incubação e (k - o coeficiente de x) à taxa de digestão da NDF potencialmente digestível.

Para cálculo do tempo de latência utilizou-se o seguinte modelo proposto por MERTENS (1973, citado por MERTENS e LOFTEN, 1980):

$$tL = (\ln S_r - \ln S_0) / k$$

em que o tempo de latência corresponde à diferença entre 100% da NDF potencialmente digestível (S_r) e a percentagem estimada por regressão da NDF potencialmente digestível no instante zero (S_0), expressa em função da taxa de digestão da NDF (k).

Os cálculos das taxas de digestão, de cada uma das forragens, foram obtidos para cada animal e testou-se, estatisticamente, as diferenças entre as espécies e entre os tratamentos. Sempre que o resíduo às 72h foi superior ao verificado às 48h, rejeitaram-se aqueles valores [o que aconteceu com a incubação da forragem de bersim (no período 1 com os caprinos 1 e 3 e o ovino 1; no período 3 com os caprinos 1 e 3) e foram substituídos pelo valor médio das observações correspondentes às incubações de feno de bersim durante 72h.

Volume ruminal e taxa de passagem da fase líquida

A introdução do marcador foi feita por infusão contínua, sendo, por isso, a quantidade saída do rumen igual à quantidade que fora administrada. Esta quantidade determinou-se a partir do produto da concentração do marcador na solução administrada, pelo débito da solução. Calculou-se a regressão linear entre os tempos de amostragem do conteúdo ruminal e o logaritmo natural da concentração de PEG no rúmen, a partir da qual se obtiveram os parâmetros de cinética digestiva, como descrito por ALMEIDA (1986). A taxa de passagem do marcador da fase líquida (%/ h) foi determinada como o declive da recta de regressão. O tempo médio de retenção (h) foi calculado como o inverso do logaritmo natural da intersecção da recta de regressão, expresso em

g/ml. O fluxo de passagem da fase líquida (ml/h) foi determinado dividindo a quantidade do marcador que sai do rumen pela concentração instantânea ao tempo zero. O volume ruminal (ml) foi calculado dividindo o fluxo pela taxa de passagem. A *pool* (ml) de digesta sólida obteve-se dividindo o volume do líquido pela diferença entre 100 e a MS ruminal.

5.2.7. Análises estatísticas

As análises de variância do peso vivo dos animais, da composição química das dietas utilizadas como tratamentos, digestibilidade, balanços azotados, valores médios dos parâmetros da fermentação ruminal e parâmetros relativos à aplicação dos modelos de cinética de passagem e de digestão, realizaram-se de acordo com um delineamento experimental em quadrado latino duplo (caprinos e ovinos) de 3 tratamentos (5,5, 7,5 e 9,5% PB) x 3 períodos, com três repetições (LELLOUCH e LAZAR, 1974), apresentado no anexo 2.3. A separação de médias foi realizada utilizando o teste da diferença mínima significativa (HICKS, 1982). A significância das diferenças entre os coeficientes de regressão das equações aplicadas à cinética de digestão e de passagem foi analisada de acordo com o proposto por STEEL e TORRIE (1982).

A variação circadiana dos parâmetros ruminais foi analisada, separadamente para cada espécie, como um *split-plot* com arranjo em quadrado latino 3x3, sendo as unidades principais os tratamentos e as subunidades as horas. A variação entre espécies, para cada hora, foi analisada através do quadrado latino duplo. As distribuições das espécies foram comparadas, utilizando-se o teste não paramétrico dos sinais (STEEL e TORRIE, 1982).

A comparação entre espécies, das distribuições referentes às ingestões da MS e excreções de urinas e fezes, foram testadas com o método não paramétrico dos sinais. A distribuição da ingestão de água foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (STEEL e TORRIE, 1982).

Consideraram-se como valores significativos aqueles cuja probabilidade de ocorrência foi superior a 95% ($P < 0.05 \equiv \text{sig.}^*$), 99% ($P < 0.01 \equiv \text{sig.}^{**}$) ou 99,9% ($P < 0.001 \equiv \text{sig.}^{***}$).

Cap. 5

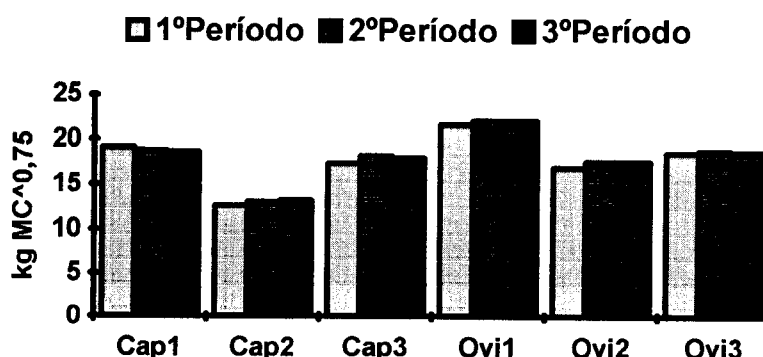
5.3 RESULTADOS

5.3.1. Condições experimentais

Animais

O peso metabólico médio (média dos pesos, no início e no fim do período de controlo) de cada animal manteve-se idêntico ($P > 0,05$) ao longo dos diferentes períodos do ensaio (Figura 15; anexo 2.4). Os pesos vivos, registados ao longo do ensaio, são apresentados no anexo 2.5.

Figura 15. Peso metabólico médio dos animais em cada período de recolha de amostras (média do peso inicial e final, $\text{kg MC}^{0,75}$, $n=2$)



Devido à restrição na ingestão de forragem, a energia que o alimento forneceu correspondeu a pouco mais de metade das necessidades em energia metabolizável para manutenção (Quadro 13).

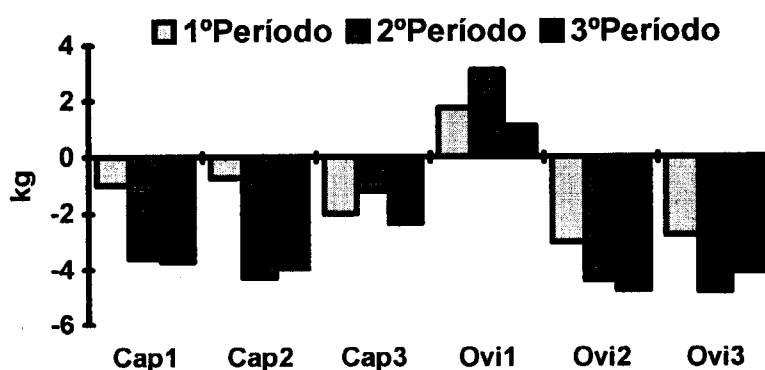
Quadro 13. Comparação das necessidades tabeladas (NRC, 1981) de energia metabolizável e de proteína bruta para manutenção de pequenos ruminantes, com as quantidades e percentagens fornecidas pelas diferentes dietas para as duas espécies (média \pm EP, $n=18$).

Necessidades diárias de manutenção (1)	Fornecido diariamente pelas dietas (MJ e g /kg MC ^{0,75})							
		Caprinos			Ovinos			EP
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	
EM = 0,42 MJ/kg ^{0,75}	EM, MJ/kg ^{0,75}	0,23	0,24	0,25	0,23	0,24	0,25	0,004
	(% das necessidades)	(55)	(57)	(60)	(55)	(57)	(60)	
PB = 3,96 g/kg ^{0,75}	PB, g/kg ^{0,75}	2,38	3,27	4,17	2,40	3,23	4,08	0,062
	(% das necessidades)	(60)	(83)	(105)	(61)	(82)	(103)	

(1) (NRC, 1981)

Como consequência, os animais perderam peso ao longo do período de recolha de amostras (Figura 16), recuperando-o nos períodos de habituação. A média de perda de peso dos caprinos foi de 2,54 kg (DP= 1,30; n=9) e a dos ovinos 1,98 kg (DP= 2,92; n=9), mas a diferença entre as espécies não foi significativa ($P>0,05$; anexo 2.4). Nem os períodos nem os tratamentos tiveram efeito significativo ($P>0,05$) no peso vivo dos animais (anexo 2.4).

Figura 16. Variação do peso vivo dos animais em cada período de recolha de amostras (diferença entre o peso inicial e final- kg)



Composição das dietas

A forragem utilizada na elaboração das dietas, era de baixo valor nutritivo (Quadro 14).

Quadro 14. Composição química da forragem (média \pm DP, n=4) e das soluções utilizadas (média \pm EP, n=6).

	Palha		Soluções (g ou MJ por 100 ml)				Sig
	Média	DP	T1	T2	T3	EP	
MS, %	87,70	(1,64)					
	(% na MS)						
MO	93,37	(0,86)					
N	0,38	(0,02)					
PB	2,38	(0,17)	2,86 ^c	4,48 ^b	6,10 ^a	0,43	***
NDF	84,35	(0,44)					
ADF	59,13	(1,58)					
ADL	8,31	(0,49)					
ADIN	0,23	(0,01)					
CEL	50,82	(2,05)					
HEMI	25,22	(1,20)					
EM (MJ)	6,07 ⁽¹⁾		2,88 ^{c(2)}	4,63 ^{b(2)}	6,40 ^{a(2)}	0,45	***
pH			8,80 ^a	8,77 ^a	8,58 ^b	0,05	*

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

(1) tabela (CIHEAM, 1990)

(2) calculado com base no valor da tabela

Cap. 5

As soluções infundidas (cujas características estão apresentadas no Quadro 14 e no anexo 2.6) tiveram diferentes concentrações azotadas e, também, energéticas ($P < 0,001$). As concentrações hidrogeniônicas das soluções também foram diferentes ($P < 0,05$) e tanto mais altas quanto maior a quantidade de caseína e ureia infundidas. Conforme pretendido, a concentração azotada das dietas era significativamente diferente (Quadro 15; anexo 2.7) e correspondia a cerca de 60, 80 e 100 % das necessidades de manutenção (Quadro 13). Apesar da suplementação, as dietas continuaram a ter mau valor nutritivo, com elevada quantidade de fibra e baixo valor energético. A composição química das dietas, ingeridas pelas espécies e nos diferentes períodos, manteve-se constante (anexo 2.8).

Quadro 15. Composição energética (MJ EM/kg de MS) e composição azotada (% de PB na MS e % do N total provenientes da palha, caseína e ureia) das dietas (média \pm EP, n=18)

	T1	T2	T3	EP	Sig
EM (MJ/kg MS)	6,54 ^c	6,85 ^b	7,11 ^a	0,001	***
PB (% MS)	6,69 ^c	9,10 ^b	11,52 ^a	0,003	***
N (% do N total)					
Palha	36	26	20		
Caseína	45	52	56		
Ureia	19	22	24		

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

Entradas e saídas de nutrientes e água do sistema animal

As quantidades de nutrientes e água, que entraram nos caprinos e nos ovinos, não foram diferentes. No entanto, os caprinos tiveram excreções de MS fecal e de urinas mais elevadas do que as dos ovinos, mas apenas a excreção urinária foi significativamente diferente (Quadro 16; análises de variância no anexo 2.9).

Quadro 16. Quantidades ingeridas e excretadas diariamente por espécie, e por tratamento (g ou ml /kg MC^{0,75}) (média \pm EP, n=9 espécies; n=6 tratamentos).

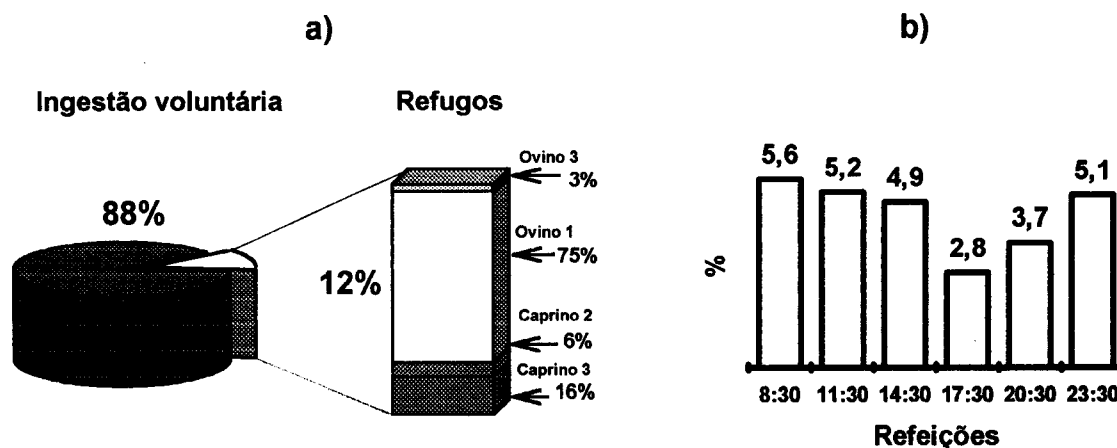
	CAP	OVI	EP	Sig	T1	T2	T3	EP	Sig
MS ingerida, g/ kg MC ^{0,75}	36,3	36,0	0,29	NS	36,1	36,0	36,3	0,35	NS
Água, ml/ kg MC ^{0,75}	43,19	42,44	3,96	NS	45,52	40,11	42,82	4,85	NS
MS fecal, g/ kg MC ^{0,75}	19,73	18,72	0,43	NS	18,79	19,69	19,18	0,53	NS
Urinas, ml/ kg MC ^{0,75}	40,58 ^a	29,68 ^b	1,27	**	32,92	34,40	38,06	1,56	NS

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

Os tratamentos não afectaram, significativamente, as ingestões de MS e água nem as excreções, tendo-se no entanto verificado que, com o tratamento 2, ingeriam menor quantidade de água e excretavam maior quantidade de MS. A excreção de urina foi tanto maior quanto mais suplemento azotado era infundido (Quadro 16; $P > 0,05$).

Refugos - Para além de se reduzir o tamanho das partículas do alimento oferecido, a quantidade voluntariamente ingerida foi restringida (35 g MS/kg $MC^{0,75}$), pelo que seria de esperar que os animais não deixassem refugos. Tal não aconteceu, tendo as sobras, que foram colocadas directamente no rumen, representado 12% do total de alimento fornecido (Figura 17-a). Este comportamento foi marcadamente diferente entre os animais, destacando-se o ovino 1. A quantidade de refugos deixados, por refeição, foi variável (Figura 17-b), sendo a primeira refeição do dia a que apresentou valores mais elevados.

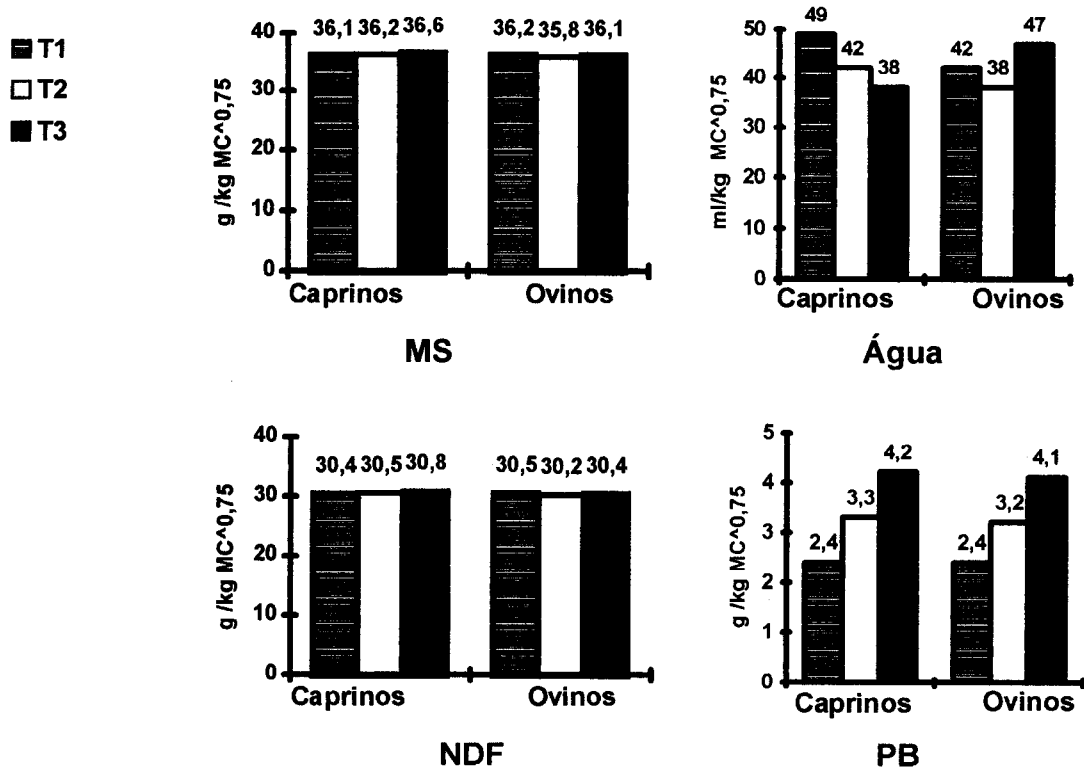
Figura 17. Quantidade de alimento que não foi ingerido voluntariamente:
a) No total de alimento distribuído (%); b) No total de refeições (%)



Padrão de ingestão - O padrão de ingestão foi idêntico nos caprinos e nos ovinos. As quantidades ingeridas, por quilograma de peso metabólico, de matéria seca, água, fibra e azoto foram idênticas (Figura 18).

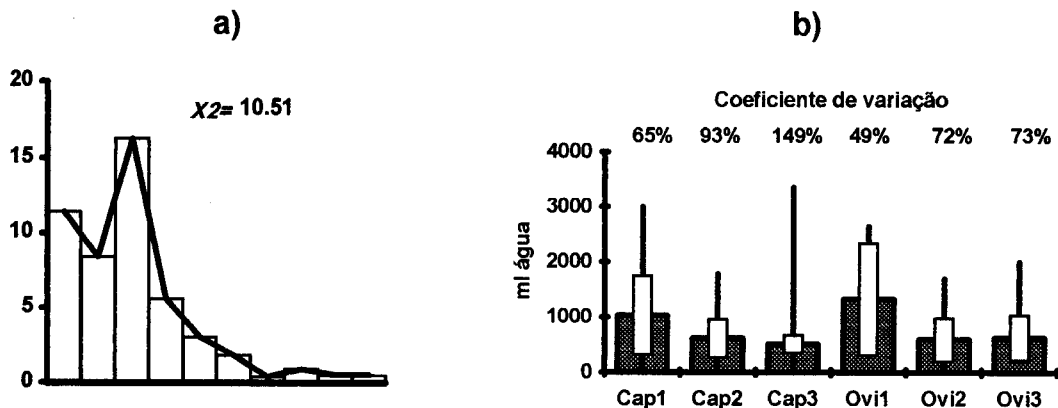
Cap. 5

Figura 18. Quantidades de MS, água, fibra e proteína que entraram no sistema animal (g ou ml/kg MC^{0,75}), consoante a espécie e o tratamento.



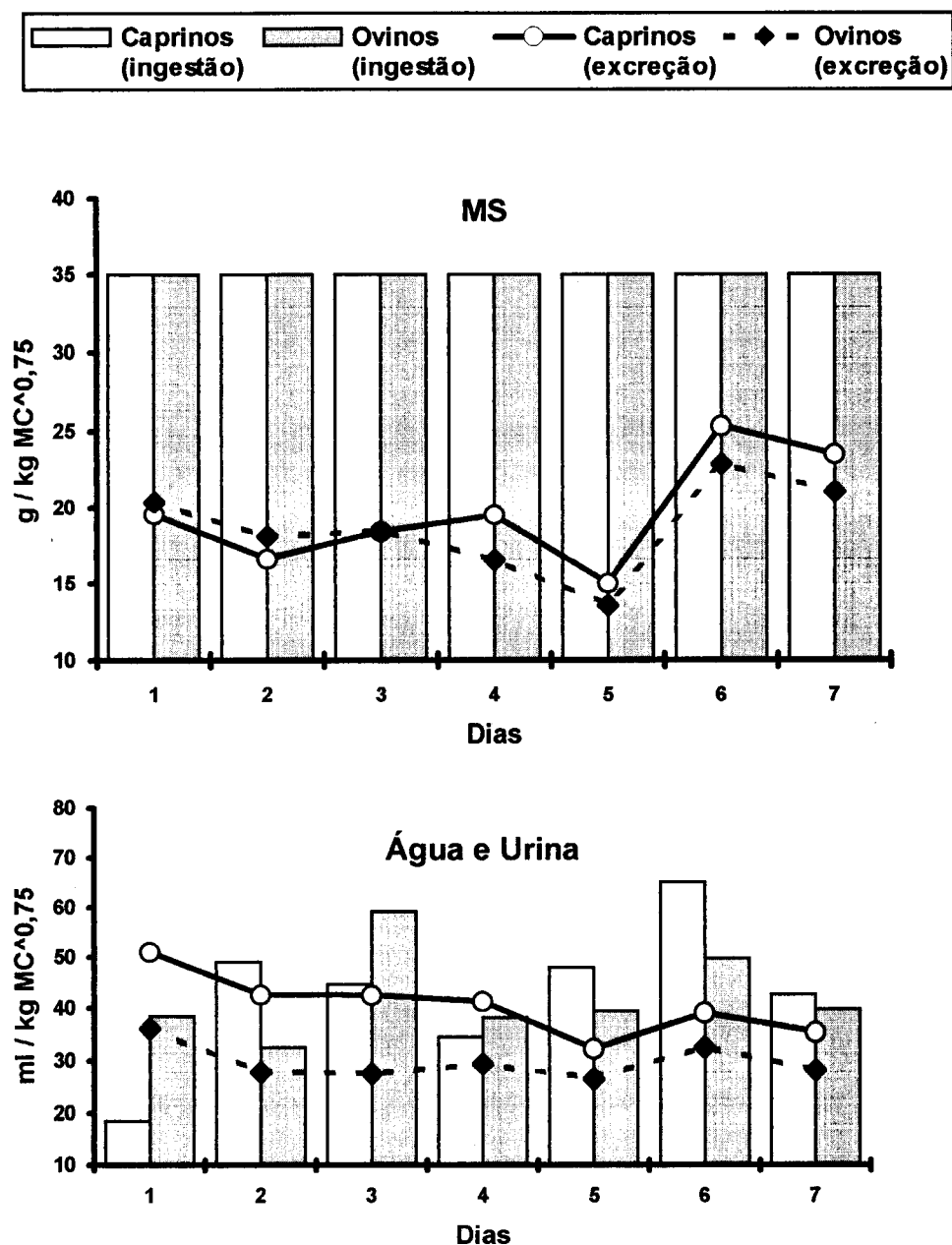
Não se verificaram diferenças entre as espécies para a ingestão voluntária de água, mas a distribuição não é normal (Figura 19-a) e a dispersão de valores em torno das médias (Figura 19-b) é alta. Os caprinos foram os que apresentaram maior variação, havendo dias em que não ingeriram nenhuma água. O aumento do nível de PB da dieta reduziu a ingestão de água nos caprinos, mas os ovinos não evidenciaram a mesma tendência (Figura 18).

Figura 19. Histograma de frequências (a) e variação individual (b) das quantidades de água voluntariamente ingerida por cada animal (ml/dia, n=21), ao longo do ensaio (coeficientes de variação, médias [■], valores máximos e mínimos [-] e intervalos de confiança[□]).



O ritmo (ciclo de 24 h) de entrada de MS e de água nas espécies, bem como o ritmo de excreção, não foram significativamente diferentes (Figura 20; anexo 2.10).

Figura 20. Ritmo de ingestão e de excreção, de caprinos e de ovinos (n=9)

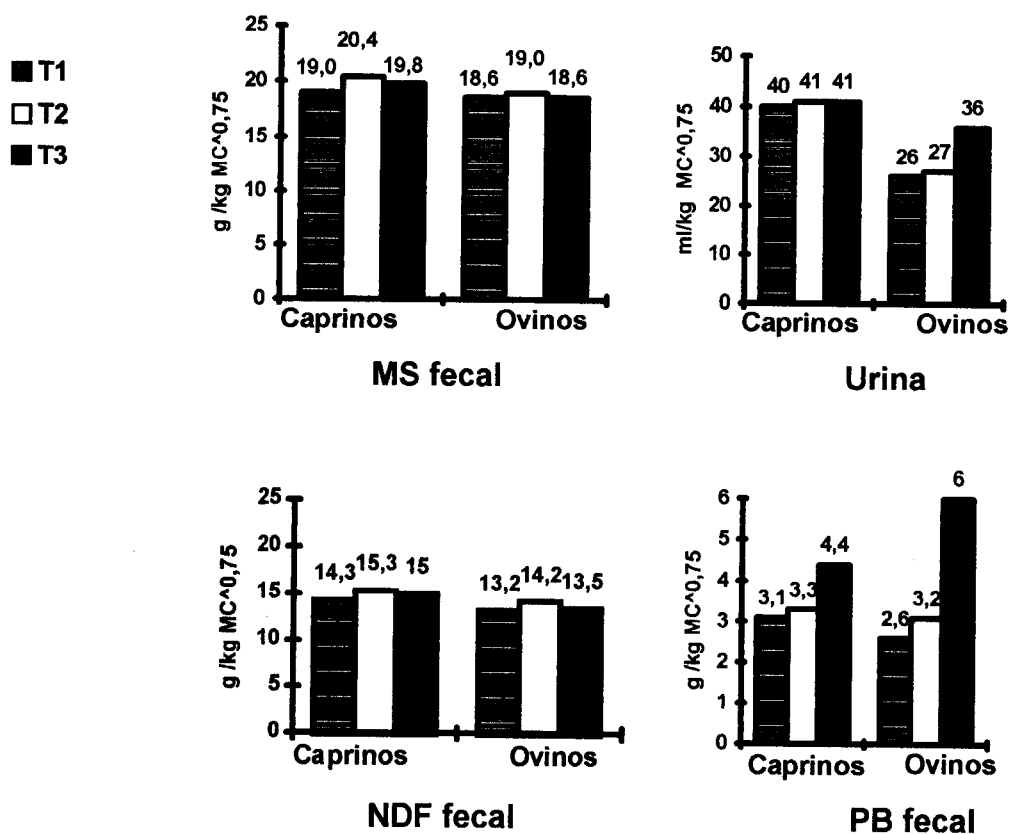


Padrão de excreção - Apesar do padrão de ingestão, dos caprinos e dos ovinos, ter sido idêntico, as espécies foram significativamente diferentes nas quantidades de urina excretada ($P < 0,01$), tendo os caprinos apresentado valores mais elevados (Figura 21). Contudo, o mesmo não se verificou em relação à MS fecal, apesar dos caprinos terem tido valores ligeiramente superiores.

Cap. 5

Os tratamentos não influenciaram significativamente as quantidades excretadas, quer de urina, quer de MS fecal (anexo 2.9).

Figura 21. Quantidades que saíram do sistema animal (g ou ml /kg MC^{0,75}), por espécie e tratamento (n=3)



5.3.2. Eficiência de digestão da matéria seca e da fibra

Digestibilidade *in vivo*

Nestas condições, caracterizadas por limitações alimentares, tanto em quantidade como em qualidade, e quando o comportamento de ingestão foi idêntico, os ovinos apresentaram coeficientes de digestibilidade significativamente superiores aos dos caprinos (Quadro 17; análises de variância no anexo 2.11) em quase todos os parâmetros de digestão da fibra. Apenas em relação à hemicelulose os caprinos apresentaram maior eficiência digestiva, apesar de, no entanto, a diferença não ter sido significativa. A digestibilidade da hemicelulose foi, igualmente, o parâmetro mais variável.

Quadro 17. Coeficientes de digestibilidade (%) da MS, da MO e da fibra, por espécie (média \pm EP, n=9).

	Caprinos	Ovinos	EP	Sig
DMS	43,40 ^b	46,34 ^a	2,46	***
DMO	46,33 ^b	49,53 ^a	2,47	***
DNDF	48,93 ^b	52,85 ^a	2,68	***
DADF	42,35 ^b	48,46 ^a	2,32	***
DHEMI	64,19	62,94	3,71	NS
DCEL	51,15 ^b	57,77 ^a	1,92	***

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

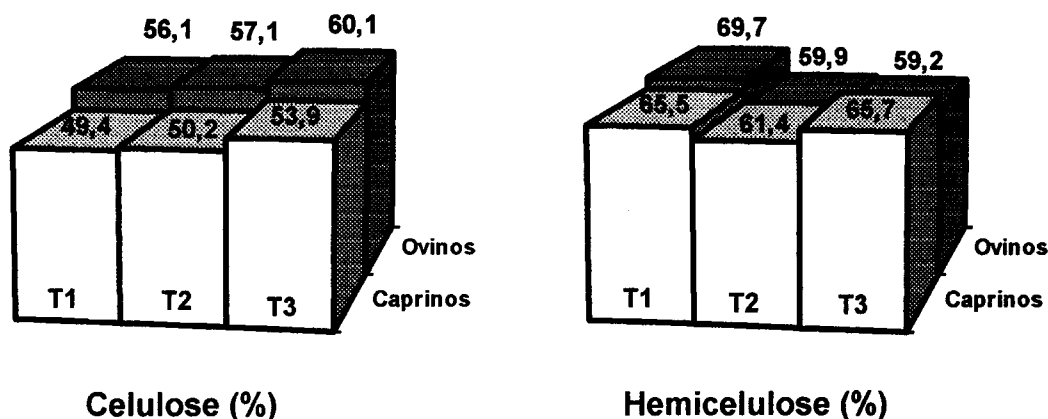
A suplementação azotada afectou a digestibilidade da MS, da MO e da NDF. Quanto maior o nível de azoto na dieta maior foi a digestão da celulose (Quadro 18 e Figura 22), mas as diferenças não foram significativas ($P>0.05$). Já as digestibilidades da hemicelulose ($P>0.05$) e da matéria orgânica ($P<0,05$) parecem ter sido afectadas, negativamente, pelo aumento da suplementação, tendo sido com o nível mais baixo que a digestibilidade foi mais elevada. A digestibilidade da hemicelulose foi o parâmetro que apresentou maior variabilidade tendo as espécies demonstrado diferentes tendências. Enquanto que nos ovinos a digestibilidade da hemicelulose foi mais elevada com o tratamento 1, nos caprinos ela foi semelhante nos tratamentos 1 e 3 (Figura 22). Os valores de digestibilidade foram sempre menores com o tratamento 2, exceptuando a digestibilidade da celulose.

Quadro 18. Coeficientes de digestibilidade (%) da MS, da MO e da fibra, por tratamento (média \pm EP, n=6).

	T1	T2	T3	EP	Sig
DMS	46,07 ^a	43,44 ^b	45,10 ^a	3,01	*
DMO	49,32 ^a	46,65 ^b	47,81 ^b	3,02	*
DNDF	52,40 ^a	48,98 ^b	51,30 ^{ab}	3,28	***
DADF	45,84	43,93	46,44	2,84	NS
DHEMI	67,57	60,66	62,46	4,54	NS
DCEL	52,74	53,66	56,97	2,35	NS

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

Figura 22. Coeficientes de digestibilidade da celulose e da hemicelulose, por espécie e tratamento



Cap. 5

Digestibilidade *in situ* e taxas de digestão

O valor nutritivo das forragens incubadas *in situ*, tendo em consideração a respectiva composição química (Quadro 19), variava entre mau, médio e de alta qualidade. As características de degradabilidade da matéria seca, observadas para as três forragens em estudo, são apresentadas nos Quadros 20 e 21 (análises de variância nos anexos 2.12 a 2.13). Em anexo apresentam-se as equações de cada um dos animais relativas à palha (2.15), feno de espontâneas (2.16) e feno de bersim (2.17).

Quadro 19. Composição química das forragens incubadas *in situ* (%) (média ± (DP), n=4)

	Palha		Feno de espontâneas		Feno de Bersim	
MS	93,33	(1,89)	92,40	(1,92)	93,08	(1,12)
PB	2,27	(0,23)	6,52	(0,36)	18,75	(0,33)
NDF	81,45	(0,46)	66,22	(0,89)	50,89	(0,51)
Dig MO ⁽¹⁾	32,69	(1,02)	48,34	(0,70)	54,88	(0,65)

(1) (Método de Tilley e Terry, 1963)

Quadro 20. Efeito da espécie na matéria seca desaparecida (%) *in situ* e nas características de degradabilidade das forragens incubadas (média ± EP, n=9)

	Palha				Espontâneas				Bersim				
	CAP	OVI	EP	Sig	CAP	OVI	EP	Sig	CAP	OVI	EP	Sig	
MS desaparecida, %													
6 h	14,28	12,74	0,63	NS	38,32 ^a	34,34 ^b	1,03	*	34,89	33,92	0,52	NS	
12 h	23,05	24,41	1,04	NS	53,99	51,15	0,73	NS	48,08	48,80	1,46	NS	
24 h	37,50	33,74	1,30	NS	61,70	59,12	1,29	NS	61,51	63,22	1,37	NS	
48 h	50,01	46,09	2,07	NS	65,32	65,80	0,90	NS	67,39	69,81	0,83	NS	
72 h	53,97	55,26	0,89	NS	67,25	67,81	0,95	NS	65,39	70,92	1,42	*	
a + b	64,58	63,00	4,03	NS	55,11 ^b	67,20 ^a	4,28	*	73,92	76,58	5,40	NS	
a ⁽¹⁾	5,12	5,12	—	—	22,58	22,58	—	—	23,71	23,71	—	—	
b	59,46	57,88	4,03	NS	32,53 ^b	44,62 ^a	4,28	*	50,21	52,87	5,40	NS	
c (%/h)	5,55	4,50	0,65	NS	6,25	6,25	0,66	NS	6,94	6,76	0,61	NS	

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

(1) desaparecido por lavagem

Quadro 21. Efeito do nível de azoto na matéria seca desaparecida (%) *in situ* e nas características de degradabilidade das forragens incubadas (média ± EP, n=6)

	Palha					Espontâneas					Bersim				
	T1	T2	T3	EP	Sig	T1	T2	T3	EP	Sig	T1	T2	T3	EP	Sig
MS desaparecida, %															
6 h	13,3	14,0	13,3	0,8	NS	35,8	36,6	36,6	1,3	NS	34,4	34,7	34,1	0,6	NS
12 h	23,6	24,2	23,6	1,3	NS	53,8	52,5	51,6	0,9	NS	49,2	46,4	49,3	1,8	NS
24 h	35,8	35,0	36,1	1,6	NS	60,7	60,6	59,9	1,6	NS	60,8	64,8	61,4	1,7	NS
48 h	48,0	47,5	48,6	2,5	NS	65,4	64,6	66,7	1,1	NS	69,2	68,4	68,2	1,0	NS
72 h	53,7	54,3	55,8	1,1	NS	67,7	67,3	67,6	1,2	NS	68,0	67,7	68,7	1,7	NS
a + b	64,3	57,8	68,3	4,9	NS	56,3	61,5	65,8	5,2	NS	76,3	73,0	76,4	6,6	NS
a ⁽¹⁾	5,1	5,1	5,1	—	—	25,6	25,6	25,6	—	—	23,7	23,7	23,7	—	—
b	59,2	52,7	63,2	4,9	NS	33,7	38,9	43,2	5,2	NS	52,6	49,3	52,7	6,6	NS
c (%/h)	5,35	4,33	5,38	0,8	NS	5,53	6,42	6,81	0,8	NS	6,73	6,68	7,16	0,7	NS

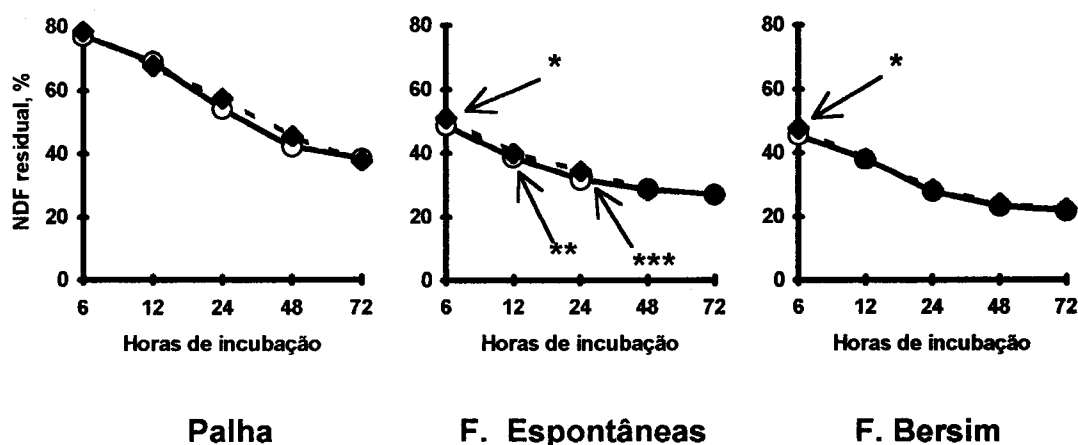
(1) desaparecido por lavagem

As espécies não demonstraram diferenças significativas nas taxas de digestão da MS, mas a degradabilidade potencial do feno de espontâneas foi mais elevada nos ovinos ($P < 0,05$). Os níveis de PB infundida não influenciaram significativamente a cinética de digestão ruminal da MS.

As taxas de digestão da NDF potencialmente digestível, os tempos de latência (*lag time*), o resíduo indigestível e a NDF desaparecida às 48 h, estão apresentadas nos Quadros 22 e 23. Os anexos 2.18 e 2.19 incluem a variação do resíduo das paredes celulares e da fibra potencialmente digestível ao longo dos tempos de incubação.

As únicas diferenças significativas, entre espécies, nos parâmetros da cinética da digestão da fibra, dizem respeito à NDF residual, sobretudo nas forragens de melhor qualidade e às primeiras horas de incubação, que tiveram valores mais elevados nos ovinos (Figura 23; análises de variância nos anexos 2.20 a 2.25).

Figura 23. NDF residual (%) das forragens incubadas *in situ* em caprinos (○) e ovinos (◆)

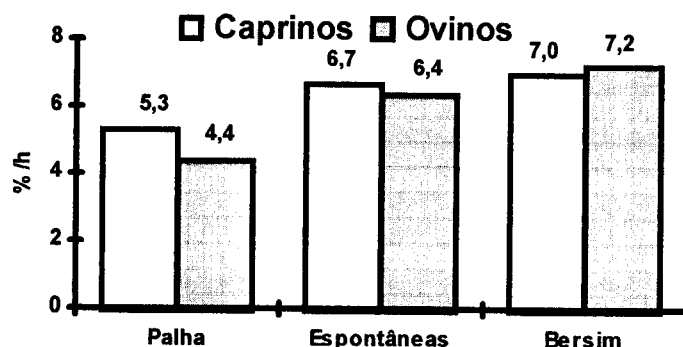


As taxas de digestão da fibra das forragens foram semelhantes para os caprinos e para os ovinos. Contudo, os caprinos apresentaram taxas de digestão ligeiramente superiores com as forragens de pior qualidade (Figura 24) e maiores tempos de latência (Quadro 22). Os valores de tempo de latência encontrados para o feno de espontâneas foram negativos. A digestibilidade *in situ* (ISDNDF) das paredes celulares da palha de trigo, considerada como a NDF desaparecida às 48h, foi mais elevada do que a digestibilidade *in vivo* (Quadro 17; pp.83) em ambas as espécies.

Cap. 5

Os caprinos apresentaram valores de digestibilidade da NDF, calculadas *in situ*, superiores aos encontrados nos ovinos. Para os valores calculados *in vivo* verificou-se a situação inversa. Os níveis de azoto não tiveram nenhum efeito sobre a cinética de digestão da NDF (Quadro 23).

Figura 24. Taxas de digestão da NDF potencialmente digestível das forragens incubadas *in situ*



Quadro 22. NDF indigestível, digestibilidade *in situ* (NDF desaparecida às 48 h), *lag time* e taxas de digestão das forragens incubadas no rumen de caprinos e de ovinos (média ± EP, n=9)

	Palha				Espontâneas				Bersim			
	CAP	OVI	EP	Sig	CAP	OVI	EP	Sig	CAP	OVI	EP	Sig
72 h	38,55	37,80	0,61	NS	26,91	26,85	0,27	NS	21,71	22,30	0,58	NS
ISDNDF	57,60	54,26	1,80	NS	71,37	71,50	0,68	NS	76,79	76,17	0,57	NS
<i>Lag time</i> , h	4,44	3,70	0,90	NS	-9,49	-6,80	2,03	NS	1,50	2,35	1,14	NS
k, %/h	5,29	4,38	0,68	NS	6,66	6,35	0,61	NS	6,96	7,21	0,72	NS

Quadro 23. NDF indigestível, digestibilidade *in situ* (NDF desaparecida às 48 h), *lag time* e taxas de digestão das forragens incubadas, por tratamentos (média ± EP, n=6)

	Palha					Espontâneas					Bersim				
	T1	T2	T3	EP	Sig	T1	T2	T3	EP	Sig	T1	T2	T3	EP	Sig
72 h	38,7	38,7	37,1	0,8	NS	26,6	26,9	27,1	0,3	NS	21,6	22,4	22,0	0,7	NS
ISDNDF	56,0	55,8	56,0	2,2	NS	71,4	70,6	72,3	0,8	NS	77,2	76,2	76,0	0,7	NS
<i>Lag time</i> , h	4,52	3,11	4,58	1,1	NS	-9,7	-11,6	-3,2	2,5	NS	2,90	1,81	1,07	1,4	NS
k, %/h	5,06	4,34	5,11	0,8	NS	5,89	5,62	8,01	0,7	NS	7,50	7,45	6,31	0,9	NS

Volume ruminal e taxas de passagem da fase líquida

Os caprinos apresentaram fluxos ($P < 0,01$) e tempos de retenção ($P < 0,05$) menores do que os ovinos (Quadro 24; análise de variância no anexo 2.26). O volume ruminal das duas espécies não foi significativamente diferente, mas a *pool* de MS foi maior nos ovinos ($P < 0,05$). Este

parâmetro, quando relacionado com o peso vivo ou com o peso metabólico, deixa de ser significativamente diferente.

Quadro 24. Efeito da espécie sobre os parâmetros de cinética da fase líquida ruminal (média ± EP, n=9)

	Caprinos	Ovinos	EP	Sig
k, %/h	6,58	6,14	0,67	NS
Volume, ml	4347,28	5889,25	697,35	NS
Fluxo, ml/h	267,24 ^b	326,73 ^a	17,61	**
1/k (h)	15,89 ^b	17,91 ^a	1,78	*
Pool MS, ml	4793,91 ^b	6563,87 ^a	776,47	*
Pool MS/MC ^{0,75}	290,16	333,59	34,68	NS
Pool MS/MC ¹	114,44	124,23	13,06	NS

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

O nível de proteína bruta infundida não influenciou os parâmetros de cinética da fase líquida (Quadro 25). Verificou-se, no entanto, que com o tratamento 2 as *pools* de líquido e de MS foram menores do que nos outros tratamentos, tendo apresentado maiores taxas de passagem.

Quadro 25. Efeito do nível de azoto sobre os parâmetros de cinética da fase líquida ruminal (média ± EP, n=6)

	T1	T2	T3	EP	Sig
k, %/h	6,50	6,62	5,98	0,83	NS
Volume, ml	4903,82	4800,91	5650,06	854,08	NS
Fluxo, ml/h	294,75	289,93	306,27	21,56	NS
1/k (h)	16,45	16,19	18,06	2,18	NS
Pool MS, ml	5425,30	5321,61	6289,77	950,98	NS

Parâmetros do microambiente ruminal

As concentrações de MS e ácidos gordos voláteis (mmol/l) foram menores nos caprinos do que nos ovinos, tendo a última sido significativa ($P < 0,001$; Quadro 26). Não houve diferença entre as espécies em relação ao pH e à percentagem molar de ácidos gordos voláteis, com exceção da respeitante ao ácido butírico que foi mais elevada ($P < 0,05$) nos caprinos. A relação entre os ácidos acético/propiónico não foi significativamente diferente. As análises de variância estão apresentadas no anexo 2.27.

Cap. 5

Os níveis de PB infundida não alteraram o tipo de fermentação, como se pode observar analisando as relações de ácidos acético/propiónico, apesar de terem aumentado ($P>0,05$) as concentrações de ácidos gordos voláteis totais (Quadro 27). Os isoácidos e o ácido valérico aumentaram ($P<0,05$) com a maior quantidade de caseína infundida.

Quadro 26. Efeito da espécie sobre parâmetros de fermentação ruminal
(média \pm EP, n=9)

	Caprinos	Ovinos	EP	Sig
MS ruminal (%)	9,05	10,20	0,57	NS
pH	6,90	6,98	0,04	NS
Ácidos gordos voláteis (mmol/litro)				
Totais	78,55 ^b	92,21 ^a	3,54	***
Ácidos gordos voláteis (% molar)				
Ác. acético	74,10	73,94	0,38	NS
Ác. propiónico	15,14	15,71	0,20	NS
Ác. butírico	6,03 ^a	5,48 ^b	0,18	*
Ác. isobutírico	1,32	1,27	0,06	NS
Ác. isovalérico	2,21	2,31	0,10	NS
Ác. valérico	1,21	1,26	0,05	NS
Relação C2:C3	6,00	5,71	0,27	NS

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

Quadro 27. Efeito do tratamento sobre parâmetros de fermentação ruminal
(média \pm EP, n=6)

	T1	T2	T3	EP	Sig
MS ruminal (%)	9,57	9,46	9,85	0,70	NS
pH	6,93	6,97	6,93	0,47	NS
Ácidos gordos voláteis (mmol/litro)					
Totais	83,28	85,98	86,50	4,34	NS
Ácidos gordos voláteis (% molar)					
Ác. acético	74,24	74,00	73,84	0,46	NS
Ác. propiónico	15,63	15,42	15,23	0,25	NS
Ác. butírico	6,00	5,82	5,48	0,22	NS
Ác. isobutírico	1,17 ^c	1,26 ^b	1,45 ^a	0,07	*
Ác. isovalérico	1,93 ^c	2,28 ^b	2,55 ^a	0,12	*
Ác. valérico	1,05 ^c	1,22 ^b	1,43 ^a	0,07	*
Relação C2:C3	5,83	5,85	5,84	0,28	NS

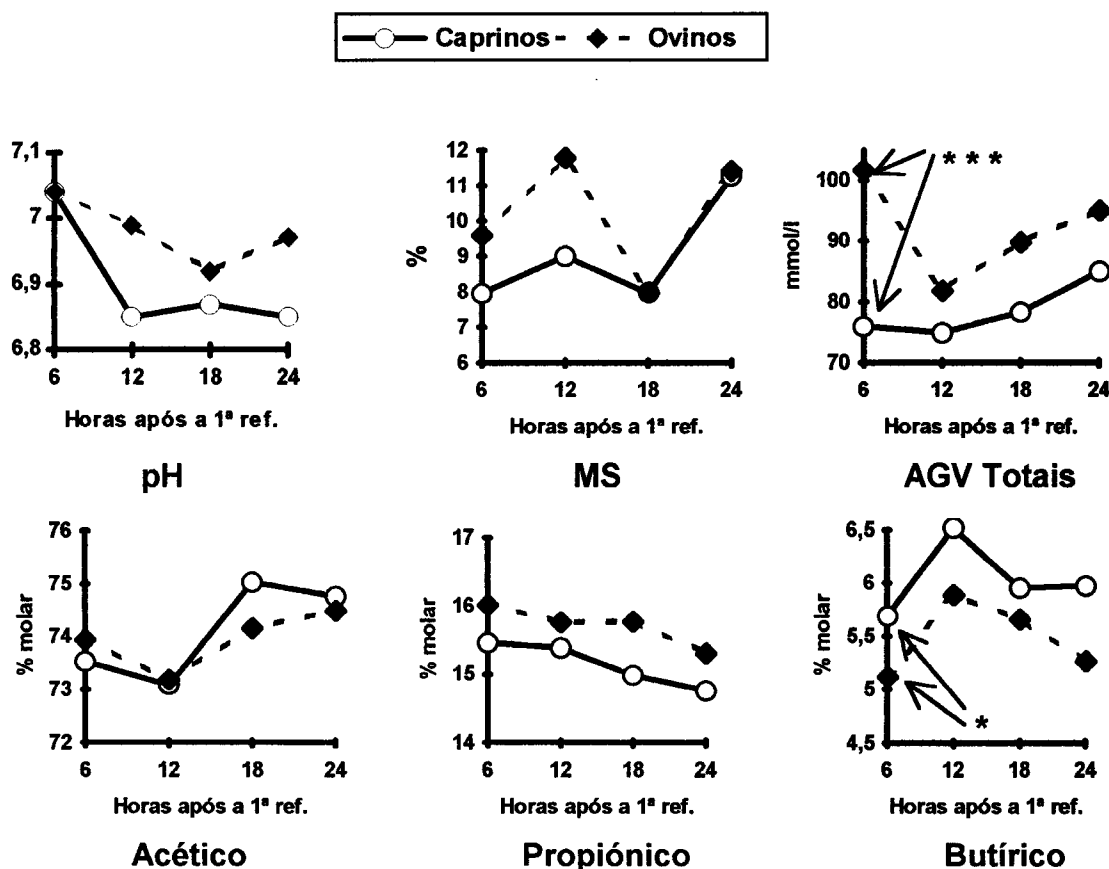
Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

Varição circadiana - As variações a nível ruminal seguiram tendências paralelas em ambas as espécies não tendo as distribuições sido significativamente diferentes (anexo 2.10). Quando as espécies foram comparadas hora a hora (análises de variância nos anexos 2.28 a 2.31), as diferenças não foram significativas, com excepção das concentrações de AGV totais e de ácido

butírico, seis horas após a primeira refeição (Figura 25; anexo 2.28). Comparando os valores obtidos nas diferentes colheitas, para cada espécie (anexos 2.32 e 2.33), apenas se registaram diferenças significativas na MS ruminal dos ovinos ($P < 0,05$).

O pico de MS ruminal registou-se às 12 h após a primeira refeição e elevou-se durante a noite, tal como a concentração de AGV. As percentagens molares do ácido acético, de ambas as espécies, tiveram valores mais baixos 12 h após a ingestão da primeira refeição, enquanto que foi às 12 h que a percentagem molar de ácido butírico apresentou os valores mais elevados (Figura 25). As percentagens molares do ácido propiônico foram mais elevadas nas primeiras 6 h após o início da ingestão, decrescendo em seguida.

Figura 25. Variação circadiana, no rumen de caprinos e de ovinos do pH, matéria seca (%), ácidos gordos voláteis totais (mmol/litro) e percentagem molar de ácidos gordos voláteis: ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico



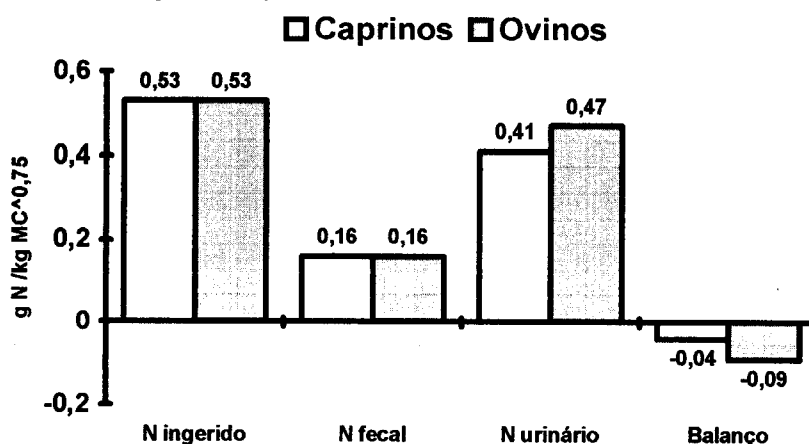
Cap. 5

5.3.3. Metabolismo azotado

Retenção e digestibilidade do azoto

O balanço azotado, expresso em peso metabólico, foi negativo em ambas as espécies independentemente do tratamento a que foram submetidas (Figura 26; análises de variância no anexo 2.34) e não foi significativamente diferente. Os caprinos perderam menos azoto através da urina do que os ovinos ($P < 0,05$), não obstante terem tido maiores excreções de urina, (Quadro 16, pp.78) uma vez que as suas concentrações de azoto urinário eram menores (Quadro 28). As espécies não apresentaram diferenças na digestibilidade da proteína.

Figura 26. Azoto ingerido, excretado nas fezes e urinas e balanço azotado de caprinos e de ovinos ($\text{g N / kg MC}^{0,75}$)



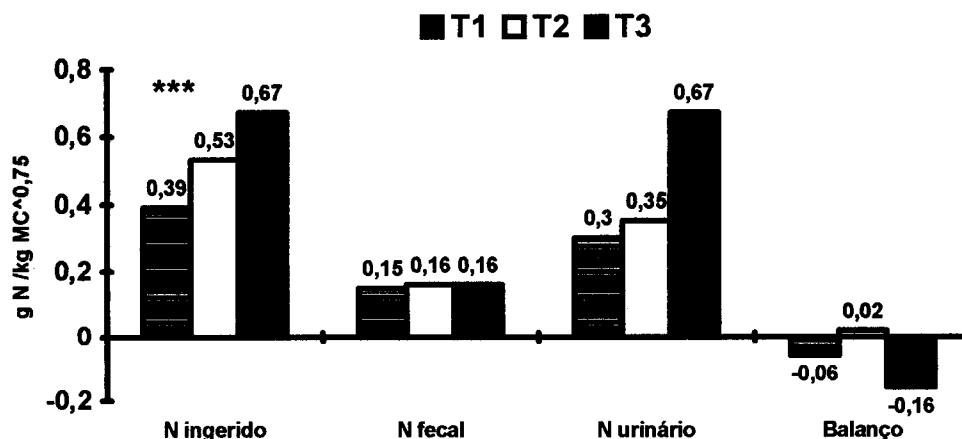
Quadro 28. Parâmetros do metabolismo azotado de caprinos e de ovinos (média \pm EP, n=9)

	Caprinos	Ovinos	EP	Sig
Digestibilidade aparente PB, %	66,51	67,22	1,05	NS
Balanço N, g/dia				
Ingerido	8,82 ^b	10,26 ^a	0,46	***
Nas fezes	2,62 ^b	3,00 ^a	0,17	***
Nas urinas	6,85	9,36	2,12	NS
Retido	-0,65	-2,09	3,74	NS
N no rumen, mg/100 ml				
Total	123,03 ^a	107,39 ^b	2,91	*
Amoniacal	12,50	13,31	1,19	NS
Microbiano	47,88 ^a	40,92 ^b	1,79	**
Protozoários, n° x 10 ⁴ / 100 ml				
Entodinium spp	552,94	661,91	42,26	NS
Grandes entodiniomórficos	11,19 ^a	6,61 ^b	0,78	***
Holótricos	1,76	3,43	0,56	NS
N ureico plasmático, mg/100 ml	43,03	38,18	2,33	NS
N total urinário, mg/100 ml	1070,00	1481,00	1,53	**

Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

O único tratamento que permitiu uma ligeira retenção azotada, com o balanço quase em equilíbrio, foi o tratamento 2. O tratamento 3, apesar de ser o que tinha maior concentração de proteína na dieta, foi o que teve pior balanço azotado. O aumento de proteína na dieta aumentou ligeiramente a excreção de azoto fecal, mas influenciou, notoriamente, a quantidade de azoto excretado na urina, através do aumento da concentração urinária (Quadro 29; $P < 0,01$) e também da quantidade excretada (Quadro 16; $P > 0,05$). Os níveis de proteína infundida afectaram a digestibilidade da PB ($P < 0,001$).

Figura 27. Azoto ingerido, excretado nas fezes e urinas e balanço azotado consoante os tratamentos (g N/ kg MC^{0,75})



Quadro 29. Efeito dos níveis de azoto sobre alguns parâmetros do metabolismo azotado (média \pm EP, n=6)

	T1	T2	T3	EP	Sig
Digestibilidade aparente PB, %	58,48 ^c	67,67 ^b	74,44 ^a	1,28	***
Balanço N, g/dia					
Ingerido	7,04 ^c	9,50 ^b	12,08 ^a	0,57	***
Nas fezes	2,67 ^b	2,87 ^a	2,88 ^a	0,21	*
Nas urinas	5,34	6,31	12,65	2,59	NS
Retido	-0,97	0,32	-3,45	4,58	NS
N no rumen, mg/100 ml					
Total	108,00	114,79	122,83	3,57	NS
Amoniacal	8,80 ^c	13,14 ^b	16,78 ^a	1,45	***
Microbiano	42,35	43,87	47,23	2,17	NS
Protozoários, n° x 10 ⁴ /100 ml					
Entodinium spp	624,73	662,70	532,29	52,17	NS
Grandes entodiniomórficos	9,71	9,69	7,56	0,96	NS
Holótricos	2,73	2,75	2,23	0,69	NS
N ureico plasmático, mg/100 ml	30,72 ^c	41,66 ^b	49,45 ^a	2,85	***
N total urinário, mg/100 ml	987 ^b	1115 ^b	1723 ^a	1,87	**

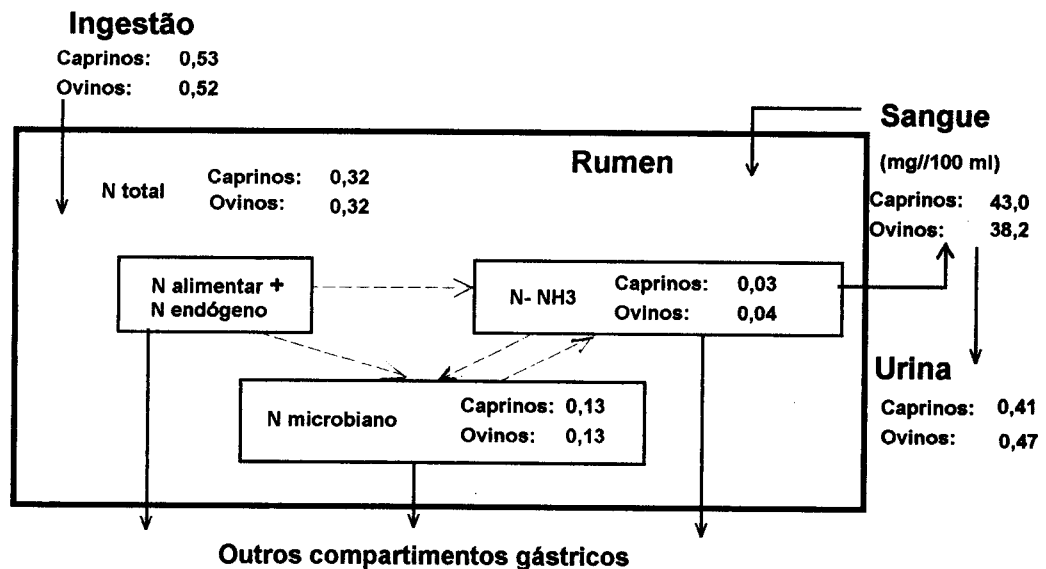
Na mesma linha, médias com índices superiores diferentes são significativamente diferentes

Cap. 5

Azotos ruminal, urinário e plasmático

Nos Quadros 28 e 29 estão apresentados os efeitos da espécie e dos tratamentos sobre alguns parâmetros do metabolismo azotado, encontrando-se as análises de variância respectivas no anexo 2.35. As concentrações de azoto e das várias populações de protozoários apresentaram algumas diferenças entre as espécies. Os caprinos tiveram uma maior população de grandes entodinomórficos ($P < 0,001$), maiores concentrações de azoto microbiano ($P < 0,01$) e de azoto total ($P < 0,05$). Utilizando os valores estimados dos volumes ruminais das espécies e as concentrações das frações de azoto ruminal, e ainda os volumes e as concentrações de urina, esboçou-se um gráfico geral de alguns componentes do metabolismo azotado dos caprinos e dos ovinos (Figura 28). Verificou-se que os valores das espécies, quando expressas em quantidades diárias por quilograma de peso metabólico se assemelham.

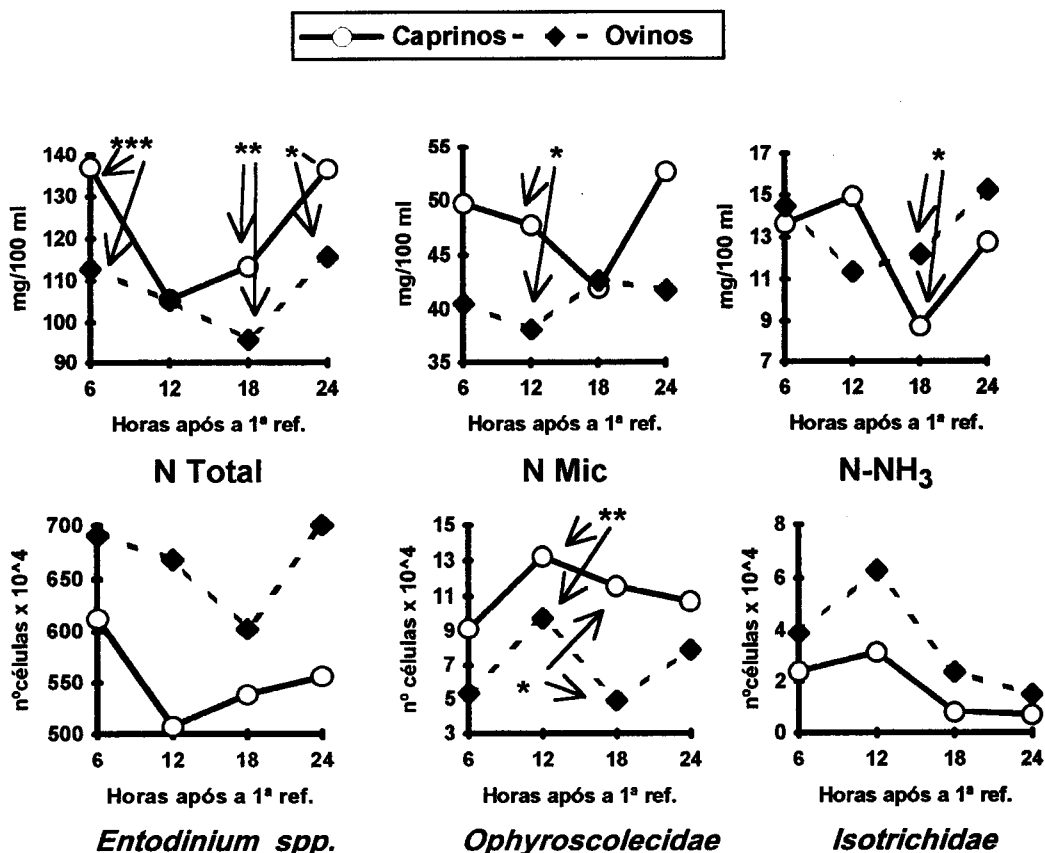
Figura 28. Quantidades de azoto (g/kg MC^{0,75}) ingeridas, existentes no rumen e na urina e concentrações plasmáticas de azoto ureico (mg/100ml) de caprinos e de ovinos



Os níveis de proteína infundida aumentaram as concentrações ruminais das várias frações de azoto, principalmente a de azoto amoniacal ($P < 0,001$), e as concentrações de azoto plasmático ($P < 0,001$) e urinário ($P < 0,01$). Apesar de se ter verificado um aumento não significativo do N microbiano ($P > 0,05$) com o aumento do nível de proteína, o número de células das populações de protozoários reduziram-se com o nível mais elevado de proteína na dieta.

Variação circadiana- As oscilações horárias das frações de azoto e da população de protozoários no rumen dos caprinos e dos ovinos manifestaram a mesma tendência, verificada com os outros parâmetros quantificados da fermentação ruminal, para alterações paralelas (Figura 29) e as distribuições não foram significativamente diferentes. No entanto, verificaram-se diferenças entre horas de colheita, quer nos caprinos ($P < 0,01$; anexo 2.40) quer nos ovinos ($P < 0,05$; anexo 2.41), em relação ao azoto total ruminal. Comparando as espécies hora a hora, algumas das diferenças entre espécies foram significativas, como se pode observar na Figura 29 (análises de variância nos anexos 2.36 a 2.39).

Figura 29. Variação circadiana do azoto ruminal (mg/100 ml) e do número de células de protozoários ciliados ($n^{\circ} \times 10^4$) no rumen de caprinos e de ovinos: N total; N microbiano; N amoniacal; Pequenos entodiniomórficos (*Entodinium* spp.); Grandes entodiniomórficos (*Ophryoscolecidae*); Holótricos (*Isotrichidae*)



Cap. 5

5.4. DISCUSSÃO***Condições experimentais***

Para atingir os objectivos deste ensaio era importante que o comportamento de ingestão das espécies fosse igual, o que apenas era possível controlando a ingestão. Ao suprimir as diferenças que, eventualmente, os caprinos e os ovinos pudessem apresentar no seu comportamento alimentar, procurou-se evidenciar a amplitude das variações do funcionamento digestivo de cada uma das espécies. Desta circunstância resultou uma situação alimentar não natural, o que, provavelmente, poderá ter tido repercussões nos resultados obtidos. Assim, discutiremos seguidamente em que medida se conseguiu assegurar a igualdade do comportamento de ingestão e, também, de que forma algumas das condições utilizadas no ensaio poderão ter afectado os resultados.

As condições experimentais utilizadas pretenderam anular diferenças na capacidade de ingestão e selecção do alimento, procurando simultaneamente que o número de refeições e o intervalo entre elas não se afastassem muito dos padrões de ingestão *ad libitum* referidos na bibliografia (Quadro 6, pp.39). Para tal, utilizou-se uma quantidade de forragem que não satisfizesse as necessidades de manutenção, por forma a garantir que os animais consumissem a totalidade do alimento; traçou-se o alimento para reduzir a possibilidade de selecção (e também para facilitar o consumo) e repartiu-se a totalidade do alimento em seis refeições idênticas (para garantir idêntico ritmo de entrada de MO). Teoricamente, o consumo da forragem distribuída por refeição demoraria cerca de 30 mn (duração provável da ingestão: $\pm 4,5$ mn/g MS/kg^{0,75}) sendo o intervalo de 3 horas, que se estabeleceu entre refeições, suficiente para que os animais consumissem voluntariamente o alimento distribuído. No entanto, apesar destas condições restritivas, alguns animais deixaram refugos que foram moídos e introduzidos no rumen, e que, por isso, não sofreram nem mastigação, nem salivação. É provável que a hidratação deste material tivesse sido mais demorada e tivesse afectado a cinética de digestão (através do possível aumento dos tempos de latência e de passagem). No entanto, com esta prática, garantiu-se que a quantidade

de nutrientes entrada por quilograma de peso metabólico fosse idêntica por animal durante todo o ensaio, condição essencial para testar as permissas estabelecidas.

Apesar de se ter controlado o comportamento de ingestão, algumas das suas características, nomeadamente as relacionadas com a mecânica do processo de ingestão (durações da mastigação e da ruminação e, conseqüentemente, a quantidade de saliva produzida), não foram quantificadas e poderão ter sido diferentes entre as espécies. A prática utilizada de refeições frequentes poderá igualmente ter afectado aquela mecânica. No entanto, segundo DULPHY *et al.* (1988), as ingestões frequentes não afectam nem a ruminação nem a mastigação, mas aumentam a taxa de ingestão. Esta repercussão favoreceria o consumo mais rápido das refeições, como pretendíamos. Parece-nos por isso que, se realmente existiram diferenças entre as espécies relativamente a estes parâmetros (os quais poderão ter influenciado indirectamente a eficiência digestiva), tais diferenças terão sido consequência das características intrínsecas das espécies.

Uma das consequências previsíveis da entrada frequente da matéria orgânica no rumen é o esbatimento dos picos de fermentação ruminal, sem no entanto se atingir o *steady state*. A não obtenção da condição de equilíbrio foi intencional, tendo-se utilizado o calendário de distribuição das refeições para originar dois períodos distintos. Um período diurno, mais ocupado com a apreensão do alimento, e o outro nocturno, com mais tempo disponível para a ruminação, seguindo o padrão circadiano descrito por vários autores (ABREU, 1984; DULPHY *et al.*, 1988). É praticamente impossível a obtenção de um estado permanente de equilíbrio dinâmico da fermentação. Com efeito, MATHERS e WALTERS (1982) referem que, mesmo com alimentação fornecida de 2 em 2 h, a taxa de fermentação dos glúcidos se desvia do *steady state*. Nas presentes circunstâncias, o padrão de fermentação não foi significativamente diferente entre horas, para cada espécie (exceptuando a MS e o azoto total no rumen). Também as horas não foram, de um modo geral, diferentes entre as espécies, como se pode verificar pelo paralelismo demonstrado nas variações circadianas dos parâmetros ruminiais que se controlaram (Figuras 25 e 29, pp.89 e 93, respectivamente), tendo a variação sido mais elevada nas diferentes fracções de azoto ruminal.

Cap. 5

No que diz respeito aos sais minerais e ao azoto no rumen, é previsível que o *steady state* tenha sido atingido. A infusão contínua de azoto visou atenuar possíveis influências sobre a digestão, resultantes de diferentes capacidades de reciclagem do N que pudessem deturpar os resultados obtidos. A suplementação de azoto (não proteico e proteico) e de minerais visou garantir que a digestão da fibra não fosse limitada por restrições nutritivas ao crescimento da microbiota (DURAND e KOMISARCZUK, 1988). Esta suplementação poderia, em princípio, ter alterado as características da fermentação ruminal. Com efeito, a infusão de sais minerais no rumen eleva o pH e aumenta a taxa de diluição e a osmolalidade ruminal, os quais influenciam, por sua vez, a degradação dos constituintes alimentares (SEQUEIRA, 1988). Os efeitos previsíveis são os da diminuição da produção total dos AGV, devido ao decréscimo de substracto disponível (por aumento de passagem). As proporções molares dos AGV produzidos, bem como a concentração de amónia, também poderiam ter sido influenciadas. HOOVER *et al.* (1984) determinaram os efeitos, em separado, do aumento da taxa de diluição, do pH e da osmolalidade, tendo verificado que o incremento da taxa de diluição aumentou a percentagem molar e a taxa de produção de propionato. Por sua vez, a elevação do pH de 5,5 para 7,5 aumentou a percentagem molar de acetato não tendo as alterações da pressão osmótica tido nenhum efeito sobre a fermentação nem sobre o metabolismo. Todavia, estas influências estão associadas a elevados níveis de bicarbonato e dependem do tipo de dieta. SEQUEIRA (1988) apenas encontrou diferenças na fermentação quando o nível de bicarbonato foi superior a 10%, concentração 5 vezes superior à utilizada neste ensaio. ROGERS e DAVIS (1982) e HADJIPANAYIOTOU (1982) constataram que o efeito do bicarbonato não se faz sentir em dietas com elevados teores de fibra, situação alimentar que caracterizou o presente ensaio.

A escolha dos suplementos azotados deveu-se à necessidade de se utilizar uma proteína purificada e solúvel, rapidamente degradável no rumen de acordo com uma cinética de 1ª ordem (RUSSELL *et al.*, 1991). Escolheu-se a caseína por se tratar de uma proteína sobre a qual existe grande quantidade de trabalho acumulado, apesar de não ser a suplementação azotada mais adequada á melhor utilização da fibra (McALLAN e GRIFFITH, 1987), devido ao desfasamento entre

os picos de fermentação da proteína e da MO. No entanto, no presente ensaio esta situação não era de esperar dada a entrada contínua e a ocorrência da proteólise independentemente da disponibilidade em carboidratos (RUSSELL *et al.*, 1991), o que garantia níveis constantes de degradação. Dado que 90% da caseína é degradada no rumen (McDONALD e HALL, 1957), variando o seu tempo de semi-vida entre 5,6 e 21,5 mn (MANGAN, 1972), poder-se-ia ter verificado que a suplementação afectasse as características da fermentação ruminal, ao introduzir uma fonte energética alternativa para os microrganismos. No entanto, a caseína é mal utilizada como fonte energética pelas bactérias. Vários autores (RUSSELL *et al.*, 1983; ROOKE *et al.*, 1987; ROOKE e ARMSTRONG, 1989) referem que a fermentação ruminal não foi influenciada pela utilização de caseína, não tendo observado alterações significativas no pH, na concentração e percentagem molar dos AGV, nem no desaparecimento de MS de forragens incubadas no rumen em sacos de nylon. A degradação da caseína no rumen contribui, sobretudo, para aumentar as diferentes *pools* de azoto no rumen. A *pool* de azoto microbiano e, principalmente, a de peptídeos, são as que sofrem maiores alterações, com cerca de 66% do azoto celular a derivar directamente da caseína, apesar da taxa média de crescimento bacteriano ser lenta (<0,07/h - RUSSELL *et al.*, 1983). A *pool* de ácidos aminados livres também aumenta, sobretudo à custa de lisina, isoleucina, leucina e valina que existem em maior proporção na estrutura da caseína. Estes dois últimos ácidos aminados são precursores de ácidos gordos voláteis de cadeia ramificada, o que explica o crescente aumento das percentagens molares dos ácidos isobutírico e isovalérico como se observou neste ensaio, à medida que se aumentou o nível de suplementação proteica (Quadro 27, pp. 88), à semelhança do observado por KEMPTON e LENG (1979). Quanto à *pool* de amónia, apesar de alguns autores terem referido que a suplementação com caseína contribuía para a acumulação de amónia (McDONALD e HALL, 1957), estudos posteriores, utilizando ¹⁵N, indicam que pouco azoto proveniente da caseína entra nesta *pool* (RUSSELL *et al.*, 1983), mesmo que haja acumulação de peptídeos, o que ocorre porque a taxa de hidrólise da proteína ultrapassa a da hidrólise de peptídeos (HOOVER e STOKES, 1991). Assim, a utilização de ureia pretendeu garantir níveis de amónia ruminal superiores aos considerados como necessários ao crescimento bacteriano (SATTER e SLYTER, 1974). Maiores disponibilidades em azoto no rumen, por parte de uma das

Cap. 5

espécies, teriam, nestas condições, de resultar de maior capacidade de reciclagem de azoto. Existindo uma correlação linear entre os níveis de azoto ureico plasmático e os de azoto amoniacal no rumen (COCIMANO e LENG, 1967), os níveis crescentes de ureia plasmática que se observaram com os incrementos de suplementação azotada (Quadro 29, pp. 91) reflectem um excesso de N-NH₃ com o aumento da suplementação, indicação aparente da satisfação das necessidades microbianas. Com o aumento da uremia é de esperar um aumento da reciclagem do azoto para o rumen. No entanto, o nível de reciclagem está muito ligado à actividade das bactérias aderentes à parede do rumen (CHENG E COSTERTON, 1980). A sua população aumenta, essencialmente, em situações de elevada disponibilidade em substratos energéticos facilmente fermentáveis, que determinam um conseqüente aumento da actividade ureolítica e da reciclagem. As condições alimentares utilizadas não foram de molde a poder estimular tal reciclagem.

Outra condição experimental passível de influenciar a eficiência digestiva diz respeito à ingestão de água. Maiores consumos aumentam a taxa de diluição dos microrganismos dificultando o contacto entre as enzimas e as partículas alimentares. No presente ensaio as espécies apresentaram idênticos consumos médios de água (Quadro 16, pp.78), mas a característica que mais sobressaiu foi a variabilidade da ingestão *ad libitum* de água, tanto entre animais (Figura 19, pp.80), como entre dias (Figura 20, pp.81). As espécies demonstraram diferentes tendências de consumo de água consoante o tratamento (Figura 18, pp.80). Os caprinos tiveram consumos mais elevados com o menor nível de suplementação azotada (ml água/ g MS = 1,4), enquanto nos ovinos o consumo mais elevado se verificou com o maior nível de suplementação (ml água/ g MS = 1,3). Provavelmente, teria sido preferível fornecer toda a água por infusão contínua de modo a evitar esta variabilidade, da qual se desconhecem as conseqüências.

Eficiência digestiva

Digestibilidade - Desconhecem-se outros ensaios comparativos em que ambas as espécies tenham ingerido, obrigatoriamente, a mesma quantidade de alimento (anexo1). Nestas condições, os ovinos digeriram a palha de trigo melhor do que os caprinos, tendo os valores referentes às

digestibilidades da MS e da fibra sido significativamente mais elevadas. A diferença observada entre as espécies não parece ter sido resultante de uma fermentação ruminal mais eficiente, já que não se observaram diferenças significativas entre as espécies no que respeita aos principais parâmetros ruminais. As proporções molares dos AGV foram semelhantes [com excepção do ácido butírico (Quadro 23, pp. 88)] e a cinética de digestão da MS e da NDF da palha não foram significativamente diferentes entre as espécies (Quadro 20, pp. 84; Quadro 22, pp.86). Mas estes resultados podem deturpar a realidade da dinâmica retículo-ruminal. Sendo a eficiência de utilização do alimento uma resultante da competição entre digestão e passagem, diferentes cinéticas de passagem das partículas, associadas a uma mesma taxa de digestão, podem traduzir-se em diferentes valores de digestibilidade. Alguns dos resultados obtidos no presente ensaio permitem considerar a possibilidade de tal ter ocorrido. Os ovinos tiveram *pools* de MS maiores e, também, maiores volumes ruminais, o que poderá significar ter existido uma menor taxa de saída da fase sólida do conteúdo ruminal destes animais, uma vez que as taxas de entrada eram idênticas. Apesar das taxas de passagem da fase líquida terem sido semelhantes entre as espécies, é possível que tenham ocorrido diferentes taxas de passagem da fase sólida. Infelizmente não pudemos, como o planeado, estimar estas taxas de passagem, e comprovar esta suposição, por se terem perdido, acidentalmente, as necessárias amostras fecais.

Apesar dos caprinos terem tido menores digestibilidades da NDF da palha *in vivo*, tiveram, porém, maiores digestibilidades da palha *in situ*, não se tendo verificado diferenças entre as espécies para as forragens de melhor valor nutritivo (ISDNDF - Quadro 22, pp.86). KAYOULI e JOUANY (1990) verificaram diferenças semelhantes quando compararam dromedários e ovinos. Estes resultados serão possivelmente consequência de diferentes populações de microrganismos, tendo os caprinos apresentado concentrações significativamente superiores de azoto microbiano (47,9 vs 40,9 mg/100 ml). No entanto, percentagem de desaparecimento não é sinónimo de digestão e convem ter presente todos os factores que influenciam esta metodologia e que foram revistos por NOCEK (1985). O facto de se terem obtido valores negativos para fases de latência do feno de espontâneas põe em evidência a falibilidade da técnica de estudo utilizada neste caso.

Cap. 5

Cinética - Os resultados de degradabilidade potencial média (a + b) obtidos neste ensaio para a palha (63,79 g/100 g), o feno de espontâneas (61,16 g/100 g) e o feno de bersim (75,25 g/100 g) foram semelhantes aos valores encontrados por outros autores, para os mesmos tipos de alimentos (SHAND *et al.*, 1988). Contudo, neste ensaio, as taxas de digestão da palha de trigo são superiores às observadas por SHAND *et al.* (1988), nomeadamente 5,02 %/h vs. 3,24%/h e aproximam-se dos valores referidos por BENTO (1990) para um feno de aveia cortado tardiamente (4,99% /h). As taxas de digestão mais elevadas encontradas no presente ensaio, para além de poderem ser devidas a distintas características da técnica utilizada, poderão resultar da influência da suplementação azotada, através de um efeito directo ou indirecto. CHEEMA *et al.* (1991) concluíram que a influência da suplementação proteica na ingestão voluntária de forragens de má qualidade era mediada, essencialmente, por alterações da cinética digestiva, mais do que por alterações metabólicas. No entanto, no presente ensaio não se observaram efeitos directos, significativos, da suplementação sobre as taxas de digestão (Quadro 21, pp.84). O efeito indirecto pode provir dos ácidos gordos voláteis de cadeia ramificada, que aumentaram significativamente com os níveis crescentes de caseína. MIR e MIR (1988) determinaram a influência do ácido isobutírico na cinética de digestão e observaram taxas de digestão semelhantes (4,8%/h) às observadas por nós. Referem os mesmos autores que a suplementação com ácido isobutírico aumentou a MS e a NDF potencialmente digestível, o que também se verificou neste ensaio, apesar das diferenças entre tratamentos não terem sido significativas.

Fermentação ruminal - Não se verificaram diferenças entre as espécies no que respeita aos valores de pH ruminal, que foram semelhantes aos referidos por outros autores para dietas à base de palha de trigo (ALRAHMOUN, *et al.*, 1985; ALRAHMOUN, *et al.*, 1986). No entanto, as concentrações de AGV totais foram significativamente inferiores nos caprinos (78,6 vs 92,2 mmol/l), os quais tinham também volume ruminal menor que os ovinos (4,3 vs. 5,9 l). O pH do fluido ruminal resulta do balanço entre produção de ácidos provenientes da fermentação ruminal e a sua neutralização pelos sistemas tamponizantes da saliva. A menor concentração de AGV verificada nos caprinos é, certamente, resultante do balanço entre as taxas de produção de AGV e

de secreção salivar. As variações circadianas foram idênticas em ambas as espécies (Figura 25, pp.89), tendo os valores de pH sido menores 12 e 18 h após a administração do alimento, reflexo provável de um máximo de digestão dos componentes fibrosos da dieta ao fim daquele tempo após a primeira refeição (VAN SOEST, 1982), associada à menor produção salivar característica dos períodos que sucedem ou antecedem os de mastigação e ruminação. As concentrações ruminiais de AGV totais decresceram nas primeiras horas de ingestão de alimento (o que poderá dever-se a um efeito diluidor da ingestão de MS) e aumentaram durante o período noturno. É possível que durante o período noturno, em que não havia distribuição de alimento, os animais ruminassem mais, o que resultaria num aumento das partículas alimentares de pequena dimensão, tornando o conteúdo ruminal mais homogêneo, com menor separação entre a fase sólida e a líquida. Esta situação ter-se-à reflectido também nas oscilações da concentração de MS ruminal que se verificaram e que espelham as variações associadas com a técnica de amostragem do conteúdo ruminal.

Metabolismo azotado

Balanço Azotado - O metabolismo azotado dos caprinos e dos ovinos é aparentemente diferente. Os primeiros apresentaram maiores concentrações ruminiais de azoto total e de azoto microbiano e maiores concentrações de azoto ureico plasmático. Pelo contrário, a concentração de azoto na urina foi menor que a dos ovinos. No entanto, estes valores só ganham significado biológico quando se conhecem os volumes ruminiais, sanguíneos e urinários. Os balanços azotados não foram significativamente diferentes, mas os caprinos perderam menos azoto através da urina o que lhes proporcionou um balanço de azoto ligeiramente mais favorável. Nos caprinos a excreção urinária foi de 77,7% do ingerido, atingindo nos ovinos 92,2%. A excreção fecal de N foi, em percentagem do ingerido, igual nas duas espécies (29,7 e 29,2%, para caprinos e ovinos, respectivamente). A menor perda de azoto pela urina pode dever-se a menor filtração glomerular ou a diferente composição azotada da urina. BRISTOW *et al.* (1992) compararam os constituintes azotados da urina de bovinos, ovinos e caprinos e referem que a urina dos caprinos era semelhante à dos ovinos, mas tinha uma proporção mais elevada de ácidos aminados, o que sugere diferenças metabólicas no metabolismo azotado. CIRIO e BOIVIN (1990) verificaram que em ovelhas

Cap. 5

alimentadas com baixos níveis de azoto, a taxa de filtração glomerular diminuía e que esta adaptação não se relacionava com os níveis de ureia plasmática. Outra justificação é a do incremento da reabsorção tubular da ureia, como o verificado por BENLAMLIH e POMYERS (1989) que observaram uma mais eficiente reciclagem de ureia durante a gravidez. As capacidades de concentração urinária e de reabsorção tubular estão ligadas ao comprimento da ansa de Henle do nefróneo. Por exemplo, bovinos da raça Fulani da Nigéria, conhecidos pela sua capacidade de adaptação a meios quente e secos e a alimento escasso e pobre em substâncias azotadas, têm maior capacidade de concentração urinária que outras raças conhecidas de bovinos (LANGER, 1984). A maior concentração plasmática, verificada nos caprinos, poderá resultar de um fenómeno semelhante ao descrito por NORTON *et al.* (1982). Referem estes autores que o ácido butírico, que foi significativamente mais elevado nos caprinos, é um potente estimulante da redução das perdas de azoto através das moléculas de ureia porque diminui a sua síntese e aumenta a permeabilidade do epitélio ruminal, aumentando assim a reciclagem do azoto. No entanto, convém recordar que a reciclagem do azoto através das paredes do rumen está muito ligada à actividade das bactérias aderentes. Não são conhecidos estudos comparativos entre as populações (tamanhos e níveis de actividades) deste tipo de bactérias nas paredes ruminais das diferentes espécies de ruminantes.

Metabolismo azotado no rumen - A concentração de ureia plasmática, segundo CARVER e PFANDER (1974), reflecte as modificações na produção de amónia no rumen, que não foi diferente nas espécies, mas já o foi entre tratamentos. As infusões possibilitaram a manutenção de concentrações de amónia não restritivas ao crescimento bacteriano (com o menor nível infundido as concentrações amoniacais foram de 8 mg/100 ml, acima do sugerido por SATTER e SLYTER, 1974) e, teoricamente, garantiram suprimento constante de ácidos aminados indispensáveis à actividade das bactérias celulolíticas. No entanto, às maiores concentrações observadas nos tratamentos T2 e T3 (13,14 e 16,78 mg/100 ml) corresponderam, igualmente, maiores digestibilidades da celulose. É possível, pois, que nas presentes condições, o nível óptimo de amónia para uma actividade microbiana máxima esteja acima do que é usualmente considerado. ØRSKOV (1982) refere que, em condições de baixa homogeneidade da digesta no rumen, se podem

criar micronichos em que as concentrações de amónia necessárias são superiores a 20 mg/100 ml. A concentração de azoto microbiano no rumen aumentou na medida em que aumentou a concentração amoniacal (Quadro 29, pp 91). Dada a grande variabilidade nos resultados, consequência provável de erros ligados aos processos de amostragem e analíticos, as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas.

A população de protozoários apesar de ter aumentado quando o nível de azoto da dieta passou de 6,7 para 9,1% PB, diminuiu com o nível mais elevado de suplementação (11,5%PB na MS). Apesar dos protozoários representarem uma grande proporção da massa microbiana, a sua importância em relação ao metabolismo e digestão ruminal não é clara. Os efeitos não são lineares, dadas as inter-relações que se estabelecem entre protozoários e entre estes e as bactérias. A população de protozoários é determinada sobretudo pela dieta. Com a mesma dieta, os ovinos tiveram uma maior população de protozoários ciliados do que os caprinos, sobretudo de tipo B (*Entodinium spp.* + *Epidinium spp.* + *Isotricha spp.*), se bem que as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. Estes valores podem ter sido consequência, não de uma maior taxa de divisão, mas antes de uma maior sequestração a nível do rumen. A maior *pool* de MS e a menor taxa de saída da fase líquida nos ovinos pode ter exercido um efeito de sequestração dos protozoários. Uma maior população poderá reflectir-se numa actividade hidrolítica mais acentuada como indicam KAYOULI *et al.* (1988), que trabalharam com animais faunados e desfaunados e observaram um efeito positivo dos protozoários na degradabilidade da palha de trigo incubada no rumen. A maior diferença entre as espécies ($P < 0.005$) residiu na população de grandes entodiniomórficos (*Diplodinium spp.*, *Eudiplodinium spp.* e *Poliplastron spp.*) que, nos caprinos, foi quase o dobro da dos ovinos (110×10^4 vs 63×10^4). Este grupo de protozoários tem capacidade para digerir a hemicelulose. A maior digestão da hemicelulose observada nos caprinos poderá encontrar aqui uma base explicativa.

5.5. CONCLUSÕES

Este estudo comprovou que, quando as quantidades e o ritmo de entrada de nutrientes no sistema animal foi idêntico, para os caprinos e para os ovinos, a fermentação ruminal foi

Cap. 5

semelhante. De facto, a inexistência de diferenças significativas entre as percentagens molares dos AGV, entre as concentrações de MS ruminal e de pH, bem como as variações circadianas destes parâmetros evidenciam funcionamentos do ecossistema ruminal idênticos para as duas espécies. Acresce que as taxas de digestão não foram diferentes entre as espécies qualquer que fosse o valor nutritivo da forragem fermentada no rumen. A ingestão de água e a excreção de urina foram mais elevadas nos caprinos, mas as espécies tiveram idênticas taxas ruminais de passagem da fase líquida.

Apesar daquelas semelhanças, os valores de digestibilidade da matéria seca e da fibra, dos ácidos gordos voláteis totais, da *pool* de matéria seca e do volume ruminal foram mais elevados nos ovinos. Sugere-se que estas diferenças seriam a expressão do distinto tamanho corporal.

Não se comprovou um aumento na digestão da fibra quando se incrementou a quantidade de azoto infundido no rumen. Os maiores níveis de azoto infundido aumentaram significativamente o azoto microbiano, reflexo do aumento da microbiota, mas não melhoraram a digestibilidade, parecendo, até, influenciá-la negativamente, reduzindo as populações de protozoários. Considere-se, no entanto, que os níveis de azoto promoveram acréscimos significativos nas concentrações de azoto ruminal e plasmático e, também, nas perdas de azoto pela urina. Também não se comprovou a hipotética maior capacidade de retenção de azoto pelos caprinos, quando ingerem forragens de baixo valor nutritivo. Sugerimos que, as maiores concentrações ruminais de azoto total, de azoto microbiano, de grandes protozoários e de azoto plasmático e as menores perdas de azoto através da urina, deverão ser analisadas como uma função dependente do peso vivo.

A maior eficiência digestiva, demonstrada pelos ovinos nestas circunstâncias, poderá resultar dos maiores tempos de retenção no TGI associados a maiores volumes e menores taxas de passagem, consequência, em última análise, do seu maior tamanho corporal.

Capítulo 6

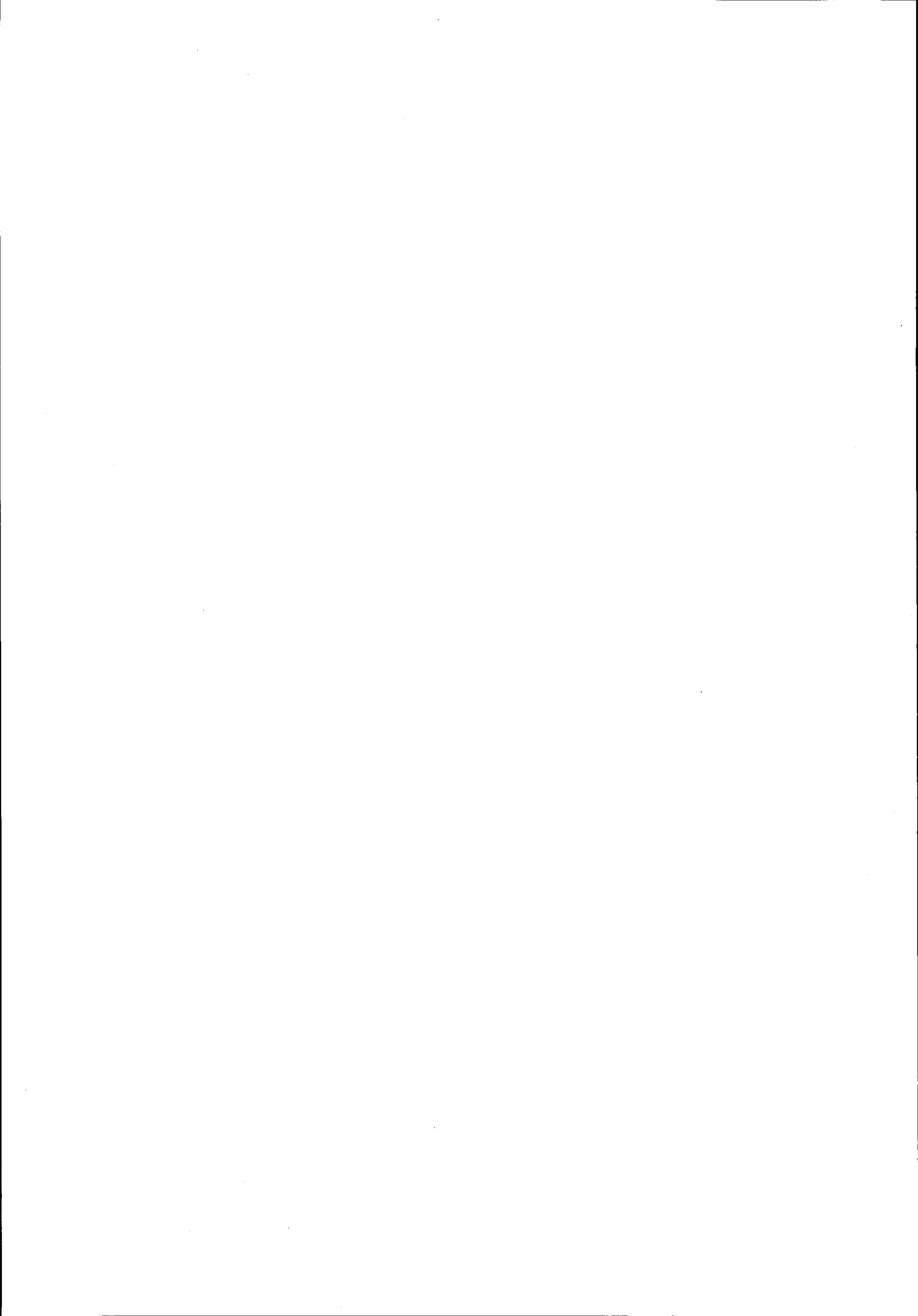
Comparação da ingestão voluntária e da eficiência digestiva de caprinos e de ovinos, quando podem manifestar diferentes comportamentos de ingestão

"Predizer, com precisão, o que fará um animal a partir do conhecimento dos seus genes, é o mesmo que prever em pormenor o decorrer de um jogo de xadrez, a partir do conhecimento das regras do jogo e de como são as peças"

P. Bateson " *Por uma nova ciência*"

ÍNDICE ABREVIADO

6.1. Introdução	107
6.2. Materiais e métodos	108
6.2.1. Animais	108
6.2.2. Área e condições de pastoreio	109
6.2.3. Calendário experimental e de recolha de amostras	110
6.2.4. Processamento das amostras	112
6.2.5. Análises laboratoriais	112
6.2.6. Cálculo da digestibilidade e da ingestão voluntária	114
6.2.7. Análises estatísticas	115
6.3. Resultados	116
6.3.1. Condições experimentais	116
6.3.2. Comportamento de ingestão	116
6.3.3. Eficiência digestiva	120
6.4. Discussão	124
6.5. Conclusões	133



6.1. INTRODUÇÃO

Os caprinos e os ovinos são ingestores intermediários, sendo muito vasta a gama de alimentos que potencialmente podem ingerir. Os animais que apresentam este tipo de comportamento modificam a ingestão do alimento consoante a disponibilidade e a estação do ano (VAN SOEST, 1982). Quando estas duas espécies pastam conjuntamente, ingerem essencialmente as mesmas espécies vegetais mas tendem a distinguir-se em zonas marginais e durante a estação seca (HARRINGTON, 1986a, 1986b; PFISTER e MALECHEK, 1986; MARTÍNEZ, 1988). Nestas situações, os caprinos preferem a ingestão de arbustivas, comportando-se essencialmente como ingestores de concentrados (SIDAHMED *et al.*, 1981; RAMIREZ *et al.*, 1990), enquanto que os ovinos privilegiam o consumo de outras herbáceas, demonstrando um comportamento típico do grupo de animais ingestores de forragens. Os ingestores de alimentos concentrados tendem a ter um trânsito digestivo mais rápido, fermentando sobretudo os glúcidos solúveis. Os ingestores de alimentos grosseiros têm um trânsito mais lento, retendo as partículas alimentares durante mais tempo no retículo-rumen, possibilitando uma digestão da fibra mais completa. No entanto, este enquadramento simplista é muitas vezes complicado por respostas diferenciadas à dieta e por adaptações sazonais (RENECKER e HUDSON, 1990).

O pastoreio de restolho de trigo representa uma situação alimentar característica do Verão nas regiões mediterrânicas. Não existem limitações à ingestão da forragem devido à quantidade disponível, mas existem limitações nutritivas (Quadro 34, pp.116). Teoricamente, será previsível que o comportamento de ingestão adoptado por caprinos e por ovinos se distinga, nestas circunstâncias, o que terá reflexos na eficiência de utilização da fibra do alimento. Este ensaio procurou determinar a eficiência digestiva das duas espécies quando podiam seleccionar e ingerir voluntariamente uma dieta de baixo valor nutritivo, à medida que a disponibilidade ia diminuindo, e determinar as estratégias tróficas de cada espécie para fazer face a uma situação alimentar cada vez mais crítica. Calculou-se a ingestão voluntária e a digestibilidade *in vivo*, e determinou-se a digestibilidade *in situ*, a composição química e a digestibilidade *in vitro* das dietas e alguns parâmetros da fermentação ruminal.

6.2. MATERIAIS E MÉTODOS

6.2.1. Animais

Utilizaram-se trinta animais neste ensaio de pastoreio; quinze caprinos da raça Serrana, provenientes do rebanho da Estação Zootécnica Nacional, e quinze ovinos Merino Branco, provenientes do rebanho existente na Herdade Experimental da Mitra. Dentro de cada espécie, três dos animais eram machos, castrados e fistulados no rumen, e os doze restantes eram fêmeas, três delas fistuladas no esófago. As cânulas esofágicas e a técnica operatória utilizada na sua implantação foram descritas por CANCELA D'ABREU (1992), tendo as fistulações sido efectuadas, aproximadamente, um mês antes do começo do ensaio (20-27 Julho). As nove restantes fêmeas de cada espécie foram equipadas com arreios, durante os períodos experimentais, para recolha total de fezes.

Desconheciam-se as idades de todos os animais, sabendo-se, no entanto, que eram variáveis (entre 1 e 4 anos). Igualmente variável era o seu estado fisiológico. Das doze ovelhas utilizadas, oito estavam gestantes, tendo três destas parido gêmeos. Seis das cabras estavam igualmente gestantes, duas delas com gêmeos. Os partos verificaram-se entre 3 e 16 de Outubro. Assim, o período de ensaio decorreu durante as 5ª e 6ª semanas antes do parto, para catorze das vinte e quatro fêmeas utilizadas.

Antes de irem para o campo, todos os animais foram vacinados contra a enterotoxémia e tratados contra tremátodos e strongilídeos, visto terem sido detectados ovos de *Fasciola hepatica* e de *Oestrus ovis* nas análises coprológicas efectuadas, previamente, numa amostra casual. Todos foram identificados por numeração, as ovelhas no dorso e as cabras nos cornos.

Pesaram-se os animais três vezes em cada período, sensivelmente à mesma hora do dia. Para calcular o peso metabólico dos animais, por período, usou-se a média destes três valores. Nas duas primeiras pesagens, os animais tinham os arreios colocados. Corrigiram-se estes pesos

subtraíndo a tara dos arreios. Para corrigir a primeira pesagem, a tara utilizada foi a obtida no início do período experimental; para a segunda pesagem utilizou-se a tara obtida no fim do período. A terceira pesagem foi efectuada no último dia do período experimental, com os animais sem os arreios. Ao longo do tempo, os arreios iam ficando sujos e, portanto, mais pesados, em média, 0,1 kg (DP= 0,06 kg, n=36). Para todas as pesagens aferiu-se a balança com um peso de referência. O peso vivo médio de todos os caprinos (fêmeas e machos), ao longo do ensaio, foi 34,34 kg (DP=8,32 kg, n=89) e o dos ovinos 54,52 kg (DP=9,26 kg, n=88). Os pesos vivos são apresentados em anexo (anexo 3.1) e as médias do peso vivo nos períodos, por sexo e espécie, estão registadas no Quadro 33 (pp.116).

6.2.2. Área e condições de pastoreio

A área, onde o ensaio decorreu, localizou-se na Herdade Experimental da Mitra, numa "folha" com cerca de 5,5 ha, que tinha sido semeada com trigo, ceifado um mês antes do início do ensaio (17 de Julho). Os solos são do tipo Pmg, mediterrânicos pardos de quartzodioritos. A temperatura e a humidade atmosféricas, ocorridas durante o ensaio, foram registadas diariamente com um termohigrómetro (valores apresentados no anexo 3.2). As temperaturas mínimas registaram-se perto das 08:00 h e as máximas às 15:00 h.

A área confinada, utilizado no ensaio, tinha cerca de 1 ha, era sensivelmente rectangular (61 m x 156 m) e de relevo moderado. Para a limitar foi colocada uma vedação de rede ovina (MAVAR™), com 0,70 m de altura, e uma fiada de arame farpado. No seu interior construiu-se um parque de maneio com duas entradas, numa das quais se colocou uma balança manual com capacidade máxima de 250 kg e sensibilidade de 0,1 kg.

Todos os animais pastaram contínua e conjuntamente esta área, durante o período experimental, tendo sido o encabeçamento de 30 animais/ha, durante 16 dias. Para além dos caules do trigo (cv Nazareno), existiam, inicialmente, outras espécies vegetais na área pastoreada, sobretudo *Heliotropium europaeum* e, junto a afloramentos rochosos, *Quercus coccifera*.

Cap. 6

Existiam ainda 12 árvores que sombreavam a área, em maior número azinheiras (*Quercus rotundifolia*) e algumas oliveiras (*Olea europaea*). Os animais tiveram permanente acesso a água potável, tendo-se instalado, fora da área do ensaio, dois depósitos com a capacidade conjunta de 1600 litros, enchendo-se duas vezes ao dia os três bebedouros existentes. A suplementação mineral foi assegurada com a colocação de dois blocos minerais junto dos bebedouros.

6.2.3. Calendário experimental e de recolha de amostras

O ensaio efectuou-se entre 7 de Agosto e 5 de Setembro de 1989 e teve dois períodos experimentais (o primeiro designado por Agosto e o segundo por Setembro) de acordo com o esquema apresentado no Quadro 30. Tinha sido planeado para decorrer em três períodos, mas a ocorrência de precipitação, durante o 2º período, transformou o restolho em pastagem verde. Foi antecedido de um período pré-experimental, durante o qual os animais permaneceram nove dias em estabulação, ingerindo palha de trigo, e cinco dias pastando restolho no resto da folha adjacente à zona do ensaio. Cada período experimental decorreu dentro da área vedada e foi constituído por dois dias de habituação e seis dias de colheita de amostras.

Quadro 30. Calendário experimental (em cada célula está indicado o dia do mês)

Período pré-experimental (7 a 20 de Agosto)									
estabulação	7	8	9	10	11	12	13	14	15
				campo	16	17	18	19	20
Período experimental (21 de Agosto a 5 de Setembro)									
	Habituação		Colheitas						
1º Período	21	22	23	24	25	26	27	28	
2º Período	29	30	31	1	2	3	4	5	

Recolheram-se amostras de restolho antes de iniciar o ensaio, cortando, aleatoriamente, 20 áreas de 0,1 m² na zona vizinha à vedada. Amostraram-se igualmente folhas de carrasco (*Q. coccifera*), no mesmo local mas um ano depois, já que quando o ensaio terminou apenas existiam os troncos dos arbustos, devido à ingestão das folhas pelos caprinos.

O calendário de amostragens é apresentado no Quadro 31. A totalidade das manipulações dos animais ocupava cerca de quatro horas, durante cada manhã.

Quadro 31. Calendário de pesagem dos animais e de recolha de amostras

(a cinzeno dias do período experimental)

1º	2º	3º	4º	5º	6º
PESOS VIVOS					
10:30 com arreio				10:30 com arreio	10:30 sem arreio
AMOSTRAS ESOFÁGICAS (6 colheitas)					
das 07:00 às 07:15	das 07:00 às 07:15	das 07:00 às 07:15	das 07:00 às 07:15	das 07:00 às 07:15	das 07:00 às 07:15
CONTEÚDO RUMINAL (10 colheitas - 2 x 5 dias)					
	10:00 18:00	10:00 18:00	10:00 18:00	10:00 18:00	10:00 18:00
FEZES (5 colheitas)					
	início - 07:45 fim - 09:45	início - 07:45 fim - 09:45	início - 07:45 fim - 09:45	início - 07:45 fim - 09:45	início - 07:45 fim - 09:45
INCUBAÇÕES IN SITU (2 incubações x 3 sacos)					
	18:00 ————— 48 h ————— > 18:00				
			18:00 ————— 48 h ————— > 18:00		

Amostras da dieta ingerida foram obtidas utilizando três cabras e três ovelhas, canuladas no esófago. Procedeu-se à colheita de amostras esofágicas, diariamente, durante seis dias por período, entre as 07:00 h e as 07:15 h, sensivelmente uma hora após o nascer do sol, altura do dia em que as temperaturas eram mais baixas e, supostamente, o pastoreio mais activo. A média das temperaturas às 07:00 h foi de 17,8°C ($\pm 3,2$) no primeiro período e de 13,2°C ($\pm 1,2$) no segundo período. As amostras eram colocadas numa caixa isotérmica onde permaneciam até serem transportadas para o laboratório.

Em nove fêmeas de cada espécie, a recolha da totalidade das fezes, diariamente excretadas, fez-se em sacos de colheita fecal tradicionais, cujo fecho se mantinha aberto e que continham no seu interior um segundo saco, de malha de nylon, com poros de aproximadamente 1 mm². Pretendeu-se assim, como se tratava de fêmeas, que as urinas fossem eliminadas à medida que eram excretadas. Os sacos de nylon eram substituídos diariamente.

O conteúdo ruminal foi amostrado duas vezes ao dia, com uma colheita de manhã e outra de tarde. Utilizou-se para o efeito um tubo de plástico de 2 cm de diâmetro interno, ligado a um *kitasato*, munido de uma bomba de vácuo manual. As amostras permaneciam nos recipientes de recolha até ao seu transporte para o laboratório, cerca de 30 m após a primeira recolha de cada colheita.

Cap. 6

Para determinar a digestibilidade da MO *in situ*, procedeu-se à incubação, no rumen dos seis machos, de restolho de trigo, durante 48 h, utilizando-se por cada animal e período dois conjuntos de três saquinhos de nylon, num total de seis valores por animal. A quantidade de amostra incubada foi de 3,0 g e as características dos saquinhos empregues e da técnica utilizada encontram-se descritas na página 68.

6.2.4. Processamento das amostras

Já no laboratório, o conteúdo ruminal era filtrado por 2 camadas de gase, sendo a fase líquida do conteúdo ruminal, assim obtida, dividida por dois frascos de plástico, um para análise de ácidos gordos voláteis e o outro para determinação de amónia, e eram imediatamente congelados, a -20° C.

Registaram-se os pesos das colheitas esofágicas, colocou-se a totalidade de cada colheita em sacos de plástico identificados e congelaram-se a -20° C. Posteriormente, secaram-se em estufa ventilada a 50° C, durante 48 h, e moeram-se num moinho de ciclone munido de um crivo de 1mm. As fezes recolhidas foram pesadas, subamostrando-se seguidamente 25% do peso total. Estas subamostras foram secas em estufa com ventilação a 60° C, durante 24 h, e moídas em moinho de facas com um crivo de 1mm. As amostras de restolho e de folhas de carrasco foram secas a 60° C, em estufa com ventilação forçada, durante 24 h, e moídas em moinho de facas com um crivo de 1mm.

6.2.5. Análises laboratoriais

Todas as análises laboratoriais foram executadas em duplicado, com excepção das determinações de fibra indigestível (INDF) nas fezes e de AGV que foram realizadas em triplicado. As análises efectuadas estão sintetizadas no Quadro 32.

As amostras de alimentos e as de colheitas fecais e esofágicas foram analisadas para obtenção da humidade residual (3 g de amostra, seca em estufa a 103° C, durante a noite), cinzas

totais (incineração em mufla a 550° C, durante 3h), azoto [método macro-Kjeldhal, AOAC (1984) nas amostras de alimentos e fezes e micro-Kjeldhal nas amostras esofágicas], e constituintes fibrosos [método dos detergentes, com omissão do decahidronaftaleno e do sulfito de sódio (GOERING e VAN SOEST, 1970)]. Nas amostras de alimentos e fezes, as fracções de NDF e ADF realizaram-se em separado, enquanto que, nas amostras esofágicas, foram efectuadas sequencialmente na mesma amostra (VAN SOEST e ROBERTSON, 1980; CHERNEY *et al.*, 1985).

Quadro 32. Determinações efectuadas nas amostras recolhidas

Alimentos	Fezes	Dieta ingerida	Conteúdo ruminal	Incubações <i>in situ</i>
MS	MS	MS	AGV	resíduo de
MO	MO	MO	N - NH3	MO às 48h
N	N	N		
NDF	NDF	NDF		
ADF	ADF	ADF		
ADL	ADL	ADL		
Produção gás	INDF	INDF		
		Produção gás		

As amostras de fezes e esofágicas foram ainda analisadas para INDF de acordo com a técnica descrita por CANCELA D'ABREU (1992), determinando-se o resíduo insolúvel em detergente neutro, após uma fermentação *in vitro* de 0,5 g de amostra, durante 144h, com 100 ml de uma mistura de solução tampão-fracção líquida do conteúdo ruminal. Utilizou-se uma vaca, munida de cânula ruminal, como dador de conteúdo ruminal. Os valores de INDF foram expressos como percentagem da MO.

As determinações das proporções molares de AGV foram efectuadas numa amostra compósita (1:1 v/v) das duas colheitas diárias, utilizando-se, como padrão interno, o ácido isocaproico que foi adicionado na quantidade de 2,21 mg a 3 ml de extracto, previamente acidificado com ácido metafosfórico e centrifugado a 10 000 r.p.m.. Utilizou-se cromatografia por adsorção, do tipo gás-líquido em isoterma, com detecção por ionização de chama. Foram utilizadas colunas de aço inoxidável, de 2 m de comprimento e secção interior de 1/8", cheias de FFAP 5% H₃PO₄ em Chromosorb WAW com granulometria de 80-100 mesh. Os fluxos de azoto, de hidrogénio e de ar foram de 24, 40 e 450 ml/h, respectivamente. A temperatura do forno foi de 130°C, a do injectador de 200°C e a do detector de 250°C. A quantidade de amostra injectada foi de 0,4 µl.

As determinações de azoto amoniacal foram realizadas pelo método de Conway (1962), em todas as colheitas.

6.2.6. Cálculo da digestibilidade e da ingestão voluntária

Calculou-se a digestibilidade *in vivo* (DMO) a partir da concentração de marcador interno na dieta ingerida e nas fezes, utilizando a seguinte expressão:

$$\text{DMO (\%)} = \frac{\text{INDF nas fezes (\%)} - \text{INDF no dieta ingerida (\%)}}{\text{INDF nas fezes (\%)}} \times 100$$

tendo-se usado a média de três animais de cada espécie, por período, como valor da INDF na dieta ingerida e os valores individuais para a INDF nas fezes. Calculou-se a digestibilidade da MO (média de cinco dias) em cada animal e período, utilizando-se 9 valores para as cabras e 7 valores para as ovelhas.

A digestibilidade *in vitro* (IVDMO) e a energia metabolizável nas colheitas esofágicas e nos alimentos, foram calculadas a partir da produção de gás (MENKE *et al.*, 1979), tendo-se, como dador de conteúdo ruminal, uma vaca fistulada no rumen. As fórmulas empregues foram, para a digestibilidade da matéria orgânica *in vitro*:

$$\text{IVDMO (\%)} = 14,88 + 0,889 \text{ PG} + 0,065 \text{ CT}$$

e para a energia metabolizável:

$$\text{EM (MJ/ kg MS)} = 1,242 + 0,146 \text{ PG} + 0,007 \text{ PB} + 0,0224 \text{ L}$$

em que:

$$\begin{aligned} \text{PG} &= \text{produção de gás (ml/200 mg MO, em 24 h); PB} = \text{proteína bruta (g/kg MS);} \\ \text{CT} &= \text{cinzas (g/kg MS); L} = \text{Lípidos (g/kg MS)} \end{aligned}$$

Considerou-se que a digestibilidade *in situ* da MO (ISDMO) correspondia à matéria orgânica desaparecida após 48 h de permanência das amostras de restolho no rumen.

A ingestão de matéria orgânica foi calculada, como o inverso da digestibilidade *in vivo*, a partir da seguinte expressão (LE DU e PENNING, 1982):

$$\text{Ingestão de MO (g/dia)} = \frac{\text{MO total excretada (g/dia)}}{100 - \text{DMO (\%)}}$$

6.2.7. Análises estatísticas

O peso vivo dos animais, a digestibilidade *in vivo*, *in situ* e a ingestão voluntária do alimento foram analisados como um delineamento completamente aleatório, em que os tratamentos foram agrupados num factorial de 2^2 , resultantes da combinação de dois períodos (Agosto e Setembro) e duas espécies animais (caprinos e ovinos). Cada animal foi uma unidade experimental, tendo sido utilizadas nove repetições para cada tratamento. Mas, durante o ensaio, adoeceram dois ovinos, tendo a análise das suas fezes revelado a existência de ovos de fasciola, e, por esta circunstância, os dados recolhidos destes animais não foram utilizados, tornando-se o planeamento desequilibrado.

A digestibilidade *in vitro* e a composição química das amostras esofágicas foram analisadas como um factorial de 2^2 (períodos x espécie), tendo-se utilizado os dias como covariantes para ajustar as médias. Cada animal foi uma unidade experimental, tendo-se usado três repetições por tratamento. A análise das amostras esofágicas não foi equilibrada, por faltarem alguns dados devido a contaminação com material ruminado.

Os ácidos gordos voláteis foram analisados como um factorial $2 \times 2 \times 5$ (período x espécie x dia) e a amónia ruminal como um factorial $2 \times 2 \times 5 \times 2$ [período x espécie x dia x hora de colheita (manhã e tarde)], tendo-se utilizado três repetições por tratamento.

Sempre que as interações foram significativas, procedeu-se à análise de variância como um delineamento completamente aleatório, unifactorial, testando-se o efeito do período independentemente para cada uma das espécies e o efeito espécie para cada um dos períodos.

O teste das médias foi realizado após ANOVA e utilizou-se a menor diferença significativa (LSD) (HICKS, 1982) quando o número de observações era igual e por pares de testes t (STEEL e TORRIE, 1982) quando eram desiguais. As equações lineares das tendências evolutivas do valor nutritivo das dietas ingeridas, por cada espécie, foram comparadas por teste t ($H_0 = b_1 = b_2$).

Cap. 6

6.3. RESULTADOS**6.3.1. Condições experimentais**

As alterações de peso dos machos e das fêmeas de cada espécie, ocorridas durante o ensaio, não foram significativas ($P > 0,05$; Quadro 33; anexo 3.3)

Quadro 33. Massa corporal média de caprinos e de ovinos, por sexo, nos dois períodos de ensaio (média \pm EP).

			Agosto	EP	Setembro	EP	Sig
Caprinos	- Fêmeas, kg	n=26	31,63	1,04	31,95	1,00	NS
Ovinos	- Fêmeas, kg	n=26	53,78	1,32	52,91	1,30	NS
Caprinos	- Machos, kg	n=9	44,27	3,00	44,47	3,09	NS
Ovinos	- Machos, kg	n=9	58,32	4,58	59,92	4,47	NS

A composição química dos alimentos amostrados, presentes na área de pastoreio e supostamente ingeridos em maior quantidade, é apresentada no Quadro 34.

Quadro 34. Composição química dos alimentos dominantes na pastagem [média \pm (DP), restolho n=4, carrasco n=3]

	RESTOLHO		CARRASCO	
MS, %	91,00	(0,45)	55,20	(0,75)
MO, % na MS	94,95	(1,32)	96,70	(0,12)
PB, % na MS	2,60	(0,44)	6,23	(0,13)
NDF, % na MS	82,78	(0,78)	50,00	(0,70)
ADF, % na MS	58,23	(1,11)	37,50	(0,63)
ADL, % na MS	7,14	(0,42)	12,90	(0,25)
HEMI, % na MS	22,55	(0,86)	12,50	(0,31)
CEL, % na MS	51,09	(0,71)	24,60	(0,59)
IVDMO, %	44,91	(0,50)	49,60	(0,39)
EM, MJ/kg MS	6,29	(0,37)	7,06	(0,12)

6.3.2. Comportamento de ingestão

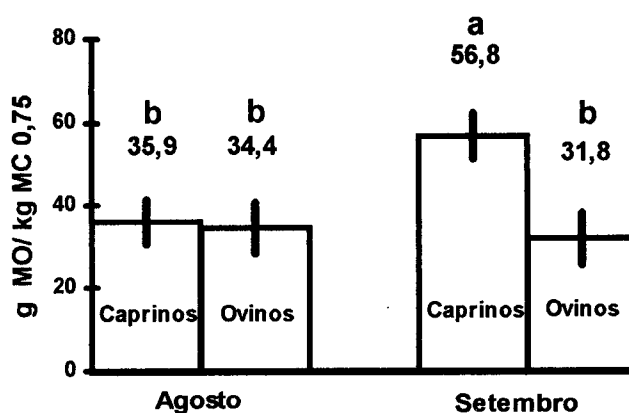
O comportamento alimentar dos caprinos e dos ovinos foi diferente, ao longo do tempo. No início do ensaio, as quantidades ingeridas pelas duas espécies foram semelhantes, mas o valor nutritivo do alimento ingerido foi distinto. No fim do ensaio, as quantidades ingeridas foram diferentes e o valor nutritivo semelhante.

Quantidade voluntariamente ingerida

Consoante a situação alimentar evoluiu, as espécies comportaram-se de diferente modo, no que respeita à ingestão de alimento (Figura 30), tendo a interação período x espécie sido

significativa ($P < 0,001$; análises de variância nos anexos 3.4 a 3.8). Enquanto os caprinos aumentaram significativamente a matéria orgânica ingerida por quilograma de peso metabólico (anexo 3.5), os ovinos diminuíram ligeiramente a ingestão, não tendo este decréscimo, no entanto, sido significativo (anexo 3.6). Os caprinos demonstraram sempre ingestões mais elevadas, se bem que as diferenças entre as espécies só tenham sido significativas em Setembro (anexos 3.7 e 3.8).

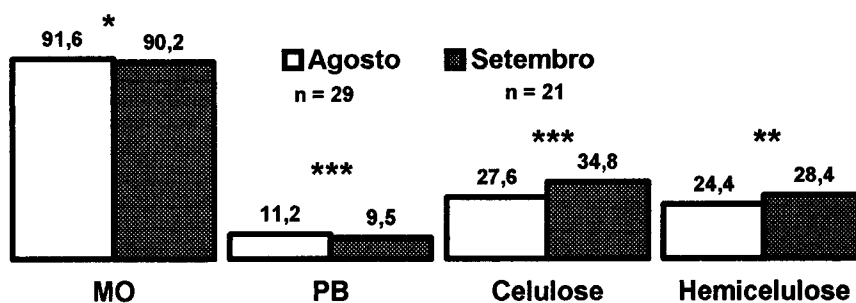
Figura 30. Ingestão média de matéria orgânica (g MO/kg MC^{0,75}) dos caprinos e dos ovinos, nos dois períodos do ensaio e intervalo de confiança. (caprinos: EP=2,7, n=9; ovinos EP=3,0, n=7)



Valor nutritivo da dieta ingerida

O valor nutritivo do alimento ingerido, recolhido através das fistulas esofágicas, foi diferente em Agosto e Setembro (Figura 31; análises de variância nos anexos 3.14 a 3.18). As concentrações de matéria orgânica e proteína bruta decresceram e aumentaram as de celulose e hemicelulose.

Figura 31. Concentrações de matéria orgânica, proteína bruta e de fracções de fibra nas amostras esofágicas (% na MS), nos dois períodos do ensaio



Cap. 6

As espécies distinguiram-se especialmente no início do ensaio (Quadro 35). No período de Agosto, comparativamente aos ovinos, os caprinos ingeriram alimento com menores concentrações em proteína, hemicelulose e energia, mas maiores teores em ADL e MO (anexo 3.17). No período que decorreu em Setembro, a única diferença significativa entre as espécies verificou-se na concentração de MO da dieta ingerida, tendo os caprinos apresentado valores mais elevados (anexo 3.18). Estas tendências são evidenciadas nas equações de regressão apresentadas no Quadro 36.

Quadro 35. Composição química das dietas ingeridas (% na MS). (médias \pm EP)
(Agosto cap. n=17, ovi. n=12; Setembro cap. n=9, ovi. n=12)

	Agosto		Setembro		EP	Significância			Dias
	Caprinos	Ovinos	Caprinos	Ovinos		P	E	PxE	
EM, MJ / kg MS	6,14 ^b	7,67 ^a	8,33 ^a	7,42 ^a	0,21	**	NS	***	NS
MO, % na MS	92,18 ^a	90,65 ^c	91,27 ^b	89,38 ^c	0,25	*	***	NS	NS
PB, % na MS	10,79 ^b	11,78 ^a	9,64 ^c	9,39 ^c	0,24	***	NS	NS	***
CCS, % na MS	38,14 ^a	34,54 ^a	29,11 ^b	29,06 ^b	1,04	***	NS	NS	NS
CEL, % na MS	26,26 ^b	29,47 ^b	33,44 ^a	35,83 ^a	0,71	***	**	NS	**
HEMI, % na MS	21,81 ^b	27,99 ^a	29,72 ^a	27,47 ^a	0,75	**	*	***	NS
ADL, % na MS	13,78 ^a	8,00 ^b	7,73 ^b	7,63 ^b	0,73	**	**	NS	NS

Na mesma linha, médias assinaladas com diferentes índices superiores são significativamente diferentes.

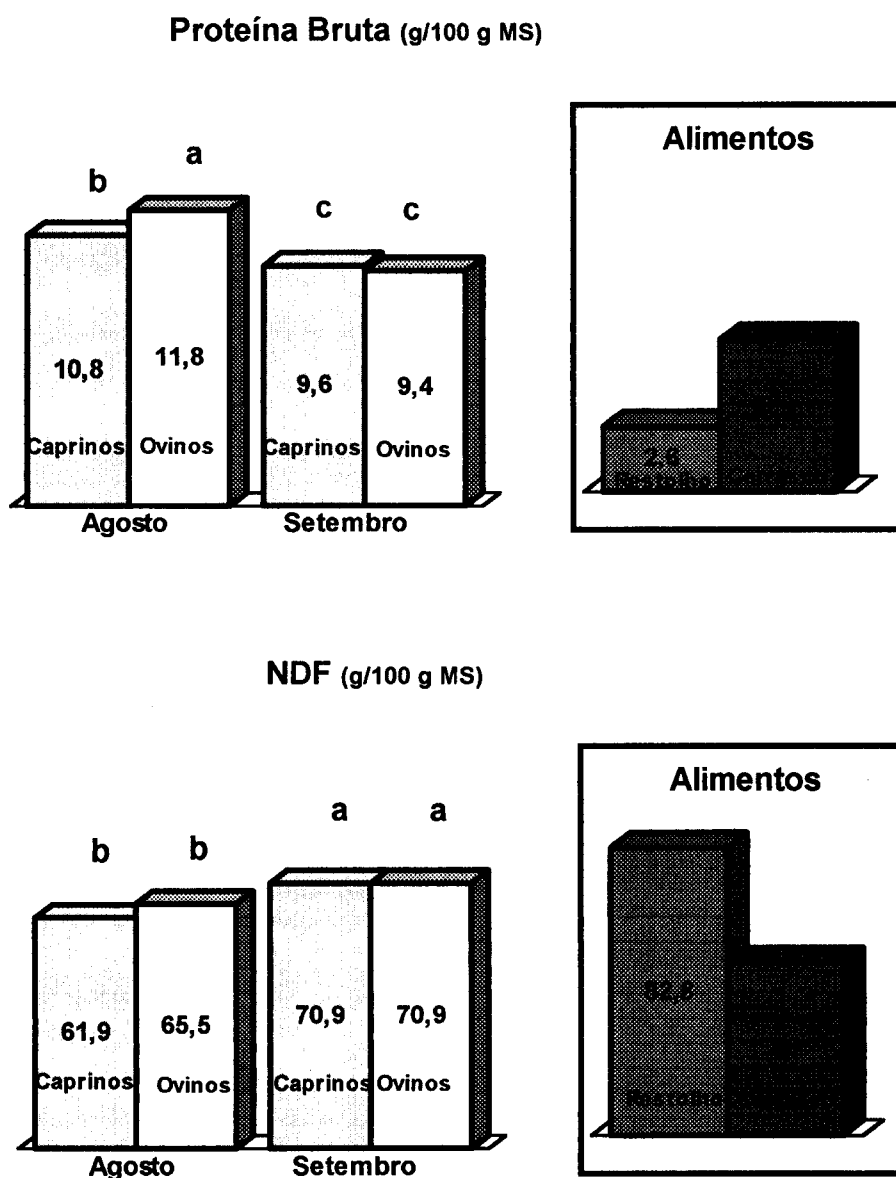
Quadro 36. Regressões lineares entre a composição química das amostras esofágicas (% na MS) e os dias do ensaio (caprinos n = 26; ovinos n = 24)

		EQUAÇÃO	r	s y.x	t	Sig
EM, MJ / kg MS	Caprinos	$y = 5,31 + 0,28 x$	0,66	1,19		
	Ovinos	$y = 8,05 - 0,08 x$	0,26	1,11	4,01	***
PB, % na MS	Caprinos	$y = 11,25 - 0,15 x$	0,41	1,20		
	Ovinos	$y = 12,93 - 0,38 x$	0,74	1,32	2,30	*
CCS, % na MS	Caprinos	$y = 42,25 - 1,28 x$	0,66	5,32		
	Ovinos	$y = 36,45 - 0,76 x$	0,49	5,28	1,21	NS
CEL, % na MS	Caprinos	$y = 22,96 + 1,02 x$	0,68	4,06		
	Ovinos	$y = 26,97 + 0,93 x$	0,76	3,12	0,32	NS
HEMI, % na MS	Caprinos	$y = 18,42 + 1,08 x$	0,66	4,62		
	Ovinos	$y = 28,35 - 0,10 x$	0,14	2,71	3,87	***
ADL, % na MS	Caprinos	$y = 16,38 - 0,83 x$	0,62	3,92		
	Ovinos	$y = 8,23 - 0,07 x$	0,03	3,43	2,58	*

As amplitudes de variação diária da composição química do alimento ingerido, como se pode verificar pela inclinação das rectas de regressão, são mais importantes nos caprinos.

Comparando as concentrações das dietas ingeridas com as concentrações dos alimentos disponíveis (Figura 32), observa-se que ambas as espécies seleccionaram a dieta, ou seja, ingeriram dietas com teores de fibra mais baixos e de proteína mais elevados. Essa capacidade de escolha foi mais importante no primeiro período, no qual ambas as espécies apresentaram maiores concentrações de proteína e menores concentrações de fibra nas amostras esofágicas.

Figura 32. Concentrações de PB e de NDF nas dietas ingeridas, por caprinos e ovinos, e concentrações dos principais alimentos disponíveis (g/100 g MS) (Agosto cap. n=17, ovi. n=12; Setembro cap. n=9, ovi. n=12)



Cap. 6

6.3.3. Eficiência digestiva

Ingestão e excreção de matéria orgânica e de fibra

As quantidades de matéria orgânica, que os animais ingeriram e excretaram, estão apresentadas no Quadro 37 (análises de variância nos anexos 3.4 a 3.13). Os caprinos excretaram sempre mais MO, por quilograma de peso metabólico, do que os ovinos ($P < 0,001$; anexos 3.12 e 3.13). Apesar de a quantidade de MO ingerida pelos caprinos ter sido significativamente diferente, de Agosto para Setembro, a excreção de MO, de cada uma das espécies, não foi diferente entre períodos (anexos 3.10 e 3.11). Situação semelhante verifica-se com a ingestão e excreção das fracções constituintes da parede celular.

Quadro 37. Ingestão e excreção de matéria orgânica e de fibra ($\text{g/kg}^{0,75}$) dos caprinos e dos ovinos, ao longo do ensaio (médias \pm EP)

	Agosto		Setembro		EP	Significância		
	Caprinos	Ovinos	Caprinos	Ovinos		P	E	P x E
Ingestão, $\text{g/kg}^{0,75}$								
MO	35,93 ^b	34,43 ^b	56,84 ^a	31,82 ^b	3,01	***	***	***
NDF	29,03 ^b	26,18 ^b	49,67 ^a	32,95 ^b	2,30	***	***	**
ADF	7,23 ^b	10,46 ^a	7,18 ^b	8,98 ^a	0,42	NS	***	NS
CEL	10,24 ^b	11,19 ^b	20,82 ^a	12,76 ^b	0,93	NS	**	***
HEMI	11,17 ^b	18,28 ^a	12,37 ^b	14,65 ^a	0,69	NS	***	**
Excreção, $\text{g/kg}^{0,75}$								
MO	23,98 ^a	13,35 ^b	22,75 ^a	12,51 ^b	1,55	NS	***	NS
NDF	34,42 ^a	21,08 ^b	35,11 ^a	21,40 ^b	2,32	NS	***	NS
ADF	5,54 ^b	7,97 ^a	5,38 ^b	7,14 ^a	0,37	NS	***	NS
CEL	7,84 ^a	5,72 ^b	7,49 ^a	5,37 ^b	0,44	NS	***	NS
HEM	7,22 ^b	11,05 ^a	6,92 ^b	9,55 ^a	0,55	NS	***	NS

Na mesma linha, médias assinaladas com diferentes índices superiores são significativamente diferentes.

Digestibilidade da matéria orgânica in vivo, in vitro e in situ

A eficiência de digestão da matéria orgânica (Quadro 38; análise de variância nos anexos 3.19 a 3.23), não foi idêntica em caprinos e ovinos, e a interação, entre períodos e espécies, foi significativa.

Quadro 38. Digestibilidade da MO (%) *in vivo* (DMO), *in vitro* (IVDMO) e *in situ* (ISDMO), dos caprinos e dos ovinos, ao longo do ensaio (médias \pm EP).

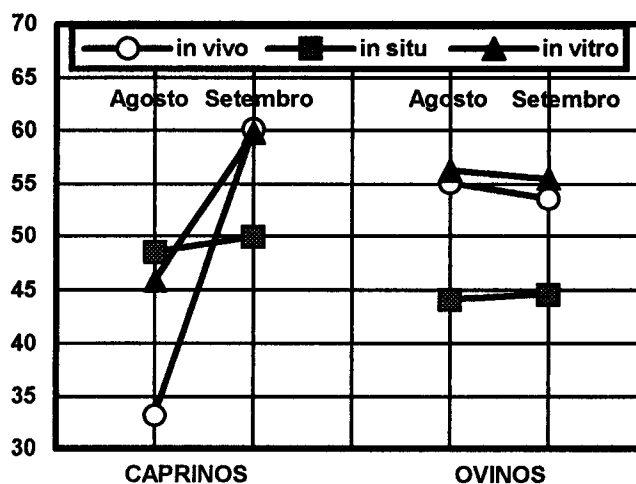
	Agosto		Setembro		EP	Significância		
	Caprinos	Ovinos	Caprinos	Ovinos		P	E	P x E
DMO	33,15 ^c	55,12 ^b	60,11 ^a	53,64 ^b	1,19	***	***	***
IVDMO	45,92 ^b	56,28 ^a	59,84 ^a	55,51 ^a	1,24	**	*	***
ISDMO	48,50 ^a	44,07 ^b	49,91 ^a	44,60 ^b	1,75	NS	*	NS

Na mesma linha, médias assinaladas com diferentes índices superiores são significativamente diferentes.

No início do ensaio, as digestibilidades *in vivo* e *in vitro* das dietas ingeridas por caprinos foram, significativamente, mais baixas do que as digestibilidades das dietas dos ovinos (Figura 33; anexo 3.22). Mas no segundo período, em Setembro, as digestibilidades das dietas dos caprinos ultrapassaram, significativamente, as dos ovinos (anexo 3.23). Enquanto a DMO e a IVDMO dos caprinos foram diferentes, nos distintos períodos (anexo 3.20), as dos ovinos não registraram diferenças entre os períodos (anexo 3.21), apesar de decrescerem.

A digestibilidade da matéria orgânica *in situ* (ISDMO) foi sempre mais elevado nos caprinos ($P < 0,05$; anexo 3.19), e aumentou ligeiramente do primeiro para o segundo período ($P > 0,05$).

Figura 33. Tendência evolutiva dos valores de digestibilidade *in vivo*, *in vitro* e *in situ* (%), de caprinos e de ovinos, ao longo do ensaio.



Quando se comparam as digestibilidades calculadas *in vivo* e *in vitro* (Figura 33), observa-se um paralelismo das duas determinações nos valores referentes aos ovinos nos dois períodos e aos caprinos em Setembro. Mas as determinações das digestibilidades da MO dos caprinos, no início do ensaio, têm cerca de 10 unidades percentuais de diferença.

Digestibilidade da fibra

A digestibilidade das várias fracções da fibra foi significativamente ($P < 0,001$) diferente entre os períodos (Quadro 39; anexos 3.19 a 3.23), tendo a eficiência de digestão aumentado no

Cap. 6

segundo período, em ambas as espécies. Verificou-se, no entanto, que as espécies se comportaram, comparativamente, de modo diverso, tendo a interacção sido significativa ($P < 0,001$). Os caprinos apresentaram menores valores de digestibilidade da fibra no primeiro período e valores mais elevados em Setembro, tendo-se passado o oposto com os ovinos.

Quadro 39. Digestibilidade da fibra nos caprinos e nos ovinos, ao longo do ensaio (%):
NDF, ADF, celulose e hemicelulose (médias \pm EP).

	Agosto		Setembro		EP	Significância		
	Caprinos	Ovinos	Caprinos	Ovinos		P	E	PxE
DNDF	24,12 ^d	52,66 ^c	61,60 ^a	57,10 ^b	0,91	***	***	***
DADF	9,69 ^c	40,24 ^b	48,41 ^a	47,61 ^a	1,26	***	***	***
DCEL	23,00 ^d	48,94 ^c	64,11 ^a	57,73 ^b	1,40	***	***	***
DHEMI	50,62 ^c	69,30 ^b	79,86 ^a	72,13 ^b	1,53	***	**	***

Na mesma linha, médias assinaladas com diferentes índices superiores são significativamente diferentes.

Parâmetros do microambiente ruminal

As concentrações ruminais dos ácidos gordos voláteis não foram significativamente diferentes entre os períodos. Mas as concentrações de amónia ruminal foram mais elevadas em Agosto do que em Setembro ($P < 0,001$; Quadro 40; anexos 3.24 e 3.25).

Quadro 40. Concentrações ruminais dos ácidos gordos voláteis (mmol/l) e da amónia (mg/100 ml) de caprinos e de ovinos, nos períodos do ensaio
(médias \pm EP).

	Agosto		Setembro		EP	Significância			Dias
	Caprinos	Ovinos	Caprinos	Ovinos		P	E	PxE	
Ácidos gordos voláteis, mmol/l									
Ác. acético	52,42	53,38	48,85	53,70	2,04	NS	NS	NS	NS
Ác. propiónico	8,06 ^b	11,28 ^a	9,03 ^b	12,38 ^a	0,57	NS	***	NS	NS
Ác. butírico	3,11 ^b	4,95 ^a	4,12 ^a	3,74 ^b	0,37	NS	NS	**	NS
Ác. isobutírico	0,46	0,35	0,42	0,32	0,05	NS	NS	NS	NS
Ác. isovalérico	0,57 ^b	0,75 ^a	0,58 ^b	0,71 ^a	0,05	NS	**	NS	NS
Ác. valérico	0,35	0,39	0,36	0,34	0,02	NS	NS	NS	NS
N-NH ₃ , mg/100 ml	12,56 ^a	13,20 ^a	10,71 ^b	9,93 ^b	0,50	***	NS	NS	***

Na mesma linha, médias assinaladas com diferentes índices superiores são significativamente diferentes.

Os caprinos e os ovinos só se distinguiram nas concentrações de ácido propiónico ($P < 0,001$) e de ácido isovalérico ($P < 0,01$), tendo os ovinos apresentado concentrações mais elevadas. A única interacção significativa ($P < 0,01$) verificou-se com a concentração de ácido butírico, que aumentou no rumen dos caprinos e diminuiu no dos ovinos, entre Agosto e Setembro.

Variação entre dias

As variações na ingestão e excreção, entre dias, por quilograma de peso metabólico, não foram acentuadas (Figura 34; anexo 3.26). Os únicos parâmetros que variaram, significativamente, foram as concentrações de proteína e de celulose na dieta ingerida (Figura 35; anexo 3.14) e as concentrações de amônia ruminal (Figura 36; anexo 3.25).

Figura 34. Variação diária da ingestão e excreção de MS (g/kg^{0,75}) em caprinos e ovinos

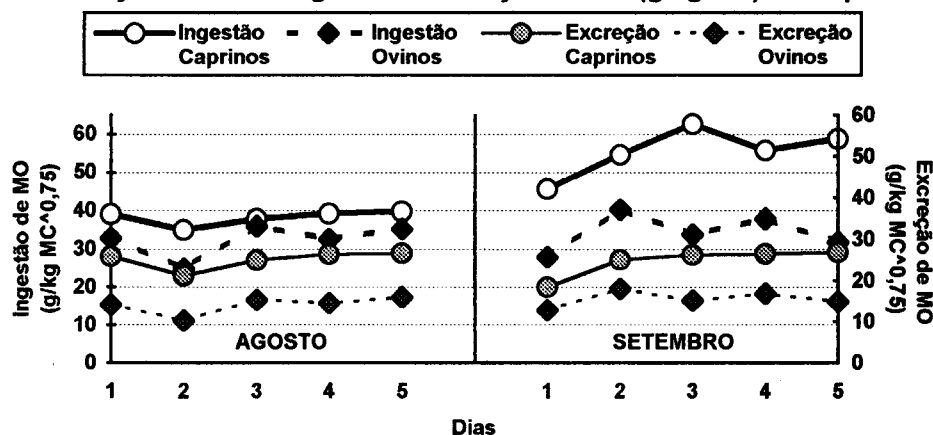


Figura 35. Variação diária das concentrações de celulose e de proteína nas amostras esofágicas de caprinos e de ovinos (n=6).

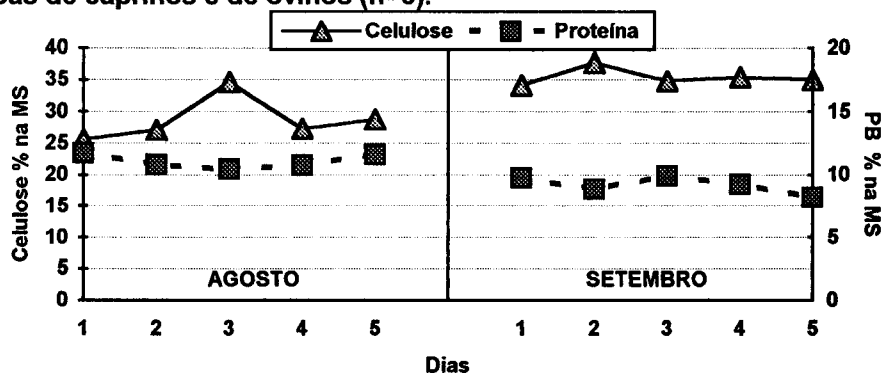
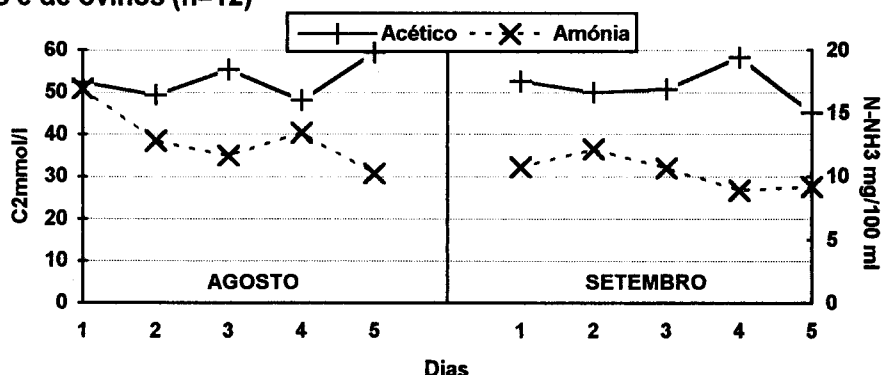


Figura 36. Variação diária das concentrações de ácido acético e de amônia no rumen de caprinos e de ovinos (n=12)



6.4. DISCUSSÃO

Condições experimentais

O encabeçamento utilizado visou a diminuição dos recursos alimentares e nutritivos disponíveis com o evoluir do tempo, consequência do aumento da intensidade de pastoreio, termo que engloba o encabeçamento e o seu efeito na pastagem (BRANSBY *et al.*, 1988). Tendo a área sido continuamente pastoreada é previsível que as quantidades de forragem disponível tenham diminuído, por pisoteio e por ingestão, reduzindo-se as possibilidades de discriminação e as oportunidades para escolher a dieta.

Este tipo de evolução no tempo, reduzindo-se a quantidade e qualidade da forragem disponível, foi verificada por outros autores quando o restolho de cereais era pastado por ovinos. MULHOLLAND *et al.* (1976), trabalhando com dois encabeçamentos (15 e 30 animais/ha), verificaram que o valor nutritivo e a disponibilidade do restolho decresciam mais acentuadamente com elevados encabeçamentos (33,0 kg/ha/dia) comparativamente aos baixos encabeçamentos (11,1kg/ha/dia). Também OUTMANI *et al.* (1991) referem que para além de diminuir a quantidade do restolho disponível, num ensaio em que utilizaram 24 ovelhas gestantes/ha, a qualidade do restolho disponível decresceu acentuadamente, tendo diminuído a PB e aumentado as fracções da fibra.

No presente ensaio, tratando-se de pastoreio conjunto e sendo a forragem material vegetativamente morto, sujeito a maiores perdas por pisoteio, não se determinou a biomassa no início e no fim da permanência dos animais. Os valores referenciados na bibliografia, em relação à biomassa do restolho de trigo, são extremamente variáveis, provavelmente devido às técnicas culturais e cultivares utilizadas. Por exemplo, COOMBE e MULHOLLAND, 1988 referem valores de disponibilidade de 2200 kg MS/ha, com cerca de 10% de grão residual e com forragem verde inferior a 50 kg/ha. Já GUESSOUS *et al.* (1989) encontraram valores iniciais de 5000 kg MS/ha com cerca de 15 % de grão residual, enquanto ADA e MANN (1972) encontraram disponibilidades de 4600 kg MS/ha. Em restolho de aveia, num ensaio efectuado na Herdade da Mitra, os valores

encontrados no início do pastoreio foram de 7197 kg MS/ha, com 1,9% de grão, reduzindo-se para 6067 kg MS/ha com 0,9% de grão após 3 semanas de pastoreio (FREITAS, 1988). Segundo BLACK e KENNEY (1984) a quantidade de forragem presente na pastagem é um valor meramente informativo, sendo a estrutura do pasto um factor muito mais importante na determinação da ingestão. A estrutura é definida pela densidade e altura do pasto, existindo diferenças marcantes entre as pastagens e os restolhos.

O valor nutritivo da forragem presente, predominantemente restolho de trigo, foi muito semelhante ao da palha de trigo utilizada no ensaio anterior descrito no capítulo 5, caracterizando-se por baixa digestibilidade e conteúdo proteico e altos níveis de fibra, o que indicia prováveis deficiências em energia e em azoto na dieta. Calculando a proteína e a energia ingeridas diariamente, utilizando a ingestão voluntária aparente e a EM e PB das amostras esofágicas, verificamos que a ingestão de energia foi sempre inferior às necessidades de manutenção, com excepção da quantidade ingerida pelos caprinos em Setembro. A ingestão de proteína não parece ter sido tão limitante e só em Setembro não foi suficiente para cobrir as necessidades de manutenção das ovelhas (Quadro 41).

Quadro 41. Cálculo da energia metabolizável e proteína bruta ingeridas, por caprinos e por ovinos ao longo do ensaio, e comparação com as necessidades para manutenção.

	CABRAS		OVELHAS	
	Agosto	Setembro	Agosto	Setembro
Peso vivo, kg	31,63	31,95	53,78	52,91
Ingestão de MO, g/kg MC ^{0,75}	36,08	59,24	33,09	30,69
EM esofágicas, MJ/kg MS	6,14	8,33	7,67	7,432
PB esofágicas, % MS	10,8	9,6	11,8	9,4
MO esofágicas, % MS	92,2	91,3	90,7	89,4
Ingestão de MS, kg/dia	0,52	0,87	0,73	0,67
EM ingerida, MJ/dia	3,19	7,00	5,56	5,00
Necessidades em energia (0,42 MJ/kg ^{0,75})	5,60	5,64	8,34	8,24
Balanco energético ⁽¹⁾	-2,41	+1,36	-2,78	-3,24
PB ingerida, g/dia	56,27	83,71	85,55	63,26
Necessidades em proteína (3,96 g/kg ^{0,75})	52,83	53,22	78,65	77,70
Balanco proteico ⁽¹⁾	+3,44	+30,49	+6,9	-14,44

(1) Ingerido - excretado, g

Seria de esperar que os animais tivessem perdido peso, o que não se verificou. Estes dados poderão ser tendenciosos e deturpados, por estarem confundidos com o efeito da gestação ou,

ainda, devido ao período de pastoreio ter sido relativamente curto (3 semanas). FREITAS (1988) também não observou perdas de peso nos machos que utilizou num período de tempo igual, em pastoreio de restolho de aveia, enquanto outros autores (OUTMANI *et al.*, 1991), que trabalharam com ovelhas no fim da gestação, apenas verificaram perdas de peso nos animais após 4 semanas de ensaio.

Dieta seleccionada

A utilização de restolho de trigo, como pastagem, tinha em vista uma certa homogeneidade botânica, pelo menos em termos de forragem dominante. Porém, existiam outras espécies vegetais, numa proporção indeterminada. Convém reconhecer que a selecção das dietas, quando os animais pastam restolho, poderá depender de condicionantes distintas das verificadas nouro tipo de pastagens, devido a diferentes estruturas do pasto. O restolho tem uma densidade menor, com mais espaço entre os caules, mas o material verde existente, apesar de disperso, tem uma postura mais rígida e independente. Por isso, em restolhos de cereais, apesar de uma aparente homogeneidade, a discriminação entre espécies e fracções botânicas poderá ser maior. Por exemplo, MULHOLLAND *et al.* (1976) encontraram 80% de material verde nas amostra esofágicas de ovinos que pastavam restolho de trigo.

Quando analisámos a composição química das amostras esofágicas dos caprinos e dos ovinos, verificámos que ambas as espécies apresentaram sempre dietas com melhor valor nutritivo (valores mais elevados de PB e mais baixos de fibra), do que a composição química da forragem existente na pastagem. Se considerarmos, como selecção, a escolha de uma dieta diferente da existente na pastagem (HODGSON, 1979), então tanto caprinos como ovinos seleccionaram a dieta.

De Agosto para Setembro, ambas as espécies diminuíram a PB (decréscimos diários de 0,15% para os caprinos e de 0,38% para os ovinos) e aumentaram a NDF (acréscimos diários de 1,28% e de 0,76% para os caprinos e ovinos, respectivamente), provavelmente reflectindo a diminuição da qualidade do restolho. Tal situação foi igualmente observada por outros autores.

Após 6 semanas de pastoreio, a concentração proteica das amostras esofágicas diminuiu inversamente ao tempo de pastoreio enquanto a concentração em paredes celulares aumentou (PB de 8,09 para 5,64% e NDF de 71,4 para 76,6; GUESSOUS *et al.*, 1987). Num outro ensaio (GUESSOUS *et al.*, 1989) a PB decresceu de 11,00 para 8,52% e a NDF aumentou de 67,3 para 73,9%.

Apesar de ambas as espécies manifestarem as mesmas tendências gerais, as concentrações nutritivas das amostras esofágicas dos caprinos e dos ovinos diferenciaram-se no primeiro período do ensaio. As amostras esofágicas dos caprinos apresentaram valores significativamente mais baixos de PB, de hemicelulose e de IVDMO e mais elevados de ADL, comparativamente às amostras dos ovinos. É provável que esta diferença apenas seja indicador de dietas com diferente composição botânica. Por observação visual, verificou-se que os caprinos seleccionavam a folhagem das arbustivas presentes na área. Esta constatação é suportada pela composição química das amostras esofágicas, que revela elevada concentração de ADL o que, de acordo com NASTIS e MALECHEK (1981), está positivamente relacionada com o teor de arbustivas na dieta. No entanto, outras características da composição química não contribuem para esclarecer esta situação. Uma dieta com maior quantidade de arbustivas, tendo o carrasco uma concentração de PB superior ao restolho, deveria ser, comparativamente, mais concentrada em PB, o que não se verificou. Por outro lado, se os caprinos demonstrarem maior reciclagem de azoto ureico através da saliva, como parece ser provável (CABRERA *et al.*, 1983), e não tendo as amostras sofrido qualquer tipo de tratamento para separar fracção solúvel de fracção sólida, as amostras dos caprinos poderiam estar proporcionalmente mais contaminadas do que as dos ovinos. Aparentemente, comparando a qualidade da dieta dos caprinos com a dos ovinos, no início do ensaio, o consumo de arbustivas não contribuiu para uma maior qualidade, tendo os caprinos valores de energia e de IVDMO significativamente mais baixos, apesar da maior concentração em conteúdos celulares. Outros factores, que discutiremos adiante, poderão estar em jogo. Os ovinos tiveram sempre mais cinzas nas amostras esofágicas do que os caprinos, com diferenças significativas, possivelmente por escolherem o alimento num estrato da pastagem mais perto do solo e, por isso, mais contaminado

com terra. Possivelmente, a maior concentração proteica dos ovinos poderá ter resultado de uma maior ingestão de grão de cereal.

Mesmo que se tivesse determinado a composição botânica das dietas, seria difícil concluir qual das espécies seleccionou mais alimento. Apesar dos animais partilharem a mesma área, o potencial valor nutritivo da forragem presente não será idêntico para os caprinos e para os ovinos. O facto de ingerirem dietas com distinta composição química, no início do ensaio, e dietas quimicamente semelhantes no seu final, não é suficiente para evidenciar maior capacidade de selecção por parte de uma das espécies, apenas evidencia distintas escolhas de alimento.

Ingestão e digestibilidade do alimento

Os valores médios (n=50) de ingestão (39,73; CV=29%) e digestibilidade (50,51; CV=24%) da MO, estimados neste ensaio, para os caprinos e para os ovinos, são característicos de alimentos fibrosos. RAMALHO RIBEIRO (1989) reviu os factores que influenciam a ingestão de palha de trigo, salientando as limitações de ordem física e química associadas a este alimento. Os mesmos factores condicionam a ingestão de restolho e, assim, os valores encontrados são normalmente baixos e variáveis afectando, igualmente, a digestibilidade do alimento. MULHOLLAND *et al.* (1976) referem valores de 26 g MOD/kg^{0,75} enquanto GUESSOUS *et al.* (1987) encontraram ingestões entre 47,5 e 44,1 g MO/kg^{0,75}. COOMBE e MULHOLLAND (1988) referem valores de digestibilidade *in vivo* da MO entre 45 e 54%. Outros autores (GUESSOUS *et al.*, 1987; GUESSOUS *et al.*, 1989) observaram valores de IVDMO de 44% e 44,9%.

De qualquer forma, apesar dos resultados obtidos serem semelhantes aos referidos na bibliografia, é necessário analisá-los tendo em consideração algumas particularidades das técnicas utilizadas. Tanto os valores de digestibilidade como os de ingestão são aparentes; os primeiros determinados a partir da concentração da NDF indigestível nas fezes e nas amostras esofágicas, após fermentação *in vitro*, e os segundos estimados a partir da indigestibilidade. Se a concentração

do marcador for sobreestimada, devido a inibição da fermentação *in vitro*, serão subestimados os valores tanto da digestibilidade como da ingestão.

Os valores referentes aos caprinos, no primeiro período do ensaio, poderão ter sido subestimados, principalmente porque se suspeita que, para além de restolho, a dieta incluiu folhas de arbustivas. Uma das razões poderá ser a presença de substâncias consideradas antinutritivas, como os fenóis solúveis (NASTIS *et al.*, 1987; PFISTER e MALECHEK, 1986; KUMAR e VAITHIYANATHAN, 1990), cujos efeitos sobre a digestão foram revistos por ALMEIDA (1986). Estes compostos existem na composição química das folhas de carrasco e verificou-se que a adição de 5% de PEG a amostras dessas folhas, incubadas *in vitro*, aumentou significativamente a digestibilidade ($P < 0,01$) em 4 unidades percentuais (BAPTISTA *et al.*, 1993). Outro factor poderá ser os altos valores de lenhina, que deprimem a fermentação (NASTIS e MALECHEK, 1981). A equação geral utilizada, para calcular a digestibilidade *in vitro* a partir da produção de gás, poderá não ser a mais adaptada a este tipo de alimento e contribuir, por este motivo, para a obtenção de valores sobreestimados. Uma outra possível causa relaciona-se com o animal utilizado como dador de conteúdo ruminal. Neste ensaio optou-se pela utilização de uma vaca, alimentada com feno, por se tratar de uma espécie diferente das que estavam sendo testadas. Contudo, SIDAHMED *et al.* (1981) referiram que os processos *in vitro* tendem a subestimar a digestibilidade das dietas que contêm arbustivas, quando os animais dadores não estão sendo alimentados com idênticas dietas. Estas diferentes causas, individualmente ou em conjunto, poderão ter afectado os resultados obtidos, apesar deles serem semelhantes aos referidos na bibliografia (PFISTER e MALECHEK, 1986; MEURET, 1988).

Uma outra razão, que nos leva a suspeitar que os valores de IVDMO, DMO, EM e ingestão, referentes aos caprinos durante o mês de Agosto, podem ter sido subestimados, prende-se com as excreções de MO. Segundo NUNEZ-HERNANDEZ *et al.* (1992) as excreções podem ser utilizadas como indicadores da ingestão. No presente ensaio verificou-se que não houve diferença entre as excreções de MO dos caprinos, do primeiro para o segundo período, e que elas foram

Cap. 6

sempre superiores às dos ovinos (23,36 vs. 12,93 g MO/kg^{0,75}), sugerindo, portanto, superiores ingestões de MO. Este valor poderá, todavia, ter sido afectado por uma maior excreção de material endógeno (UDÉN, 1982).

Comportamento alimentar

Em termos gerais, seria presumível que a evolução ao longo do tempo, devido à intensidade de pastoreio, fosse semelhante à de outras pastagens. Nomeadamente, que decrescesse a ingestão e a digestibilidade, resultantes da diminuição do material vegetativo (LE DU e BAKER, 1981) e do elevado encabeçamento (VAVRA *et al.*, 1973). Porém, este padrão, que se verificou com os ovinos, não ocorreu com os caprinos. As respostas diferenciadas das espécies, à presumível redução de disponibilidade e do valor nutritivo da forragem, é, aparentemente, um indicador das diferentes estratégias tróficas adoptadas, pesando embora as limitações enunciadas anteriormente.

No início do ensaio, quando o valor nutritivo e a disponibilidade dos alimentos eram, supostamente, mais elevadas, os caprinos ingeriram menores quantidades de alimento, mas as dietas escolhidas tinham teores mais elevados de conteúdos celulares e menores de paredes celulares, apesar de não terem maior IVDMO nem maior PB. Em Setembro, os caprinos aumentaram a ingestão e os teores nutritivos, assemelhando-se aos ovinos, mas com a tendência para dietas com maiores concentrações de hemicelulose e menores de celulose, e aumentaram, também, a DMO e IVDMO.

Estes resultados, para além de poderem ter sido afectados pela metodologia utilizada, pelas razões enunciadas anteriormente, podem ter resultado do diferente comportamento de pesquisa dos caprinos. Verificou-se, no segundo período do ensaio, que os caprinos se evadiram da zona vedada e ingeriram vegetação circundante. Apesar da semelhança na composição botânica da vegetação circundante a disponibilidade era mais elevada, por não ter sido pastada. A eventualidade de que tal ocorrência tenha afectado os resultados dos caprinos referentes a

Setembro foi testada, dividindo os animais que saíram da zona de ensaio em três grupos, consoante o número de fugas foi baixo ($n= 0,7$), médio ($n= 4$) ou elevado ($n=7$), e testando os resultados com uma análise de variância unifactorial (anexo 3.27). As fugas não tiveram efeito significativo nos valores de digestibilidade, ingestão ou excreção, se bem que os animais que saíram mais vezes tenham tido valores de digestibilidade mais elevados. Os valores de digestibilidades foram respectivamente $58,40 (\pm 1,51)$, $60,93 (\pm 0,36)$ e $61,00 (\pm 1,15)$ para as cabras que fugiram em média 0,7 vezes, 4 vezes e 7 vezes.

Para além do comportamento de exploração mais activo, de que as evasões da zona de ensaio são uma manifestação, pode ter ocorrido uma diferente discriminação entre fracções botânicas. Os caprinos poderão ter ingerido restolho essencialmente no estrato superior, seleccionando, de preferência, o topo dos caules (NORTON *et al.*, 1990) e maior quantidade de bainhas das folhas. Dado as características da fisiologia vegetal das gramíneas anuais, efectuando-se migração de nutrientes a partir da base dos caules, o colmo poderá ser pior mais perto do solo (AMAN e NORDKVIST, 1983; THEANDER e AMAN, 1984). À medida que a gramínea envelhece, aumenta o tamanho das células, as paredes celulares espessam-se e as paredes do parênquima lenhificam-se progressivamente do exterior para o interior (BARRY e GRENET, 1988). Estes autores incubaram diferentes fracções de palha no rumen e observaram que, após 72 h de incubação de caules no rumen, apenas o parênquima mais interno e menos lenhificado tinha sido degradado, enquanto que com as folhas a degradação era mais extensa. Assim, diferentes proporções entre caules e folhas nas dietas ingeridas influenciam a ingestão e digestibilidade. Por exemplo, WALES *et al.* (1988) verificaram que, em dietas com 41% de folhas, os animais tiveram ingestões mais elevadas (618g/d) e maiores IVDMO (47%). Quando a percentagem de folhas no total foi 20% a ingestão foi 304 g/d e a digestibilidade 30%. Os resultados de SHAND *et al.* (1988) obtidos com doze variedades de trigo indicam valores médios, de digestibilidade *in situ* após incubação de 48 h, de 44,1% para o total da planta e de 33,0% e 61,5% para caules e folhas, respectivamente. Os mesmos autores observaram igualmente grandes diferenças nas características fermentativas das folhas e dos caules, tendo observado taxas de digestão de 0,0423 para as folhas e de 0,0259 para

Cap. 6

os caules. A composição química da palha também pode influenciar a cinética. BARRY *et al.* (1988) referiram que a fermentescibilidade da hemicelulose da palha (sobretudo arabinosilanos) é menor que a da celulose, que a sua variação não tem a ver com as ligações com a lenhina, mas é função da natureza dos seus monómeros.

Os ovinos, se bem que a intensidade de pastoreio tenha influenciado o comportamento de ingestão (diminuíram a quantidade da DMO e da IVDMO de Agosto para Setembro), não modificaram significativamente a composição química das dietas ingeridas, exceptuando-se a proteína bruta que decresceu e a celulose que aumentou.

Fermentação ruminal

A digestibilidade da MO do restolho, determinada por incubação no rumen durante 48h, foi significativamente diferente entre as espécies ($P < 0,05$) tendo os caprinos apresentado sempre valores mais elevados. PRIGGE *et al.* (1984) não encontraram diferenças entre os sexos para o desaparecimento *in situ*, mas sugeriram que, a haver diferenças, elas estariam mais dependentes do tempo de retenção das partículas sólidas. No ensaio efectuado não houve diferenças entre períodos, apesar dos valores referentes a Setembro terem sido mais elevados. LEMERLE (1983) já tinha demonstrado que o tipo de alimento administrado tinha pouco efeito nos valores de digestibilidade *in situ*, apesar de causarem diferenças significativas nas taxas de digestão. O desaparecimento de MS após incubação no rumen é sobretudo consequência da colonização microbiana. MAKKAR *et al.* (1989) não encontraram correlações significativas entre o desaparecimento de MS e o teor de lenhina, fenóis totais e taninos.

As concentrações de metabolitos ruminais foram semelhantes às observadas por COOMBE e MULHOLLAND (1988), mas não decresceram, entre períodos, como referido por FREITAS (1988). Esta situação sugere que as modificações na dieta ingerida, nestas circunstâncias, não alteraram significativamente a fermentação ruminal. Apenas os valores de amónia decresceram significativamente com a diminuição da proteína na dieta ingerida, mas não parece terem sido

limitativos da fermentação da fibra. Os ovinos tiveram valores dos ácidos propiónico e isovalérico significativamente mais elevados, o que está relacionado com teores mais elevados de proteína. A concentração do ácido butírico no rumen dos caprinos foi diferente entre períodos, tendo sido mais elevada quando os animais seleccionaram dietas semelhantes às dos ovinos, o que, juntamente com as maiores digestibilidades *in situ* e a menor concentração do ácido acético, poderão estar associadas a um menor volume ruminal ou a uma fermentação mais activa.

6.5. CONCLUSÕES

É importante ser-se cuidadoso na análise dos resultados deste tipo de ensaios, devido a possíveis erros experimentais e analíticos. No entanto, algumas conclusões parecem evidenciar-se.

Nestas condições experimentais, as espécies não manifestaram comportamentos de ingestão idênticos, face à diminuição da qualidade e quantidade de forragem. Enquanto o valor nutritivo das dietas seleccionadas por ovinos decresceu com o tempo, tal como a aparente ingestão voluntária, os caprinos aumentaram a ingestão quando o valor nutritivo das dietas escolhidas diminuiu. Sugere-se, assim, que diferentes estratégias tróficas foram utilizadas pelas espécies. Os caprinos aumentaram a ingestão para fazer face às deficiências nutritivas, os ovinos não foram tão independentes em relação às condições nutritivas do meio ambiente.

Esta tendência para maiores oscilações qualitativas e quantitativas verificada no comportamento dos caprinos, comparativamente às dos ovinos, foi igualmente verificada com a digestibilidade da fibra e da MO.

Ambas as espécies seleccionaram o alimento, tendo os ovinos concentrações proteicas mais elevadas, não se verificando diferenças entre as espécies em relação à fibra ingerida. Também em ambas as espécies um acréscimo de fibra na dieta conduziu a um aumento da digestibilidade da fibra. As espécies foram igualmente idênticas no que respeita à fermentação ruminal e digestibilidade *in situ*.

Assim, as estratégias tróficas adoptadas, apesar de diferentes, parecem ter sido eficazes, já que os animais não perderam peso e não houve, aparentemente, grandes alterações do meio interno.

Muitas das interrogações surgidas com a análise dos resultados ficaram sem resposta, nomeadamente, como podem os caprinos aumentar a ingestão e porque razão preferem arbustivas quando, aparentemente, não há um benefício nutritivo no seu consumo. É possível que o aumento de ingestão possa ser explicado pelas características de mastigação, pela discriminação ou, ainda, pelo volume e trânsito no TGI, parâmetros que não foram analisados no presente ensaio. É igualmente possível que a preferência dos caprinos por arbustivas possa ser explicada por um comportamento não competitivo entre espécies partilhando o mesmo biótipo, ou por um comportamento hedifágico dos caprinos relacionado com características químicas e físicas intrínsecas às arbustivas. Muito mais informação e novas técnicas serão necessárias para confirmar as tendências observadas no presente ensaio e, também, para que seja possível compreender os mecanismos inerentes aos ajustamentos comportamentais.

Capítulo 7

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES GERAIS

"Todos os animais são iguais, mas uns são mais iguais do que outros"

G.Orwel " O triunfo dos porcos"

As comparações da ingestão e da utilização digestiva de forragem em caprinos e em ovinos apontam para a possibilidade de os primeiros possuírem uma maior eficiência de digestão comparativamente aos segundos, sobretudo em situações nutricionais desfavoráveis (caracterizadas por alimentos de baixa qualidade e ingeridos em quantidade limitada). Tal possibilidade tinha já sido sugerida por vários autores, nomeadamente DEVENDRA (1978) e MORAND-FEHR (1981), apesar de outros autores (HUSTON, 1978; BROWN e JOHNSON, 1984) terem referido digestibilidades mais elevadas para os ovinos, nas mesmas condições.

Os ensaios efectuados pretenderam averiguar se as diferenças na eficiência digestiva, entre caprinos e ovinos, se devem a diferenças no funcionamento digestivo, específicas de cada uma das espécies, ou se resultam de diferentes estratégias tróficas (englobando neste conceito as interações entre o comportamento de ingestão e a utilização digestiva do alimento). A concepção do trabalho visou salientar a influência do comportamento de ingestão sobre a eficiência digestiva. Assim, com base em alimentos da mesma natureza histológica (palha e restolho de trigo -*Triticum aestivum*) e química (mais de 80% de NDF, PB inferior a 3% e IVDMO máxima de 45%), confrontaram-se duas alternativas extremas: indução de idêntico comportamento de ingestão (35 g

MS/kg^{0,75} de palha de trigo, repartidos em seis refeições diárias, sem possibilidade de escolha) ou comportamento de ingestão natural, com pastoreio conjunto de restolho de trigo, podendo os animais ingerir o alimento *ad libitum* e expressar a sua capacidade de escolha.

Esta opção baseou-se no enquadramento conceptual que resumiremos seguidamente. Se sistematizarmos os possíveis ambientes nutricionais que se oferecem aos herbívoros, verificamos dois factores que são determinantes na sua caracterização: a quantidade (BLACK e KENNEY, 1984; BLACK *et al.*, 1987) e a qualidade do alimento (PETERSON *et al.*, 1974; GIRARD e DUPUIS, 1988). A sua combinação origina um *continuum* de situações alimentares balizadas entre dois pontos: um ambiente nutricional óptimo, caracterizado por abundância de alimento com elevada concentração energética; um ambiente nutricional mau, caracterizado por escassez de alimento e de nutrientes. Em pastoreio, a localização das situações alimentares ao longo daquele *continuum* é uma consequência de variações sazonais. Os animais, por seu lado, sofrem alterações no seu peso vivo e no estado fisiológico, que se repercutem nas necessidades em nutrientes e na capacidade para gerir o alimento (FORBES, 1982).

Em qualquer das possíveis situações alimentares existem limitações à obtenção de nutrientes através da ingestão voluntária. Quando o ambiente nutricional é óptimo, prevalecem as limitações dependentes de factores intrínsecos (BAILE e PFANDER, 1967; DINIUS e BAUMGARDT, 1970; HATFIELD, 1990), nomeadamente: limitações genéticas (que condicionam o tipo de sistema digestivo) e alométricas e fisiológicas (que determinam a ordem de grandeza das necessidades e da capacidade do TGI). Num ambiente nutricionalmente desfavorável, são os factores extrínsecos que têm uma acção predominante (GIRARD e DUPUIS, 1988; deBLOIS e WIEGEL, 1990), nomeadamente: os relacionados com as características do alimento (MARTIN, 1990; MURPHY, 1990) como as deficiências em nutrientes, sobretudo azoto, e como a resistência à remoção do rumen (WESTON, 1967).

As complexas interações entre as características do alimento e os mecanismos animais, que influenciam a ingestão voluntária, não podem ser analisadas através de uma abordagem analítica. ILLIUS e GORDON (1991) utilizaram uma perspectiva sistémica para estudar estas relações e propuseram um modelo matemático de cinética ruminal. Teóricamente, a interação entre digestão, ingestão e peso vivo dos animais depende, essencialmente, do esvaziamento do rumen promovido pela taxa de passagem e pela taxa de digestão. A primeira é uma variável dependente do peso vivo e a segunda uma variável independente do peso vivo. A importância relativa destas duas vias é, por sua vez, uma variável dependente do alimento. Com alimentos de boa qualidade, com baixa concentração de material indigestível, o esvaziamento do rumen é dominado pela taxa de digestão, pelo que a ingestão potencial tende para MC^1 . Inversamente, quando a qualidade do alimento diminui, predomina o esvaziamento do rumen através da taxa de passagem e a ingestão tende para $MC^{0,73}$, que é a razão entre o conteúdo do TGI e a taxa de passagem ($MC^1/MC^{0,27}$).

Assim, as entradas de nutrientes no sistema animal sofrem oscilações, resultantes das características do ambiente externo e da interação entre o animal e o alimento, e acarretam consequentes modificações do ambiente interno (WIESER e WENK, 1970). Contudo, os animais possuem mecanismos que lhes permite manter a homeostasia, atenuando o efeito destas alterações (McNAUGHTON, 1987). Um animal, que dependa da fermentação de alimentos fibrosos para cobrir as suas necessidades, só poderá obter mais nutrientes a partir do alimento se aumentar a quantidade de nutrientes ingeridos (comendo maior quantidade de alimento ou alimento de melhor qualidade) ou se retirar mais nutrientes do alimento (digerindo melhor) (HEANEY, 1973). Qualquer destas alternativas é limitada pela capacidade ruminal (desBORDES *et al.*, 1984; KASKE e ENGELHARDT, 1990), pelo que a capacidade máxima de enchimento do rumen condiciona as combinações óptimas entre o comportamento de ingestão e a utilização digestiva do alimento (THOMSON *et al.*, 1985). Uma elevada repleção ruminal deprime a quantidade ingerida, quer se trate de um alimento de boa ou má qualidade, aumenta a duração da ruminação e diminui a da mastigação (BAUMONT *et al.*, 1990).

A opção por uma das combinações possíveis, entre graus de ingestão e de digestão, constituiu-se como uma estratégia trófica e é, essencialmente, de natureza comportamental. Como qualquer comportamento é consequência das adaptações evolutivas (BEILHARDZ, 1985a; BEILHARDZ, 1985b; FORBES, 1988). O "isolamento das espécies", resultante das características morfológicas e fisiológicas, é reforçado pelos comportamentos que, ao permitirem uma diferente exploração e ocupação do meio, contribuem para a ocupação de nichos ecológicos próprios (CARSON, 1985).

Apesar de se reconhecer a importância dos comportamentos na adaptação ao meio, as teorias explicativas das suas motivações repartem-se por duas escolas de pensamento. Uma, na qual se apoia a sociobiologia e cujos princípios gerais foram desenvolvidos por WILSON (1975), confere aos comportamentos a "intenção" de promoverem a optimização da utilização do meio. Nesta conformidade, as estratégias comportamentais são encarada como "a solução óptima" para as funções de custo-benefício. A outra, de perspectiva menos antropocêntrica, baseia-se na "teoria dos jogos". Segundo esta, cuja aplicação à genética evolutiva foi, sobretudo, obra de MAYNARD-SMITH (1985), as estratégias evolutivas caracterizam-se por uma opção pela estabilidade e não pela optimização. Num ambiente em que se desconhecem as regras do jogo, não se sabendo, de antemão, como irão comportar-se os outros componentes do sistema, a única condição que os comportamentos devem preencher é a de ser eficaz, mesmo que não seja a óptima.

Estas considerações levaram-nos a pressupor que, em situações nutricionalmente mais críticas, prevalecerão várias limitações contributivas para que as espécies manifestem, de um modo mais expressivo, as suas estratégias tróficas. Assim, elaborámos duas hipóteses de trabalho:

- Se o comportamento de ingestão dos caprinos for idêntico ao dos ovinos, a eficiência digestiva das espécies será idêntica.
- Se as espécies manifestarem diferentes comportamentos de ingestão, a eficiência digestiva também será diferente.

Os resultados obtidos permitiram-nos concluir que numa situação de baixa disponibilidade quantitativa e qualitativa de alimento, se as espécies não têm possibilidade de exercer a capacidade de escolha e de discriminação e não podem modificar a quantidade ingerida nem o ritmo de entrada de nutrientes, os ovinos digerem a fibra mais eficientemente do que os caprinos. A nível do rumen, as espécies não apresentaram diferenças na fermentação nem na cinética de digestão; mas os ovinos tiveram maior volume e maior pool de MS, tendo condições para um trânsito digestivo mais lento, o que nos leva a pensar que as diferenças encontradas apenas resultaram de diferença do tamanho dos compartimentos e de outros factores alométricos, que não foram medidos (como as taxas de mastigação, de ruminação e metabólica). Apesar dos caprinos terem, aparentemente, um metabolismo azotado mais eficiente, este mecanismo não representou, nestas condições, uma vantagem para digerir mais fibra. Assim, as diferenças encontradas foram, quanto a nós, consequência do diferente tamanho corporal, o que está de acordo com as "leis de forma" (TAYLOR e MURRAY, 1987).

Perante igual situação alimentar nutricionalmente desfavorável (baixo valor nutritivo e diminuição da disponibilidade), mas quando os animais têm liberdade para expressar os seus comportamentos de ingestão, as espécies não se comportam da mesma maneira, como comprovámos ao encontrar interacções significativas entre as espécie e o período de pastoreio, e essa diferença no comportamento de ingestão tem distintas consequências na utilização digestiva do alimento. Ambas as espécies manifestaram capacidade de selecção, ingerindo, em qualquer dos períodos, dietas com composição química superior à do alimento presente na pastagem. Dado o facto de as dietas dos caprinos terem sido diferentes das dietas dos ovinos, no início do ensaio, não podemos afirmar que uma das espécies fosse mais selectiva que a outra. Contudo, é certo que tiveram diferentes comportamentos de ingestão. Verificámos que quando ainda havia, presumivelmente, variedade botânica e vegetativa e as quantidades presentes ainda não eram reduzidas, as espécies inicialmente ingeriam dietas com diferente valor nutritivo, mas em quantidades idênticas. Nestas circunstâncias, quando os caprinos ingeriam quantidade de alimento idêntica à dos ovinos, mas com menos fibra, tiveram pior eficiência digestiva. Quando,

presumivelmente, a variedade de material vegetativo presente diminuiu e a qualidade das dietas ingeridas foi idêntica às dos ovinos, os caprinos aumentaram a quantidade ingerida, tendo, neste caso, maior eficiência digestiva. Verificámos, igualmente, que, apesar destas oscilações nos comportamentos de ingestão e de utilização do alimento, a fermentação ruminal não parece ter-se modificado entre períodos e foi idêntica em ambas as espécies, o que parece indicativo (juntamente com a manutenção do peso vivo) terem as espécies atingido o mesmo objectivo com estratégias tróficas diferentes. Os caprinos evidenciaram a sua maior flexibilidade comportamental que, aparentemente, lhes conferiu uma maior independência em relação ao meio. As alterações na qualidade e na quantidade do alimento ingerido pelos caprinos foram mais amplas que as observadas nos ovinos e não acompanharam as verificadas na pastagem. Os ovinos, por sua vez, quando a qualidade do alimento piora e a quantidade diminui, ingerem dietas com pior valor nutritivo e reduzem a ingestão. Ambas as estratégias parecem ter sido eficazes, pelo menos nestas circunstâncias (pastoreio conjunto e um período relativamente curto), apesar de diferentes.

Assim, concluímos que os caprinos e os ovinos utilizam o alimento fibroso de maneira diferente, consequência, sobretudo, da diferença do tamanho corporal e da plasticidade dos seus comportamentos de ingestão, que os habilitam a apresentar diferentes estratégias tróficas com reflexos na eficiência digestiva. O aumento da ingestão voluntária do alimento manifestada pelos caprinos, quando têm possibilidade de o fazer, poderá ser uma vantagem adaptativa destes animais a situações nutricionalmente desfavoráveis. A dieta ingerida pelos ovinos segue, de mais perto, as alterações do alimento disponível, mas esta espécie apresenta a vantagem de reter durante mais tempo o alimento, compensando a restrição nutritiva através da digestão. Contudo, é importante ser-se cuidadoso na generalização destas conclusões, devido às limitações das técnicas associadas a alguns dos dados obtidos e à reduzida população de inferência.

Parece-nos lícito, no entanto, especular que se o tamanho corporal for maior, como frequentemente é o caso dos ovinos comparativamente aos caprinos, os animais terão maior volume ruminal, maior tempo de retenção, menos *turnover* e, por isso, maior eficiência ruminal,

apresentando, ao mesmo tempo, menor mastigação e maior ruminação. Mas os caprinos, apesar de terem menor tamanho corporal, poderão aumentar, através da escolha do alimento, a ingestão de hemicelulose e de lenhina. Nestas condições, a sua maior eficiência de mastigação, juntamente com o menor volume ruminal e as partículas alimentares mais densas, possibilitariam uma maior taxa de passagem, aumentando a quantidade de hemicelulose digerida no intestino grosso, conseguindo, assim, uma idêntica eficiência digestiva e energética.

Para um mesmo tamanho corporal e volume ruminal, a ingestão de energia, por unidade de tempo, tende a decrescer com a diminuição da densidade da forragem e com o aumento das paredes celulares. É provável que, à medida que tal aconteça, os animais tendam a compensar esta situação através do aumento ou da quantidade por dentada (HODGSON, 1985; HOGAN *et al.*, 1987) ou da taxa de ingestão (BAUMONT *et al.*, 1988), sendo menos importante a escolha do alimento. Uma das principais consequências será a manutenção da quantidade ingerida em detrimento da qualidade do alimento, o que conduzirá ao aumento da ingestão de fibra. O tempo de mastigação será menor para alimentos contendo altos teores de paredes celulares e para baixas densidades de forragem (KASKE e ENGELHARDT, 1990; GHERARDI *et al.*, 1992), mas, por outro lado, a ruminação aumentará (DESWISEN *et al.*, 1986; BAUMONT *et al.*, 1988). Isto poderá dever-se a um compromisso entre a mastigação e a preensão. Para manter a mesma taxa de mastigação de dietas com altos teores em fibra, o animal deveria dedicar mais movimentos mandibulares à mastigação, o que iria baixar a taxa de dentadas de preensão e, conseqüentemente, a quantidade ingerida. A mastigação diminuiria por forma a manter o enchimento ruminal e a ruminação aumentaria para incrementar a taxa de passagem. A digestibilidade diminuiria com o aumento de paredes celulares na dieta se o *turnover* se mantivesse constante. Se ele diminuísse a digestibilidade poderia aumentar. Apesar deste funcionamento se poder eventualmente verificar, em ambas as espécies, é possível que os caprinos tenham maior capacidade de modificação do volume ruminal do que os ovinos, conseguindo assim manter uma maior taxa de ingestão associada a maior quantidade por dentada, o que lhes possibilitaria um maior suprimento de nutrientes, apesar do decréscimo na qualidade da dieta.

Estas especulações, para além das dúvidas que levantam em relação aos mecanismos de ajuste dos animais ao seu alimento, colocam algumas questões magnas, tais como:

Haverá situações alimentares *tipo* ? As modificações que se verificam, nas situações alimentares, serão graduais e em sucessão ou descontínuas e com transição brusca entre estados estáveis?

As estratégias tróficas serão determinísticas, ou seja, periódicas, regulares, perfeitamente previsíveis? Serão aleatórias, produzindo-se completamente ao acaso e sendo impossíveis de prever? Ou, pelo contrário, serão caóticas, produzindo-se efeitos irregulares a partir de causas regulares, repetindo-se os ciclos, nunca exactamente iguais, mas flutuando em torno de um ritmo periódico?

Sugerimos que um maior esforço de investigação, analisando estes parâmetros e as suas relações, pode permitir a construção de um enquadramento matemático que contribua para esclarecer algumas destas dúvidas. Esta transformação de modelos conceptuais em modelos de simulação é essencial para prever o comportamento e a dinâmica de sistemas complexos. A aplicação destes modelos aos estudos comparativos de fisiologia nutricional tem a vantagem de permitir o desenvolvimento de leis gerais, dando, ao mesmo tempo, ênfase aos desvios, assumindo-os como adaptações específicas. Melhores práticas de gestão do pastoreio e dos recursos naturais só poderão surgir, quando o conhecimento, acerca do binómio animal-vegetal e das suas relações inter e intraespecíficas, se alicerçar em modelos de predição que contemplem continuamente fenómenos de causa - efeito.

Referências bibliográficas

- ABREU, J. M. F. (1984). *A Qualidade da Forragem e o Comportamento Alimentar do Ruminante. Aplicação no Estudo de um Segundo Corte de Bersim Utilizando Carneiros em Gaiolas de Digestibilidade*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal, 266 pp.
- ADA, I. D.; MANN, A. P. (1972). Wheat Grain and Wheat Stubble for Intensive Fattening of Yearling Steers. *Animal Production in Australia*, **9**: 276-284.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (1991). Technical Committee on Responses to Nutrients, Report nº7; Theory of Response to Nutrients by Farm Animals. *Nutrition Abstracts and Reviews, Series B: Livestock Feeds and Feeding*, **61**: 683-722.
- AL JASSIM, R. A. M.; HASSAN, S. A.; AL-ANI, A. N.; DANA, T. K. (1991). Effects of Undegradable Protein Supplementation on Digestion and Nitrogen Balance in Sheep and Goats. *Small Ruminant Research*, **5**: 57-63.
- ALAM, M. R.; LAWSON, G. D.; POPPI, D. P.; SYKES, A. R. (1987). Comparison of the Site and Extent of Digestion of Nutrients of a Forrage in Kids and Lambs. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **109**: 583-589.
- ALAM, M. R.; POPPI, D. P.; SYKES, A. R. (1983). Intake, Digestibility and Retention Time of 2 Forages by Kids and Lambs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, **43**: 119-121.
- ALAM, M. R.; POPPI, D. P.; SYKES, A. R. (1985). Comparative Intake of Digestible Organic Matter and Water by Sheep and Goats. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, **45**: 107-111.
- ALAM, M. R.; POPPI, D. P.; SYKES, A. R. (1991). Comparative Energy and Protein Utilization in Kids and Lambs. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **117**: 121-127.

- ALMEIDA, J. A. A. (1986). *Influência dos Taninos de Frutos de Quercus ilex L. e Quercus suber L. sobre a Fermentação Retículo-Ruminal e a Digestão Enzimática de Proteínas*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora, Portugal, 323 pp.
- ALRAHMOUN, W. (1985). *Utilisation Digestive Comparée Chez les Caprins et les Ovins: Effets de la Nature du Régime, du Traitement des Pailles par la Soude, de la Nature de la Source Azotée*. Thèse de Doctorat 3^o Cycle. Université de Dijon, Dijon, France, 213 pp.
- ALRAHMOUN, W.; MASSON, C.; TISSERAND, J. L. (1985). Étude Comparée de l'Activité Microbienne dans le Rumen Chez les Caprins et les Ovins. I - Effect de la Nature du Régime. *Ann. Zootech.*, **34**: 417-428.
- ALRAHMOUN, W.; MASSON, C.; TISSERAND, J. L. (1986). Étude Comparée de l'Activité Microbienne dans le Rumen Chez les Caprins et les Ovins. II - Effect du Niveau Azoté et de la Nature de la Source Azotée. *Ann. Zootech.*, **35**: 109-120.
- AMAN, P.; NORDKVIST, E. (1983). Chemical Composition and *In vitro* Degradability of Botanical Fractions of Cereal Straw. *Swedish J. Agric. Res.*, **13**: 61-67.
- ANTONIOU, T.; HADJIPANAYIOTOU, M. (1985). The Digestibility by Sheep and Goats of Five Roughages Offered Alone or with Concentrates. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **105**: 663-671.
- ANÓNIMO (sem data). *A Fauna*, **1**: 119. Editada por Publicações Europa-América, Mem Martins.
- AOAC (1984). *Official Methods of Analysis* (14th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- ARIELI, A.; SKLAN, D. (1985). Energy Disappearance in Hindgut of Sheep. *J. Dairy Sci.*, **68**: 2215-2219.
- ARNOLD, G. W. (1981). Grazing Behaviour. in: *World Animal Science, B1 - Grazing Animals*, cap. 5, pp. 79-104. Edited by F.H.W. Morley, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- ARNOLD, G. W. (1985). Ingestive Behaviour. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap. 16, pp. 183-200. Edited by A.F. Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- ARNOLD, G. W.; de BOER, E. S.; BOUNDY, C. A. P. (1980). The Influence of Odour and Taste on the Food Preferences and Food Intake of Sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, **31**: 571-587.

- ARNOLD, G. W.; DUDZINSKI, M. L. (1978). Daily Maintenance Behaviour. in: *Ethology of Free-Ranging Domestic Animals*, cap.1, pp. 1-50. Developments in Animal and Veterinary Sciences, 2, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- BAILE, C. A.; McLAUGHLIN, C. L. (1987). Mechanisms Controlling Feed Intake in Ruminants: a Review. *J. Anim. Sci.*, **64**: 915-922.
- BAILE, C. A.; PFANDER, W. H. (1967). Ration Density as Factor Controlling Food Intake in Ruminants. *J. Dairy Sci.*, **50**: 77.
- BAILEY, C. B.; BALCH, C. C. (1961). Saliva Secretion and its Relation to Feeding in Cattle. 2. The Composition and Rate of Secretion of Mixed Saliva in the Cow During Rest. *British Journal of Nutrition*, **15**: 383-402.
- BAPTISTA, Elvira S. (1985). *Comparação dos Comportamentos Digestivos e Ingestivos de Caprinos e Ovinos*. Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária, Santarém, Portugal, mimeografado - 34 pp.
- BAPTISTA, Elvira S.; ALMEIDA, J. A. A.; LEAL, Ana C. (1993). Nutritive Value of Some Mediterranean Oak Tree Leaves and Fruits. *Proceedings of the VII World Animal Production Conference*, Alberta 8-13 June, Canada.
- BARNES, R. J.; COMLINE, R. S.; DOBSON, A. (1986). The Control of Splanchnic Blood Flow. in: *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap.3, pp. 41-59. Proceedings of the 6th International Symposium on Ruminant Physiology, 10th-14th September 1984, Banff, Canada. Edited by L.P. Milligan, W.L. Grovum e A. Dobson. A. Reston Book, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- BARRY, J. L.; GUENEAU, S.; DAVID, Agnès; BONNET, C.; KOZLOWSKI, Françoise (1988). Fermentescibilité des Constituants Pariétaux de Divers Produits Lignocellulosiques. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **28**: 91-92.
- BARRY, P.; GRENET, Elisabeth (1988). Dégradation Microbienne dans le Rumen de la Tige de Blé à Différents Stades de Développement, Observée au Microscope Électronique à Balayage. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **28**: 89-90.
- BARRY, T. N.; SUTTIE, J. M.; MILNE, J. A.; KAY, R. N. B. (1991). Control of Food Intake in Domesticated Deer. in: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap.17, pp 385-401. Proceedings of the 7th International Symposium on Ruminant Physiology, Aug.28-Sep.1, 1989, Sendai, Japan. Edited by T.Tsuda, Y. Sasaki, R. Kawashima, Academic Press, San Diego, California, USA.
- BAUMONT, R.; DULPHY, J. P.; ANDRIEU, J. P. (1988). Comportement Alimentaire et État de Réplétion du Réticulo-Rumen Chez le Mouton Nourri à Volonté de Foin de Prairie ou de Luzerne, avec Accès Continu ou Limité: Incidences sur le Contrôle Physique de l'Ingestion. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **28**: 573-588.

- BAUMONT, R.; MALBERT, C. H.; RUCKEBUSCH, Y. (1990). Mechanical Stimulation of Rumen Fill and Alimentary Behaviour in Sheep. *Anim. Prod.*, **50**: 123-128.
- BEILHARZ, R. G. (1985a). Innate Behaviour. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap. 7, pp. 83-91. Edited by A.F.Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- BEILHARZ, R. G. (1985b). Learned Behaviour. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap.8, pp. 93-102. Edited by A.F.Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- BELLET, Brigitte (1984). *Étude des Variations de la Microflore Ruminale des Ovins et des Caprins en Fonction de Différents Régimes*. Thèse de Doctorat 3^e Cycle, Université de Dijon, Dijon, France, 99 pp.
- BENLAMLIH, S.; de POMYERS, H. (1989). Changes in Endogenous Urea Recycling and the Handling of Renal Urea in Pregnant and Lactating Sardi Sheep Kept on a Constant Feeding Level. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **29**: 129-137.
- BENTO, Ofélia P. (1990). *Estudo Comparativo do Valor Alimentar da Aveia X Ervilhaca Conservada como Feno e Silagem*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora, Portugal, 278 pp.
- BHATTACHARYA, A. N. (1980). Research on Goat Nutrition and Management in Mediterranean Middle East and Adjacent Arab Countries. *J. Dairy Sci.*, **63**: 1681-1700.
- BLACK, J. L.; KENNEY, P. A. (1984). Factors Affecting Diet Selection by Sheep. II. Height and Density of Pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, **35**: 565-578.
- BLACK, J. L.; KENNEY, P. A.; COLEBROOK, W. F. (1987). Diet Selection by Sheep. in: *Temperate Pastures: Their Production, Use and Management*, pp. 331-334. Edited by J.L. Weeler, C.J. Pearson, G.E. Robards, Australian Wool Corporation, Technical Publication/CSIRO, Australia.
- BOER, M.; MILTON, J. T. B.; TERNOUTH, J. H. (1982). The Utilization of Three Roughage Diets by Sheep and Angora Goats. *Animal Production in Australia*, **14**: 653.
- BRANSBY, D. I.; CONRAD, B. E.; DICKS, H. M.; DRANE, J. W. (1988). Justification for Grazing Intensity Experiments: Analysing and Interpreting Grazing Data. *J. Range Manag.*, **41**: 274-279.
- BRISTOW, A. W.; WHITEHEAD, D. C.; COCKBURN, J. E. (1992). Nitrogenous Constituents in the Urine of Cattle, Sheep and Goats. *J. Sci. Food Agric.*, **59**: 387-394.

- BROSH, A.; SNEH, B.; SHKOLNIK, A. (1983). Effect of Severe Dehydration and Rapid Rehydration on the Activity of the Rumen Microbial Population of Black Bedouin Goats. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **100**: 413-421.
- BROWN, L. E.; JOHNSON, W. L. (1984). Comparative Intake and Digestibility of Forages and By-Products by Goats and Sheep: a Review. *Inter. Goat and Sheep Res.*, **2**: 212-226.
- BROWN, Lynn E.; JOHNSON, W. L. (1985). Intake and Digestibility of Wheat Straw Diets by Goats and Sheep. *J. Anim. Sci.*, **60**: 1318-1323.
- BRUGÈRE, H.; COMBRISSEON, H. (1990). Effets de la Vasopressine sur le Profil Moteur du Réticulo-Rumen Chez le Mouton. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **Suppl. n°2**: 217-218.
- BRYANT, F. C.; KOTHMANN, M. M.; MERRILL, L. B. (1979). Diets of Sheep, Angora Goats, Spanish Goats and White-Tailed Deer under Excellent Range Conditions. *Journal of Range Management*, **32**: 412-417.
- BUENO, L.; FIORAMONTI, J. (1980). Rhythms of Abomaso-Intestinal Motility. in: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap. 3, pp.53-80. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, 3rd-7th September, 1979, Clermont-Ferrand, France. Editors Y. Ruckebusch e P. Thivend, MTP Press Limited, Lancaster, UK.
- BURROUGHS, W.; FRANK, M.; GERLAUGH, P.; BETHKE, K. (1950). Preliminary Observations upon Factors Influencing Cellulose Digestion by Rumen Microorganisms. *Journal of Nutrition*, **40**: 9.
- CABRERA, R.; VILLARROEL, P.; VIAL, E.; CASTILLO, A. (1983). Rumen Fermentative Activity in the Goat and Sheep. *South African Journal of Animal Science*, **13**: 213-215.
- CANCELA D'ABREU, M. D'O (1992). *Valor Alimentar de Três Pastagens Anuais para Ovinos*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora, Portugal, 340 pp.
- CARSON, K. (1985). Exploratory Behaviour. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap. 17, pp.201-207. Edited by A.F. Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- CARVER, L. A.; PFANDER, W. H. (1974). Some Metabolic Aspects of Urea and/or Potassium Nitrate Utilization by Sheep. *J. Anim. Sci.*, **38**: 410-416.
- CHANEY, A. L.; MARBACH, C. P. (1962). *Clinical Chemistry*, **8**: 130.

- CHEEMA, A. V.; GALYEAN M.L.; CATON, J. S.; FREEMAN, A. S. (1991). Influence of Protein Levels and Naloxone on Intake, Nitrogen Metabolism and Digestion Kinetics in Lambs Fed Oat Hay or Barley Straw. *Small Ruminant Research*, **5**: 35-46.
- CHENG, K. J.; COSTERTON, J. W. (1980). Adherent Rumen Bacteria - their Role in the Digestion of Plant Material, Urea and Epithelial Cells. in: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap. 11 ,pp. 227-250. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, 3rd-7th September, 1979, Clermont-Ferrand, France. Editors Y. Ruckebusch e P. Thivend, MTP Press Limited, Lancaster, UK.
- CHENOST, M. (1972). Observations Préliminaires sur les Variations Saisonnières de la Quantité d'Aliment Ingérée par les Caprins en Milieu Tropical Humide. *Ann. Zootech.*, **21**: 113-120.
- CHERNEY, J. H.; VOLENEC, J. J.; NYQUIST, W. E. (1985). Sequential Fiber Analysis of Forage as Influenced by Sample Weight. *Crop Science*, **25**: 1113-1115.
- CHURCH, D. C. (1976). *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*, 3 vol. 2ª edição, O & B Books, Corvallis, Oregon, USA.
- CIHEAM (1990). *Tableaux de la Valeur Alimentaire pour les Ruminants des Fourrages et Sous Produits d'Origine Méditerranéenn*. Editors X. Alibes e J.L. Tisserand, Zaragoza: IAMZ (Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza/ CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes), 152 pp. (Serie B: Etudes et Recherches nº4, Options Méditerranéennes).
- CIRIO, A.; BOVIN, R. (1990). Débit Plasmatique Rénal et Filtration Glomérulaire Chez le Mouton Vigile: Influence d'un Régime Carancé en Protéines. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **Suppl.nº2**: 239-240.
- CLARK, D. A.; LAMBERT, M. G.; ROLSTON, M. P.; DYMOCK, N. (1982). Diet Selection by Goats and Sheep on Hill Country. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, **42**: 155-157.
- COCIMANO, M. R.; LENG, R. A. (1967). Metabolism of Urea in Sheep. *British Journal of Nutrition*, **21**: 353-371.
- CONWAY, E. (1957). *Microdiffusion Analysis and Volumetric Error*. 4th Edition, .90 pp.
- COOMBE, J. B.; MULHOLLAND, J. G. (1988). Food Intake and Levels of Rumen Metabolites in Cattle Grazing Wheat or Oat Stubble. *Australian Journal of Agricultural Research*, **39**: 629-638.

- CUDDEFORD, D.; De WAARD, T. (1981). Effect of Urea Supplementation on Intake and Utilization of a Diet Composed of Whole Barley and Barley Straw by Immature Goats and Sheep. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 160-167, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- DARWIN, C. (1860). *Origem das espécies*. Tradução de Joaquim Sá Mesquita Paúl da 2ª edição, 1860. Editores Lello e Irmãos, Porto e Aillaud e Lellos, Lta, Lisboa. Biblioteca Racionalista, 1961. pp. 17.
- de JONG, A. (1986). The Role of Metabolites and Hormones as Feed-Backs in the Control of Food Intake in Ruminants. in: *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap. 24, pp. 459-478. Proceedings of the 6th International Symposium on Ruminant Physiology, 10th-14th September, 1984, Banff, Canada. Editors L.P. Milligan, W.L. Grovum, A. Dobson, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- deBLOIS, Suzanne; WIEGEL, J. (1990). Hemicellulases in Lignocellulose Degradation. in: *Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Ruminants*, pp. 275-287. Edited by D.E. Akin, L.G. Ljungdahl, J.R. Wilson, P.J. Harris, Elsevier, New York.
- DEHORITY, B. A. (1986). Protozoa of the Digestive Tract of Herbivorous Mammals. *Insect Sci. Applie.*, **7**: 279-296.
- DEMMENT, M. W.; GREENWOOD, G. B. (1988). Forage Ingestion: Effects of Sward Characteristics and Body Size. *J. Anim. Sci.*, **66**: 2380-2392.
- desBORDES, C. K.; WELCH, J. G. (1984). Influence of Specific Gravity on Rumination and Passage of Indigestible Particles. *J. Anim. Sci.*, **59**: 470.
- DESWYSEN, A. G.; ELLIS, W. C.; POND, K. R. (1986). Inter-Relations entre les Activités Alimentaires et Méryciques, la Digestibilité Réticulo-Ruminale et le Niveau d'Ingestion Volontaire. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **26**: 271-272.
- DESWYSEN, A. G.; ELLIS, W. C.; POND, K. R.; JENKINS, W. L.; CONNELLY, J. (1987). Effects of Monensin on Voluntary Intake, Eating and Ruminating Behaviour and Ruminal Motility in Heifers Fed Corn Silage. *J. Anim. Sci.*, **64**: 827-834.
- DEVENDRA, C. (1978). The Digestive Efficiency of Goats. *World Review of Anim. Prod.*, **14**: 9-22.
- DEVENDRA, C. (1987). Goats. in: *Word Animal Science, B5 - Bioclimatology and Adaptation of Livestock*, cap. 11, pp. 157-168. Edited by H.D. Johnson, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

- DEVENDRA, C.; BURNS, M. (1983a). Classification, Distribution and Importance of Domestic Goats. in: *Goat Production in the Tropics*, cap. 1, pp. 1-6, Ed. Devendra, C., Burns, M., 2º ed., Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham House, Farnham Royal, United Kingdom.
- DEVENDRA, C.; BURNS, M. (1983b). Feeding and Nutrition. in *Goat Production in the Tropics*, cap. 7, pp. 90-115, Ed. Devendra, C., Burns, M., 2º ed., Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham House, Farnham Royal, United Kingdom.
- DINIUS, D. A.; BAUMGARDT, B. R. (1970). Regulation of Food Intake in Ruminants. 6. Influence of Caloric Density of Pelleted Rations. *J. Dairy Sci.*, **53**: 311.
- DIRECÇÃO GERAL DE PECUÁRIA (1987). *Recursos Genéticos Animais (Raças Indígenas). Ovinos e Caprinos*. Editado pela Direcção Geral de Pecuária, Lisboa.
- DIRKSEN, G.; LIEBICH, H. G.; BROSI, G.; HAGEMEISTER, H.; MAYER, E. (1985). Morphology of the Ruminal Mucosa and Fatty Acid Absorption in Cattle - Significant Factors for Health and Productivity. *Animal Research and Development*, **21**: 9-22.
- DOMINGUE, B. M. F.; DELLOW, D. W.; BARRY, T. N. (1991a). Voluntary Intake and Rumen Digestion of a Low-Quality Roughage by Goats and Sheep. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **117**: 111-120.
- DOMINGUE, B. M. F.; DELLOW, D. W.; WILSON, P. R.; BARRY, T. N. (1991b). Comparative Digestion in Deer, Goats and Sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **34**: 45-53.
- DOMINGUE, B. M. F.; DELLOW, D. W.; BARRY, T. N. (1991c). The Efficiency of Chewing During Eating and Ruminating in Goats and Sheep. *British Journal of Nutrition*, **65**: 355-363.
- DOYLE, P. T.; EGAN, J. K.; THALEN, A. J. (1984). Intake, Digestion, and Nitrogen and Sulfur Retention in Angora Goats and Merino Sheep Fed Herbage Diets. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, **24**: 165-169.
- DULPHY, J. P. (1971). Influence du Poids Vif et du Niveau d'Ingestion sur le Comportement Alimentaire et Mérycique du Mouton. *Ann. Zootech.*, **20**: 477-486.
- DULPHY, J. P.; CARLE, B. (1986). Activités Alimentaires et Méryciques Comparées des Bovins, des Caprins et des Ovins. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **26**: 279-280.
- DULPHY, J. P.; ELMEDDAH, Y.; BAUMONT, R. (1988). Influence du Rythme de Distribution sur les Activités Alimentaires et l'Évolution Journalière du Contenu Ruminal Chez le Mouton. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **28**: 919-929.

- DULPHY, J. P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. (1980). Ingestive Behaviour and Related Activities in Ruminants. in: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap.5, pp. 103-122. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, 3rd-7th September, 1979, Clermont-Ferrand, France. Editors Y. Ruckebusch e P. Thivend, MTP Press Limited, Lancaster, UK.
- DURAND, M.; KOMISARCZUK, S. (1988). Influence of Major Minerals on Rumen Microbiota. *Journal of Nutrition*, **118**: 249-260.
- EVANS, E. W.; PEARCE, G. R.; BURNETT, J.; PILLINGER, Susan L. (1973). Changes in Some Physical Characteristics of the Digesta in the Reticulo-Rumen of Cows Fed Once Daily. *British Journal of Nutrition*, **29**: 357-376.
- FINCH, Virginia A.; DMI'EL R.; BOXMAN, R.; SHKOLNIK. A.; TAYLOR, C. R. (1980). Why Black Goats in Hot Deserts ? Effect of Coat Color on Heat Exchanges of Wild and Domestic Goats. *Physiological Zoology*, **53**: 19-25.
- FOCANT, M.; VANBELLE, M.; GODFROID, S. (1986). Activités Alimentaires et Motricité du Rumen Chez la Chèvre et le Mouton, pour Deux Régimes Mixtes Foin-Orge. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **26**: 277-278.
- FOCANT, M.; VANBELLE, M.; JULY Anne (1988). Effets de l'Ingestion de Paille Traitée à la Soude sur Certaines Caractéristiques Fermentaires du Rumen des Ovins et des Caprins. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **28**: 121-122.
- FORBES, J. M. (1982). Effects of Lighting Pattern on Growth, Lactation and Food Intake in Sheep, Cattle and Deer. *Livestock Prod. Sci.*, **9**: 361-374.
- FORBES, J. M. (1986a). The Effects of Sex Hormones, Pregnancy, and Lactation on Digestion, Metabolism, and Voluntary Food Intake. in: *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap. 22, pp. 420-435. Proceedings of the 6th International Symposium on Ruminant Physiology, 10th-14th September, 1984, Banff, Canada. Editors L.P. Milligan, W.L. Grovum, A. Dobson, Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey.
- FORBES, J. M. (1986b). Review of Theories of Food Intake Control. in: *The Voluntary Food Intake of Farm Animals*, cap.2, pp. 15-34. Edited by Butterworths, UK.
- FORBES, T. D. A. (1988). Researching the Plant-Animal Interface: The Investigation of Ingestive Behaviour in Grazing Animals. *J. Anim. Sci.*, **66**: 2369-2379.
- FRASER, A. F. (1985a). Background Features in Applied Ethology. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap. 1, pp. 3-8. Edited by A.F.Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

- FRASER, A. F. (1985b). Neuro-Sensorial Features. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap. 5, pp. 49-65. Edited by A.F.Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- FREER, M. (1981). The Control of Food Intake by Grazing Animals. in: *World Animal Science, B1- Grazing Animals*, cap.6, pp.105-124. Edited by F.H.W. Morley, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- FREITAS, Maria Belem (1988). *Valor Alimentar de Restolhos de Cereais*. Trabalho de Fim de Curso. Universidade de Évora, Évora.
- FRENCH, M. H. (1975). *Observaciones sobre las Cabras*. FAO: Estudios Agropecuários, nº 80, Roma, 2ª edição (1ª edição, 1970).
- GALYEAN, M. L.; OWENS, F. N. (1991). Effects of Diet Composition and Level of Feed Intake on Site and Extent of Digestion in Ruminants. in: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap. 21, pp. 483-514. Proceedings of the 7th International Symposium on Ruminant Physiology, Aug.28-Sep.1, 1989, Sendai, Japan. Edited by T.Tsuda, Y.Sasaki, R. Kawashima, Academic Press, San Diego, California.
- GAMBLE, A. W.; MacKINTOSH, J. B. (1982). A Comparison of Digestion in Goats and Sheep of Similar Live Weights. *Animal Production in Australia*, **14**: 625.
- GEOFFROY, F. (1974). Étude Comparée du Comportement Alimentaire et Mérycique de Deux Petits Ruminants: la Chèvre et le Mouton. *Ann. Zootech.*, **23**: 63-73.
- GHERARDI, S. G.; KELLAWAY, R. C.; BLACK, J. L. (1992). Effect of Forage Particle Length on Rumens Digesta Load, Packing Density and Voluntary Feed Intake by Sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, **43**: 1321-1336.
- GIHAD, E. A. (1976). Intake, Digestibility and Nitrogen Utilization of Tropical Natural Grass Hay by Goats and Sheep. *J. Anim. Sci.*, **43**: 879-883.
- GIHAD, E. A. (1981). Utilization of Poor Forages by Goats. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 263-271, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- GIHAD, E. A.; EL-BEDAWAY, T. M.; ALLAM, S. M. (1981). Comparative Efficiency of Utilization of Untreated and NaOH-Treated Poor-Quality Roughages Through *In situ* Digestion by Sheep, Goats and Buffaloes. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 327-337, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- GIHAD, E. A.; EL-BEDAWY, T. M.; MEHEREZ, A. Z. (1980). Fiber Digestibility by Goats and Sheep. *J. Dairy Sci.*, **63**: 1701-1706.

- GIRARD, V.; DUPUIS, G. (1988). Effect on Structural and Chemical Factors of Forages on Potentially Digestible Fiber, Intake, and True Digestibility by Ruminants. *Can. J. Anim. Sci.*, **68**: 787-799.
- GOATCHER, W. D.; CHURCH, D. C. (1970a). Taste responses in Ruminants. III. Reactions of Pigmy Goats, Normal Goats, Sheep and Cattle to Sucrose and Sodium Chloride. *J. Anim. Sci.*, **31**: 364-372.
- GOATCHER, W. D.; CHURCH, D. C. (1970b). Taste Responses in Ruminants. IV. Reactions of Pigmy Goats, Normal Goats, Sheep and Cattle to Acid and Quinine. *J. Anim. Sci.*, **31**: 373-381.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. (1970). *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)*. USDA. Agricultural Handbook, **379**: 20 pp.
- GOMES, E. F. S. (1984). *Utilização Digestiva de Alimentos Fibrosos em Ovinos e Caprinos*. Relatório Final de Estágio, Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 60 pp.
- GOODWIN, B. (1986). É a Biologia uma Ciência Histórica? in: *Para uma Nova Ciência*, cap. 5. Coleção Ciência Aberta, nº30. Editado por Gradiva, Publicações Lda., Lisboa,
- GOULD, S. J. (1980). A Natureza Episódica da Mudança Evolutiva. in: *O Polegar do Panda - Reflexões sobre História Natural*, cap.17. Coleção Ciência Aberta, nº12, Editado por Gradiva, Publicações Lda., Lisboa.
- GUESSOUS, F.; DAHBI, E.; POND, K. R.; JOHNSON, W. L. (1989). Effect of Period of Grazing and Supplementation on Diet Collected by Sheep Grazing Wheat Stubble. *40th Annual Meeting of the European Association of Animal Production*, Dublin, Ireland, pp. 325.
- GUESSOUS, F.; OUTMANI, A.; DAHBI, E.; GARRET, J. E.; JOHNSON, W. L. (1987). Utilization of Wheat Stubble by Sheep. Effect of Protein Supplementation on Intake, Diet Composition and Animal Weight. *38th Annual Meeting of the European Association of Animal Production*, Sep. 28th-Out. 1st, Lisbon, Portugal, pp. 667.
- GURUNG, N. K.; HOLMES, J. H. G.; MCGREGOR, B. A.; WATSON, M. J. (1985). Diet Selection by Goats and Sheep Grazing Annual Pastures. *Animal Production in Australia*, **16**: 413.
- HABEL, R. E. (1975). Ruminante - Introdução. in: *Anatomia dos Animais Domésticos*, Sisson, S., Grossman, J.D. e Getty, R., pp. 691-692, vol. 1. Edited by C. Rosenbaum, N.G. Goshal, D. Hilmann, Interamericana Lda., 1ª edição em português (1981) da 5ª edição americana (1975), Rio de Janeiro, Brasil.
- HADJIPANAYIOTOU, M. (1982). Effect of Sodium Bicarbonate and of Roughage on Milk Composition of Goats and on Rumens Fermentation of Sheep. *J. Dairy Sci.*, **65**: 59-64.

- HAMADA, T. (1973). Feed Utilization and Anatomical Adaptation of Kids After Removal of Compartments of Forestomach or Omasal Laminae. *J. Dairy Sci.*, **56**: 473-483.
- HANLEY, T. A. (1982). The Nutritional Basis for Food Selection by Ungulates. *Journal of Range Management*, **35**: 146-151.
- HARRINGTON, G. N. (1986a). Herbivore Diet in a Semi-Arid Eucalyptus Populnea Woodland. 1. Merino Sheep. *Aust. J. Exp. Agric.*, **26**: 413-421.
- HARRINGTON, G. N. (1986b). Herbivore Diet in a Semi-Arid Eucalyptus Populnea Woodland. 2. Feral Goats. *Aust. J. Exp. Agric.*, **26**: 423-429.
- HATFIELD, R. (1990). Physiological Changes and Metabolic Events that Reduced Lignocellulose Utilization. in: *Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Ruminants*, pp. 91-99. Edited by D.E.Akin, L.G. Ljungdahl, J.R. Wilson, P.J. Harris, Elsevier, New York.
- HEANEY, D. P. (1973). Effects of the Degree of Selective Feeding Allowed on Forage Voluntary Intake and Digestibility Assay Results Using Sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, **53**: 431-438.
- HICKS, C. R. (1982). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. 3ª edição. CBS College Publishing, New York, 425 pp.
- HODGSON, J. (1979). Nomenclature and Definitions in Grazing Studies. *Grass and Forage Science*, **34**: 11-18.
- HODGSON, J. (1982). Ingestive Behaviour. in: *Herbage Intake Handbook*, cap. 6, pp. 113-138. Edited by J.D. Leaver, British Grassland Society, Hurley, England.
- HODGSON, J. (1985). The Control of Herbage Intake in the Grazing Ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*, **44**: 339-346.
- HOFMANN, R. R. (1973). The Influence of Food and Feeding Habits on Ruminant Stomach Structure. in: *The Ruminant Stomach: Stomach Structure and Feeding Habits of East African Game Ruminants*, cap. III, pp.38-45, East African Monographs in Biology, vol.2, edited by East African Literature Bureau, Nairobi.
- HOGAN, J. P.; KENNEY, P. A.; WESTON, R. H. (1987). Factors Affecting the Intake of Feed by Grazing Animals. in: *Temperate Pastures: Their Production, Use and Management*, pp. 317-327. Edited by J.L. Wheeler, C.J. Pearson, G.E. Robards, Australian Wool Corporation, Technical Publication/CSIRO, Australia.
- HOLTER, J. B.; URBAN, W. E. Jr.; HAYES, H. H. (1977). Nutrition of Northern White-Tailed Deer Throughout the Year. *J. Anim. Sci.*, **45**: 365-376.

- HOOVER, W. H. (1978). Digestion and Absorption in the Hindgut of Ruminants. *J. Anim. Sci.*, **46**: 1789-1799.
- HOOVER, W. H.; KINCAID, C. R.; VARGA, G. A.; THAYNE, W. V.; JUNKINS Jr., L. L. (1984). Effects of Solids and Liquid Flows on Fermentation in Continuous Cultures. IV. pH Dilution Rate. *J. Anim. Sci.*, **58**: 692.
- HOOVER, W. H.; STOJKES, S. R. (1991). Balancing Carbohydrates and Proteins for Optimum Rumen Microbial Yield. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3630-3644.
- HOPPER, A. P.; WELCH, J. G. (1983). Chewing Efficiency and Body Size of Kids Goats. *J. Dairy Sci.*, **66**: 2551-2556.
- HOWE, J. C.; BARRY, T. N.; POPAY, A. I. (1988). Voluntary Intake and Digestion of Gorse (*Ulex europaeus*) by Goats and Sheep. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **111**: 107-114.
- HUME, I. D.; SAKAGUCHI, E. (1991). Patterns of Digesta Flow and Digestion in Foregut and Hindgut Fermenters. in: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap.19, pp.427-451. Proceedings of the 7th International Symposium on Ruminant Physiology, Aug.28-Sep.1, 1989, Sendai, Japan. Edited by T.Tsuda, Y. Sasaki, R.Kawashima, Academic Press, San Diego, California.
- HUME, I. D.; WARNER, A. C. I. (1980). Evolution of Microbial Digestion in Mammals. in: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap. 32, pp. 665-684. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, 3rd-7th September 1979, Clermont-Ferrand, France. Edited by Y. Ruckebusch e P. Thivend, M.T.P. Press Ltd., Lancaster, UK.
- HUSTON, J. E. (1978). Forage Utilization and Nutrient Requirements of Goat. *J. Dairy Sci.*, **61**: 988-993.
- HUSTON, J. E.; ENGD AHL, B. S.; BALES, K. W. (1988). Intake and Digestibility in Sheep and Goats Fed Three Forages with Different Levels of Supplemental Protein. *Small Ruminant Research*, **1**: 81-92.
- HUSTON, J. E.; RECTOR, B. S.; ELLIS, W. C.; ALLEN, M. L. (1986). Dynamics of Digestion in Cattle, Sheep, Goats, and Deer. *J. Anim. Sci.*, **62**: 208-210.
- ILLIUS, A. W.; GORDON, I. J. (1991). Prediction of Intake and Digestion in Ruminants by a Model of Rumen Kinetics Integrating Animal Size and Plant Characteristics. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **116**: 145-157.

- JONES, G. M.; LARSON, R. E.; JARED, A. H.; DONEFER, E.; GAUDREAN, J. M. (1972). Voluntary Intake and Nutrient Digestibility of Forages by Goats and Sheep. *J. Anim. Sci.*, **34**: 830-838.
- JOUANY, J. P. (1978). *Contribution à l'Étude des Protozoaires Ciliés du Rumen: leur Dynamique, leur Rôle dans la Digestion et leur Intérêt pour le Ruminant*. Thèse d'État, Université de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, France, 2 volumes, 195 pp.
- JOYCE, Linda A. (1993). The Life Cycle of the Range Condition Concept. *Journal of Range Management*, **46**: 132-138.
- KASKE, M.; ENGELHARDT, W. V. (1990). The Effect of Size and Density on Mean Retention Time of Particles in the Gastrointestinal Tract of Sheep. *British Journal of Nutrition*, **163**: 457-465.
- KATOH, K.; SATO, F.; YAMAZAKI, A.; SASAKI, Y.; TSUDA, T. (1988). Passage of Indigestible Particles of Various Specific Gravities in Sheep and Goats. *British Journal of Nutrition*, **60**: 683-687.
- KAY, R.N.B.; ENGELHARDT, W. v.; WHITE, R. G. (1980). The Digestive Physiology of Wild Ruminants. in: *The Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap.36, pp.743-761. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, 3rd-7th September, 1979. Edited by Y. Ruckebusch e P. Thivend, MTP Press Limited, Lancaster, UK.
- KAYOULI, C.; JOUANY, J. P. (1990). Comparision of the Hydrolytic Activity of Microorganisms in the Forestomachs of Dromedaries and Sheep. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **Suppl.nº2**: 193.
- KAYOULI, C.; USHIDA, K.; DE SMET, S.; JOUANY, J. P.; DEMEYER, D. I. (1988). Influence des Protozoaires Ciliés du Rumen sur la Dégradation *in sacco* de la Paille de Blé et de la Luzerne. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **28**: 87-88.
- KEMPTON, T. J.; LENG, R. A. (1979). Protein Nutrition of Growing Lambs. 1. Responses in Growth and Rumen Function to Supplementation of a Low-Protein-Cellulosic Diet with either Urea, Casein or Formaldehyde-Treated Casein. *Br. J. Nutr.*, **42**: 289-302.
- KENNEDY, P. M.; McSWEENEY, C. S.; WELCH, J. G. (1992). Influence of Dietary Particle Size on Intake, Digestion, and Passage Rate of Digesta in Goats and Sheep Fed Wheaten (*Triticum aestivum*) Hay. *Small Ruminant Research*, **9**: 125-138.
- KEYS, J. E., Jr.; VAN SOEST, P. J.; YOUNG, E. P. (1969). Comparative Study of the Digestibility of Forage Cellulose and Hemicellulose in Ruminants and Nonruminants. *J. Anim. Sci.*, **29**: 11-15.

- KHAN, M. S.; GHOSH, P. K. (1981). Water Use Efficiency in the Indian Desert Goat. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 249-253, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- KILGOUR, R. (1985). Management Behaviour. in: *World Animal Science, A5 - Ethology of the Farm Animals: A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, cap. 34, pp. 445-458. Edited by A.F. Fraser, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- KUMAR, R.; VAITHIYANATHAN, S. (1990). Occurrence, Nutritional Significance and Effect on Animal Productivity of Tannins in Tree Leaves. *Animal Feed Science and Technology*, **30**: 21-38.
- LANGER, P. (1984). Anatomical and Nutritional Adaptations in Wild Herbivores. in: *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*, cap.9, pp.185-203. Proceedings of the International Symposium on Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics, 5-9 April, 1983, Pretoria, Republic of South Africa. Edited by F.M.C. Gilchrist and R.I. Mackie, The Science Press, South Africa.
- LE DU, Y. L. P.; BAKER, R. D. (1981). The Digestibility of Herbage Selected by Oesophageally Fistulated Cows, Steer Calves and Wether Sheep when Strip-Grazing Together. *Grass and Forage Science*, **36**: 237-239.
- LE DU, Y. L. P.; PENNING, P. D. (1982). Animal Based Techniques for Estimating Herbage Intake. in: *Herbage Intake Handbook*, pp. 37-75. Edited by J.D. Leaver, British Grassland Society.
- LECHNER-DOLL, M.; KASKE, M.; ENGELHARDT, W. v. (1991). Factors Affecting the Mean Retention Time of Particles in the Forestomach of Ruminants and Camelids. in: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap.20, pp.455-482. Proceedings of the 7th International Symposium on Ruminant Physiology, Aug.28-Sep.1, 1989, Sendai, Japan. Edited by T. Tsuda, Y. Sasaki, R. Kawashima, Academic Press, San Diego, California.
- LECHNER-DOLL, M.; RUTAGWENDA, T.; SCHWARTZ, H. J.; SCHULTKA, W.; ENGELHARDT, W. v. (1990). Seasonal Changes of Ingesta Flow in Indigenous Livestock on a Thornbush Savannah in Northern Kenya. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **115**: 409-420.
- LECRIVAIN, E.; LECLERC, B.; HAUWUY, A. (1990). Consommation de Ressources Ligneuses dans un Taillis de Chênes par des Brebis en Estive. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **Suppl.n°2**: 207-208.
- LEE, J. A.; PEARCE, G. R. (1984). The Effectiveness of Chewing During Eating on Particle Size Reduction of Roughages by Cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, **35**: 609-618.

- LELLOUCH, J.; LAZAR, P. (1974). Méthodes Statistiques en Expérimentation Biologique. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 283 pp.
- LEMERLE, C. (1983). The Effect of Pasture Type Incubated and Basal Ration Ingested on Rate of Digestion in Nylon Bags. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **101**: 507-509.
- LINDBERG, J. E. (1985). Retention Time of Chromium-Labelled Feed Particles and of Water in the Gut of Sheep Given Hay and Concentrate at Maintenance. *Br. J. Nutr.*, **53**: 559-567.
- LOCKWOOD, J. A.; LOCKWOOD, D. R. (1993). Catastrophe Theory: A Unified Paradigm for Rangeland Ecosystem Dynamics. *Journal of Range Management*, **46**: 282-288.
- LOUCA, A.; ANTONIOU, T.; HATZIPANAYIOTOU, M. (1982). Comparative Digestibility of Feedstuffs by Various Ruminants, Specially Goats. in: *Proceedings of the 3rd International Conference of Goat Production and Disease*, pp. 122-133, Tucson, Arizona, USA.
- LU, C. D. (1988). Grazing Behavior and Diet Selection of Goats. *Small Ruminant Research*, **1**: 205-216.
- LUGINBUHL, J. M.; JOHNSON, N. L. (1982). Coastal Bermuda Grass and Tall Fescue Intake and Digestibility by Goats, Sheep and Steers. in: *Proceedings of the 3rd International Conference of Goat Production and Disease*, pp.280, Tucson, Arizona, USA.
- MAKKAR, H. P. S.; SINGH, B.; NEGI, S. S. (1989). Relationship of Rumen Degradability with Microbial Colonization, Cell Wall Constituents and Tannin Levels in Some Tree Leaves. *Anim. Prod.*, **49**: 299-303.
- MALECHEK, J. C.; BALPH, D. F. (1987). Selection by Grazing and Browsing Livestock. in: *The Nutrition of Herbivores*, cap. 6, pp. 121-131, edited by J.B. Hacker, J.H.Ternouth, Academic Press, Australia.
- MALECHEK, J. C.; PROVENZA, F. D. (1981). Feeding Behaviour and Nutrition of Goats on Rangelands. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 411-428, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- MANGAN, J. L. (1972). Quantitative Studies on Nitrogen Metabolism in the Bovine Rumen. The Rate of Proteolysis of Casein and Ovalbumin and the Release and Metabolism of Free Amino Acids. *British Journal of Nutrition*, **27**: 261-283.
- MARINHO, A. A. M. (1983). Protozoários Ciliados no Rumen de Ovinos em Pastoreio. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, **78**: 157.

- MARTIN, S. A. (1990). Effect of Phenolic Compounds on Fiber-Degrading Enzymes from Rumen Bacteria. in: *Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Ruminants*, pp. 289-299. Edited by D.E. Akin, L.G. Ljungdahl, J.R. Wilson, P.J. Harris, Elsevier, New York.
- MARTÍNEZ, Teodora (1988). Comparación de los Hábitos Alimentarios de la Cabra Montés y de la Oveja en la Zona Alpina de Sierra Nevada. *Archivos de Zootecnia*, **37**: 39-49.
- MASSON, C.; ALRAHMOUN, W.; TISSERAND, J. L. (1986). Étude Comparée de la Quantité Ingérée, de la Digestibilité, de l'Utilisation de l'Azote, du Temps Moyen de Rétention et du Comportement Alimentaire Chez les Jeunes Caprins et Ovins Recevant Différents Régimes. *Ann. Zootech.*, **35**: 49-60.
- MASSON, C.; FAURIE, F.; ARISTA, F.; TISSERAND, J. L. (1990). Comparison of the Chemical Composition and the Particle Size of Alimentary Bolus in Goats and Sheep Fed Various Diets. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **Suppl.nº2**: 191.
- MASSON, C.; KIRILOV, D.; FAURIE, F.; TISSERAND, J. L. (1989). Comparaison des Activités Alimentaires et Méryciques d'Ovins et de Caprins Recevant de la Paille d'Orge Traitée ou Non à la Soude. *Ann. Zootech.*, **38**: 73-82.
- MATHERS, J. C.; WALTERS, D. E. (1982). Variation in Methane Production by Sheep Fed Every Two Hours. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **98**: 633-638.
- MAYNARD-SMITH, J. (1985). *The Problems of Biology*. Oxford University Press.
- McALLAN, A. B.; GRIFFITH, E. S. (1987). The Effects of Different Sources of Nitrogen Supplementation on the Digestion of Fibre Components in the Rumen of Steers. *Animal Feed Science and Technology*, **17**: 65-73.
- McBRIDE, B. W.; MILLIGAN, L. P.; TURNER, B. V. (1983). Endoscopic Observation of the Reticulo-Omasal Orifice of Cattle. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **101**: 749-750.
- McDONALD, I. W.; HALL, R. J. (1957). The Conversion of Casein into Microbial Protein in the Rumen. *Biochem. J.*, **67**: 400-405.
- McNAUGHTON, S. J. (1987). Adaptation of Herbivores to Seasonal Changes in Nutrient Supply. in: *The Nutrition of Herbivores*, cap.17, pp. 391-407, edited by J.B.Hacker, J.H. Ternouth, Academic Press, Australia.
- McSWEENEY, C. S.; KENNEDY, P. M. (1992). Influence of Dietary Particle Size on Chewing Activity and Reticulo-Ruminal Motility in Goats and Sheep Fed Wheaten (*Triticum aestivum*) Hay. *Small Ruminant Research*, **9**: 107-115.

- MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H.; FRITZ, D.; SCHNEIDER, W. (1979). The Estimation of The Digestibility and Metabolizable Energy Content of Ruminant Feedingstuffs from the Gas Production when they are Incubated with Rumen Liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, 93: 217-222.
- MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. (1980). The Effect of Starch on Forage Fiber Digestion Kinetics *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, 63: 1437.
- MEURET, M. (1988). Digestibilité du Feuillage de Chêne Vert (*Quercus ilex*) Distribué Frais à des Caprins Entraînés au Pâturage sur Parcours. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28: 89-90.
- MINSON, D. J.; COWPER, J. L. (1966). Diurnal Variation in the Excretion of Faeces and Urine by Sheep Fed Once Daily or at Hourly Intervals. *British Journal of Nutrition*, 20: 757-764.
- MINSON, D. J.; RATCLIFF, D. (1982). Effect of the Liveweight of Caged Sheep on the Digestibility of Grasses Fed *ad libitum*. *Aust. J. Exp. Agri. Anim. Husb.*, 22: 159-162.
- MIR, P. S.; MIR, Z. (1988). *In situ* Degradability of Barley Straw in Cattle Fed a Barley Straw and Crested Wheatgrass Diet Supplemented with Isobutyric Acid. *Can. J. Anim. Sci.*, 68: 821-829.
- MOHAMMED, H. H.; OWEN, E. (1980). Comparison of the Maintenance Requirement of Sheep and Goats. *Anim. Prod.*, 30: 479.
- MOHAMMED, H. H.; OWEN, E. (1981). Comparision of the Maintenance Energy Requirements of Sheep and Goats Fed Dried Lucerne or Dried Grass. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol II, pp. 585-593, Symposium International, 12-15 May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- MORAND-FEHR, P. (1981). Caractéristiques Comportamentales et Digestives des Chèvres. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 21-45, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- MULHOLLAND, J. G.; COOMBE, J. B.; FREER, M.; McMANUS, W. R. (1976). An Evaluation of Cereal Stubbles for Sheep Production. *Aust. J. Agric. Res.*, 27: 881-893.
- MURPHY, M. R. (1990). Chemical and Physical Properties of Lignocellulose that Limit Intake and Digestion. in: *Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Ruminants*, pp. 264-273. Edited by D.E. Akin, L.G. Ljungdahl, J.R. Wilson, P.J. Harris, Elsevier, New York.
- NASTIS, A. S.; MALECHEK, J. C. (1981). Digestion and Utilization of Nutrients in Oak Browse by Goats. *J. Anim. Sci.*, 53: 283-290.

- NASTIS, A. S.; MEURET, M.; NARJISSE, H. (1987). Methods for Estimation of Nutritive Value and Grazing Intake by Goats. Symposium CEE-Agrimed, CIHEAM, FAO - "Philoetios", *The Evaluation of Mediterranean Sheep and Goat*, 23th to 25th Septembre, Santarém, Portugal.
- NELSON, M. L. (1988). Factors Affecting the Particle Size Distribution of Grazed Forage Due to Ingestive Mastication by Steers and Wethers. *J. Anim. Sci.*, **66**: 1256-1266.
- NICOL, A. M.; COLLINS, H. A. (1990). Estimation of the Pasture Horizons Grazed by Cattle, Sheep and Goats during Single and Mixed Grazing. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, **50**: 49-53.
- NOCEK, J. E. (1985). Evaluation of Specific Variables Affecting *in situ* Estimates of Ruminal Dry Matter and Protein Digestion. *J. Anim. Sci.*, **60**: 1347-1358.
- NOCEK, J. E.; KOHN, R. A. (1987). Initial Particle Form and Size on Change in Functional Specific Gravity of Alfalfa and Timothy Hay. *J. Dairy Sci.*, **70**: 1850-1863.
- NORTON, B. W.; KENNEDY, P. J.; HALES, J. W. (1990). Grazing Management Studies with Australian Cashemere Goats. 3. Effect of Season on the Selection of Diet by Cattle, Sheep and Goats from Two Tropical Grass-Legume Pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **30**:
- NORTON, B. W.; MACKINTOSH, J. B.; ARMSTRONG, D. G. (1982). Urea Synthesis and Degradation in Sheep Given Pelleted-Grass Diets Containing Flaked Barley. *Br. J. Nutr.*, **48**: 249-264.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1981). *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Nutrient Requirements of Goats. National Academic Press, Washington.
- NUNEZ-HERNANDEZ, Gregoria; HOLECHEK, J. L.; ARTHUN, D.; TEMBO, A.; WALLACE, J. D.; GALYEAN, M. L.; CARDENAS, M.; VALDEZ, R. (1992). Evaluation of Fecal Indicators for Assessing Energy and Nitrogen Status of Cattle and Goats. *J. Range Manag.*, **45**: 143-147.
- ØRSKOV, E. R. (1982). Dynamics of Nitrogen in the Rumen. in: *Protein Nutrition in Ruminants*, cap.3, pp 40-84. Edited by Academic Press Inc. Ltd, London, England.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. (1979). The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to Rate of Passage. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **92**: 499-503.
- OUTMANI, A.; LUGINBUHL, J. M.; GUESSOUS, F.; JOHNSON, W. L. (1991). Utilization of Wheat Stubble Pastures by Gestating Ewes. *Small Ruminant Research*, **4**: 257-267.

- OWEN, E.; NDOSA, J. E. M. (1982). Goats versus Sheep: Roughage Utilization Capacity. in: *Proceedings of the 3rd International Conference of Goat Production and Disease*, pp. 362, Tucson, Arizona, USA.
- PAINE, A. C.; CRAWSHAW, R.; BARBER, W. P. (1982). A Complete Exchange Method for the *in sacco* Estimation of Rumen Degradability on a Routine Basis. in: *Forage Protein in Ruminant Animal Production*, Occasional Publication nº6, British Society of Animal Production, pp. 177, Editors D.T.Thompson, D.E. Beaver and R.G. Gunn.
- PETERS, K. J. (1988). The Importance of Small Ruminants in Rural Development. *Animal Research and Development*, **28**: 115-125.
- PETERSON, A. D.; BAUMGARDT, B. R.; LONG, T. A. (1974). Relations Between Intake of Some Forage and Feeding Behaviour of Sheep. *J. Anim. Sci.*, **38**: 172-177.
- PFISTER, J. A.; MALECHECK, J. C. (1986). The Voluntary Forage Intake and Nutrition of Goats and Sheep in the Semi-Arid Tropics of Northeastern Brazil. *J. Anim. Sci.*, **63**: 1078-1086.
- POND, K. R.; ELLIS, W. C.; AKIN, D. E. (1984). Ingestive Mastication and Fragmentation of Forages. *J. Anim. Sci.*, **58**: 1567-1574.
- POND, K. R.; LUGINBUHL, J. M.; BURNS, J. C.; FISHER, D. S. (1990). Mastigation of Lignocellulose during Ingestion and Rumination. in: *Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Ruminants*, pp. 227-235. Edited by D.E. Akin, L.G. Ljungdahl, J.R. Wilson, P.J.Harris, Elsevier, New York.
- POPPI, D. P.; HENDRIKSEN, R. E.; MINSON, D. J. (1985). The Relative Resistance to Escape of Leaf and Stem Particles from the Rumen of Cattle and Sheep. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **105**: 9-14.
- POPPI, D. P.; NORTON, B. W.; MINSON, D. J.; HENDRICKSEN, R. E. (1980). The Validity of the Critical Size Theory for Particles Leaving the Rumen. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **94**: 275-280.
- PRIGGE, E. C.; BAKER, M. J.; VARGA, G. A. (1984). Comparative Digestion, Rumen Fermentation and Kinetics of Forage Diets by Steers and Wethers. *J. Anim. Sci.*, **59**: 237.
- PROVENZA, F. D.; BALPH, D. F. (1988). Development of Dietary Choice in Livestock on Rangelands and its Implications for Management. *J. Anim. Sci.*, **66**: 2356-2368.
- QUICK, T. C.; DEHORITY, B. A. (1986). A Comparative Study of Feeding Behaviour and Digestive Function in Dairy Goats, Wool Sheep and Hair Sheep. *J. Anim. Sci.*, **63**: 1516-1526.

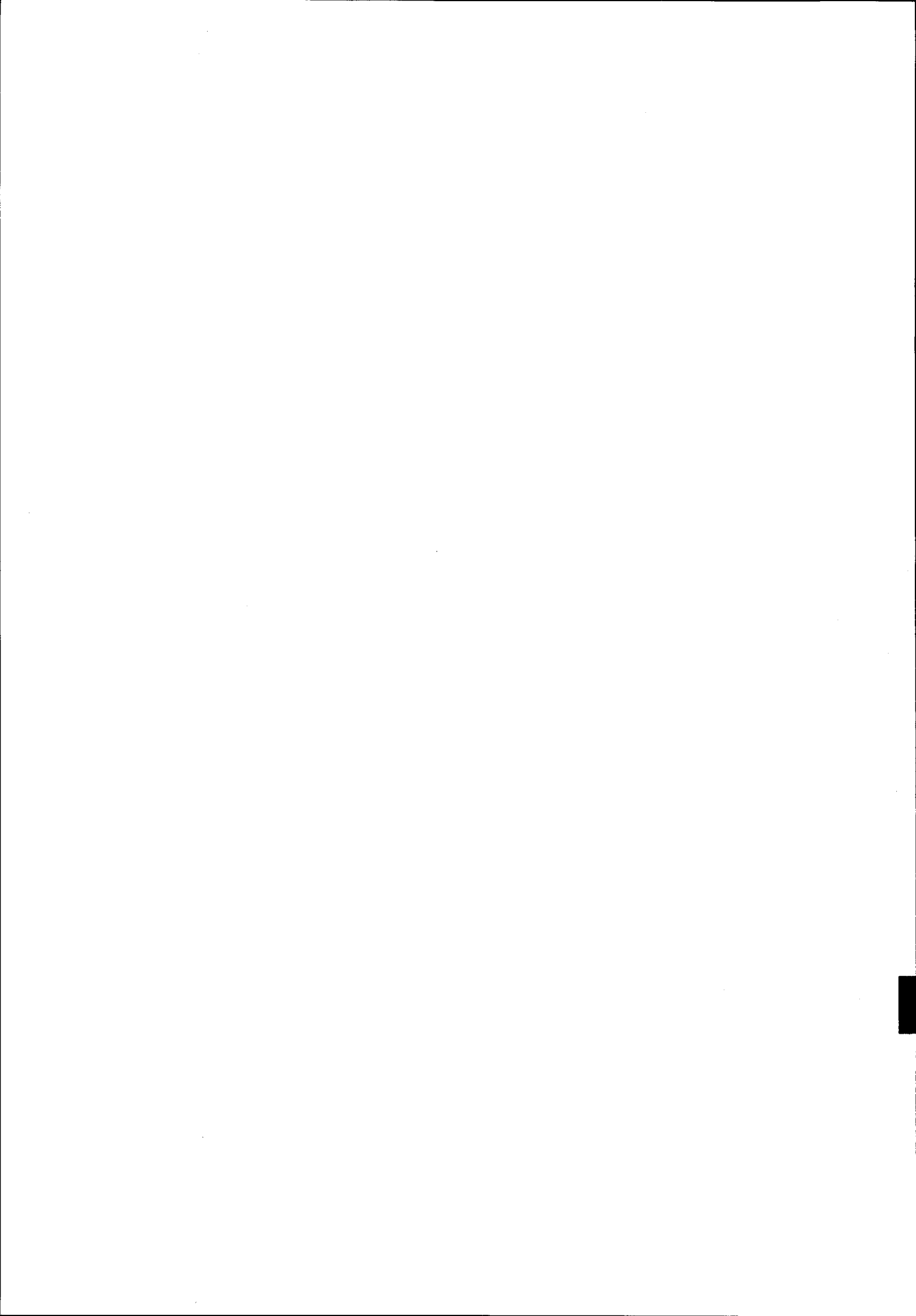
- RAI, G. S.; PANDEY, M. D. (1982). Gastrointestinal Tract of Goat Capacities and the Nature of Digesta. in: *Proceedings of the 3rd International Conference on Goat Production Disease*, pp. 308, Tucson, Arizona, USA.
- RAMALHO RIBEIRO, J. M. C. (1989). Intake Measurement. in: *Evaluation of Straw in Ruminant Feeding*. Proceedings of a Workshop European Cooperation in Scientific and Technological Research, 2-4th June, 1987, Perignat-les-Sarlièves, Aubière, France. Edited by M.Chenost and P.Reiniger, Elsevier Applied Science, London.
- RAMIREZ, R. G.; RODRIGUEZ, A.; TAGLE, L. A.; DEL VALLE, A. C.; GONZÁLEZ, J. (1990). Nutrient Content and Intake of Forage Grazed by Range Goats in Northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*, **3**: 435-448.
- RENECKER, L. A.; HUDSON, R. J. (1990). Digestive Kinetics of Moose (*Alces alces*), Wapiti (*Cervus elaphus*) and Cattle. *Anim. Prod.*, **50**: 51-61.
- ROGERS, J. A.; DAVIS, C. L. (1982). Effects of Intraruminal Infusions of Mineral Salts on Volatile Fatty Acid Production in Steers Fed High-Grain and High-Roughage Diets. *J. Dairy Sci.*, **65**: 953-962.
- ROOKE, J. A.; ARMSTRONG, D. G. (1989). The Importance of the Form of Nitrogen on Microbial Protein Synthesis in the Rumen of Cattle Receiving Grass Silage and Continuous Intrarumen Infusions of Sucrose. *British Journal of Nutrition*, **61**: 113-121.
- ROOKE, J. A.; LEE, N. H.; ARMSTRONG, D. G. (1987). The Effects of Intraruminal Infusions of Urea, Casein, Glucose Syrup and a Mixture of Casein and Glucose Syrup on Nitrogen Digestion in the Rumen of Cattle Receiving Grass-Silage Diets. *British Journal of Nutrition*, **57**: 89-98.
- ROY-SMITH, F. (1980). The Fasting Metabolism and Relative Energy Intake of Goats Compared with Sheep. *Anim. Prod.*, **30**: 491.
- RUSSEL, R. W.; MCGILLIARD, A. D.; BERGER, P. J.; YOUNG, J. W. (1982). Evaluation of Turbidimetric Determination of Polyethylene Glycol. *J. Dairy Sci.*, **65**: 1798-1803.
- RUSSELL, J. B.; ONODERA, R.; HINO, T. (1991). Ruminal Protein Fermentation: New Perspectives on Previous Contradictions. in: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap.27, pp. 681-697. Proceedings of the 7th International Symposium on Ruminant Physiology, Aug.28-Sep.1, 1989, Sendai, Japan, edited by T. Tsuda, Y. Sasaki, R. Kawashima, Academic Press, San Diego, California.
- RUSSELL, J. B.; SNIFFEN, C. J.; VAN SOEST, P. J. (1983). Effect of Carbohydrate Limitation on Degradation and Utilization of Casein by Mixed Rumen Bacteria. *J. Dairy Sci.*, **66**: 763-755.

- SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. (1974). Effect of Ammonia Concentration on Rumen Microbial Protein Production *in vitro*. *Br. J. Nutr.*, **32**: 199-208.
- SEQUEIRA, C. A. (1988). *Efeito da Adição de Sais Sódicos ao Rúmen na Utilização Digestiva da Fibra*. Tese de Doutorado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 233 pp.
- SHAND, W. J.; ØRSKOV, E. R.; MORRICE, L. A. F. (1988). Rumen Degradation of Straw. 5. Botanical Fractions and Degradability of Different Varieties of Oat and Wheat Straws. *Anim. Prod.*, **47**: 387-392.
- SHARMA, V. V.; RAJORA, N. R. (1977). Voluntary Intake and Digestibility of Low Grade Roughage by Ruminants. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, **88**: 79-88.
- SHKOLNIK, A.; SILANIKOVE, N. (1981). Water Economy, Energy Metabolism and Productivity in Desert Ruminants. in: *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chèvre*, vol I, pp. 237-248, Symposium International, 12-15, May, 1981, Tours, France. Edited by P. Morand-Fehr, A. Bourbouze, M. de Simiane, ITOVIC-INRA.
- SHORT, H. L.; BLAIR, R. M.; BURKART, L. (1972). Factors Affecting Nutritive Values. in: *Wildland Shrubs. Their Biology and Utilization*, pp.311-318. Edited by USDA Forest Service, General Technical Report INT-1., Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, USA.
- SIDAHMED, A. E.; MORRIS, J. G.; KOONG, L. J.; RADOSEVICH, S. R. (1981). Contribution of Mixtures of Three Chaparral Shrubs to the Protein and Energy Requirements of Spanish Goats. *J. Anim. Sci.*, **53**: 1391-1400.
- SIDDONS, R. C.; NOLAN, J. V.; BEEVER, D. E.; MacRAE, J. C. (1985). Nitrogen Digestion and Metabolism in Sheep Consuming Diets Containing Contrasting Forms and Levels of N. *British Journal of Nutrition*, **54**: 175-187.
- SISSON, S.; GROSSMAN, J. D.; GETTY, R. (1975). *Anatomia dos Animais Domésticos.*, 2 volumes. Editado por C. Rosebaum, N.G. Ghoshal, D. Hillman, Interamericana Lta, 1ª edição em língua portuguesa (1981) da 5ª edição (1975). Rio de Janeiro, Brasil.
- SMITH, L. W.; GOERING, H. K.; GORDON, C. H. (1972). Relationships of Forage Compositions with Rates of Cell Wall Digestion and Indigestibility of Cell Walls. *J. Dairy Sci.*, **55**: 1140.
- SMITH, L. W.; GOERING, H. K.; WALDO, D. R.; GORDON, C. H. (1971). *In vitro* Digestion Rate of Forage Cell Wall Components. *J. Dairy Sci.*, **54**: 71.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. (1982). *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. 2ª edição. McGraw-Hill Inc., 633 pp.

- STEVENS, C. E.; ARGENZIO, R. A.; CLEMENS, E. T. (1980). Microbial Digestion : Rumen versus Large Intestine. in: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap. 33, pp. 685-706. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, 3rd-7th September, 1979. Edited by Y. Ruckebush e P. Thivend, MTP Press, Lancaster, UK.
- TAYLOR, ST C. S. (1980). Genetic Size-Scaling Rules in Animal Growth. *Anim. Prod.*, **30**: 161-165.
- TAYLOR, ST C. S.; MURRAY, J. I. (1987). Genetic Aspects of Mammalian Survival and Growth in Relation to Body Size. in: *The Nutrition of Herbivores*. Editors J.B. Hacker e J.H. Ternouth, pp.487-533. Academic Press, Sidney, Australia.
- THEANDER, O.; AMAN, P. (1984). Anatomical and Chemical Characteristics. in: *Straw and Other Fibrous By-Products as Feed*, pp. 45-78 edited by F.Sundstol and E. Owen. Developments in Animal and Veterinary Sciences, 14, Elsevier, Amsterdam.
- THOMPSON, J. M.; PARKS, J. R. (1983). Food Intake, Growth and Mature Size in Australian Merino and Dorset Horn Sheep. *Anim. Prod.*, **36**: 471-479.
- THOMSON, B. C.; CRUICKSHANK, G. J.; POPPI, D. P.; SYKES, A. R. (1985). Diurnal Patterns of Rumen Fill in Grazing Sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, **45**: 117-120.
- THONNEY, M. L.; TAYLOR, St C. S.; McCLELLAND, T. H. (1987a). Breed and Sex Differences in Equally Mature Sheep and Goats. 1. Growth and Food Intake. *Anim. Prod.*, **45**: 239-260.
- THONNEY, M. L.; TAYLOR, St C. S.; MURRAY, J. I.; McCLELLAND, T. H. (1987b). Breed and Sex Differences in Equally Mature Sheep and Goats. 2. Body Composition at Slaughter. *Anim. Prod.*, **45**: 261-276.
- TILLEY, J.; TERRY, R. (1963). A Two-Stage Technique for *in vitro* Digestion of Forage Crops. *Journal of British Grassland Society*, **18**: 104.
- TISSERAND, J. L.; MASSON, C. (1987). Aptitudes Digestives Comparées des Ovins et des Caprins pour Valoriser les Ressources Fourragères Locales (Fourrages et Sousproduits Utilisés en Zone Méditerranéennes). Symposium CEE-Agrimed, CIHEAM, FAO - "Philoetios", *The Evaluation of Mediterranean Sheep and Goats*, 23-25th September, Santarém Portugal.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P. E.; VAN SOEST, P. J. (1980). Investigation of Chromium, Cerium and Cobalt as Markers in Digesta Rate of Passage Studies. *J. Sci. Fd. Agric.*, **31**: 625.

- UDÉN, P.; VAN SOEST P.J. (1982). Comparative Digestion of Timothy (*Phleum pratense*) Fibre by Ruminants, Equines and Rabbits. *Br. J. Nutr.*, **47**: 267-272.
- UDÉN, P.; VAN SOEST, P. J. (1984). Investigations of the *in situ* Bag Technique and a Comparison of the Fermentation in Heifers, Sheep, Ponies and Rabbits. *J. Anim. Sci.*, **58**: 213.
- ULYATT, M. J.; DELLOW, D. W.; JOHN, A.; REID, C. S. W.; WAGHORN, G. C. (1986). Contribution of Chewing during Eating and Rumination to Clearance of Digesta from the Ruminoreticulum. in: *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*, cap.26, pp. 498-515. Proceedings of the 6th International Symposium on Ruminant Physiology, 10th-14th September, 1984, Banff, Canada. Editors L.P. Milligan, W.L.Grovum, A. Dobson., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- VAN DYNE, G. M.; BROCKINGTON, N. R.; SZOCS, Z.; DUEK, J.; RIBIC, C. A. (1980). Large Herbivore Subsystem. in: *Grasslands, systems analysis, and man*, pp. 269-537. Edited by A. J. Breymeyer e G.M. Van Dyne, International Biology, Programme 19, Cambridge University Press, London, UK.
- VAN SOEST, P. J. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. O & B Books, Corvallis, OR.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. (1980). Systems of Analysis for Evaluating Fibrous Feeds. in: *Standardization of Analytical Methodology for Feeds*, pp. 49-58. Edited by W.J. Pigden, C.C. Balch and M. Graham, International Development Research Center, Ottawa, Canada.
- VAVRA, M.; RICE, R. W.; BEMENT, R. E. (1973). Chemical Composition of the Diet Intake and Gain of Yearling Cattle on Different Grazing Intensities. *J. Anim. Sci.*, **36**: 411-414.
- VON ENGELHARDT, W.; LECHNER-DOLL, M.; HELLER, R.; RUTAGWENDA, T.; SCHWARTZ, H. J.; SCHULTKA, W. (1988). Physiology of the Forestomach in Camelids with Particular Reference to Adaptation to Extreme Dietary Conditions - A Comparative Approach. *Animal Research and Development*, **28**: 56-70.
- WAHED, R. A.; OWEN, E. (1986). Comparison of Sheep and Goats under Stall-Feeding Conditions: Roughage Intake and Selection. *Anim. Prod.*, **42**: 89-95.
- WALES, W. J.; DOYLE, P. T.; PEARCE, G. R. (1988). The Feeding Value of Morphologically Different Wheat Straws. *Animal Production in Australia*, **17**: 479.
- WARNER, A. C. I.; STACY, B. D. (1968). The Fate of Water in the Rumen. 2. Water Balances throughout the Feeding Cycle in Sheep. *Br. J. Nutr.*, **22**: 389-410.
- WARNER, R. L.; MITCHELL Jr., G. E.; LITTLE, C. O. (1972). Post-Ruminal Digestion of Cellulose in Wethers and Steers. *J. Anim. Sci.*, **34**: 161-165.

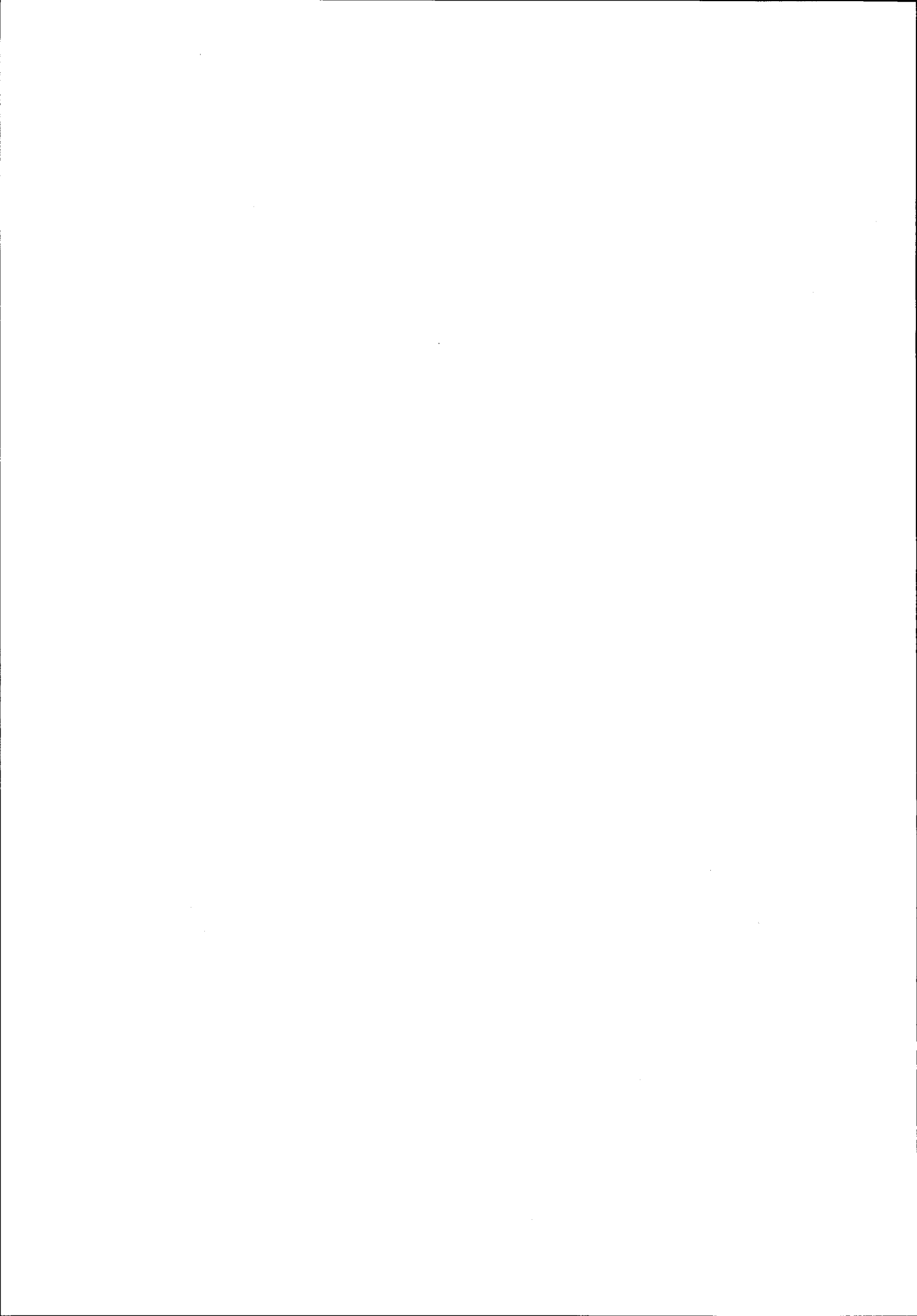
- WARREN, L. E.; UECKERT, D. N.; SHELTON, J. M. (1984). Comparative Diets of Rambouillet, Barbado, and Karakul Sheep and Spanish and Angora Goats. *Journal of Range Management*, **37**: 172-180.
- WATSON, C.; NORTON, B. W. (1982). The Utilization of Pangola Grass Hay by Sheep and Angora Goats. *Animal Production in Australia*, **14**: 467-470.
- WELCH, J. G. (1982). Rumination, Particle Size and Passage from the Rumen. *J. Anim. Sci.*, **54**: 885-894.
- WESTON, R. H. (1967). Factors Limiting the Intake of Feed by Sheep. II. Studies with Wheaten Hay. *Aust. J. Agric. Res.*, **18**: 983-1002.
- WESTON, R. H.; POPPI, D. P. (1987). Comparative Aspects of Food Intake. in: *The Nutrition of Herbivores*, cap. 7, pp. 133-161, edited by J.B. Hacker, J.H. Ternouth, Academic Press, Australia.
- WIESER, M. F.; WENK, C. (1970). Effect of Plane of Nutrition and Physical Form of Ration on Energy Utilization and Rumen Fermentation in Sheep. *Proc. 5th Symposium on "Energy Metabolism of Farm Animals"*, EAAP, Pub. nº 13 (Pub. Juris Druck + Verlag Zurich).
- WILSON, A. D. (1977). The Digestibility and Voluntary Intake of the Leaves of Trees and Shrubs by Sheep and Goats. *Aust. J. Agric. Res.*, **28**: 501-508.
- WILSON, E. O. (1975). *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, Mass., The Belknap Press of Harvard University Press.
- WYBURN, R. S. (1980). The Mixing and Propulsion of the Stomach Contents of Ruminants. in: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, cap. 2, pp.35-51. Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, 3rd-7th September, 1979, Clermont-Ferrand, France. Editors Y. Ruckebusch e P. Thivend, MTP Press Limited, Lancaster, UK.
- ZEEMAN, P. J. L.; MARAIS, P. G.; COETSEE, M. J. (1983). Nutrient Selection by Cattle, Goats and Sheep on Natural Karoo Pasture. 1. Digestibility of Organic Matter. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **13**: 236-239.
- ZEEMAN, P. J. L.; MARAIS, P. G.; COETSEE, M. J. (1984). Nutrient Selection by Cattle, Goats and Sheep on Natural Karoo Pasture. 2. Nitrogen. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **14**: 169-172.



Anexos

ÍNDICE ABREVIADO

Anexo 1.	Quantidades ingeridas por caprinos e ovinos e digestibilidades da dieta, em ensaios comparativos _____	171
Anexo 2.	Dados e análises de variância referentes ao ensaio descrito no capítulo 5 _____	183
Anexo 3.	Dados e análises de variância referentes ao ensaio descrito no capítulo 6 _____	195



Anexo 1. Quantidades ingeridas por caprinos e ovinos e digestibilidades da dieta, em ensaios comparativos

Referência País	Tipo de animal		Tipo de alimento Forma de apresentação Composição química	Quantidade ingerida de alimento (g /kg ^{0.75} .d)			Digestibilidade (%)			Quantidade ingerida de água (ml/KgMSI)		
	Sexo Raça Peso (kg) Idade (Meses) Nº animais/tratam.			Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.
Chenost (1972)	Macho castrado	Macho castrado	2x/dia (110%) Verde: inteiro ?	MS			MO FB					
Antilhas Francesas - Guadalupe	Chamoise e Saanen	Indeterminada	<i>Digitaria decumbens</i>	32.9	57.5	P<.05	66.3	68.9		70.4	72.8	
	45 18 a 24 5	35 18 5	F. Desidratadas : <i>Medicago sativa</i> condensada (molda)	98.5	97.5		56.8	52.6		52.7	45.7	P<.01
			compactada (inteira)	97.5	91.3		54.5	55.1		34.0	33.8	
			<i>Festuca arundinacea</i> compactada (inteira)	83.6	83.1		63.6	65.0		60.8	59.6	
			comprimida (inteira)	73.7	74.8		64.2	64.4		68.1	66.8	
Jones, et al. (1972)	Fêmea ?	Fêmea ?	? ?x/dia (??)	MS			MS FB					
Canadá	? 10 2	? 12 2	Silagem <i>Medicago sativa</i> +milho+erva	39.6	54.3		66.4	64.2		63.1	65.4	
	Macho Jovens ? 4	Macho Jovens ? 6	Silagem <i>Medicago sativa</i> +milho+erva+ feno	58.5	70.8		60.0	60.4		61.9	62.3	
Geoffroy (1974)	Fêmea seca	Macho castrado	traçado 2x/dia (110 a 115%)	MS			MO					
França	Poitevine 45 24 5	Texel 55 60 5	Feno: <i>Lolium perenne</i> (PB=7.3% MS)	56.8	65.8		61.3	56.3				
			+ 15% melaço	54.0	69.8		64.3	57.4				
			+1.2% ureia	59.1	54.1		61.5	60.7				
			+15% melaço e 1.2% ureia	62.3	59.1		64.6	62.8				
			Silagem(com melaço e ureia) (PB=13.5 % MS)	48.4	52.3		64.7	65.6				

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água		
	País	Sexo Raça Peso (kg) Idade (Meses) Nº animais/tratam.		Forma de apresentação Composição química	(g /kg ^{0.75.d})			(%)			(ml/KgMSI)	
	Caprinos	Ovinos		Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.
Gihad (1976) Zâmbia	Macho castrado	Macho castrado	traçado 2x /dia(90 %)	MS			MO FB			(ml/kg MSI)		
	Small East African 25.3 Adulto? 12	Dorper 60.8 Adulto? 12	Feno: Indeterminado - (predominância de <i>Hyparrhenia</i>) (PB=6.6 % MS)	40.5	35.0	P<.05	58.2 60.3	58.7 56.5	P<.05	1630	1970	P<.05
Wilson (1977) Austrália	Macho castrado	Macho castrado	Folhas de árvores: moído ? (ad libitum)	MO *calculados/ Kg ^{0.75}			MO NDF					
	Feral 30 ? 3-4	Merino 42 ? 4-5	<i>Acacia pendula</i> (PB=16.9 %MS; NDF=61%MO)	57.3 *	57.0 *		46.7 31.8	43.4 27.9				
			<i>Casuarina cristata</i> (PB=9.4 %MS; NDF=62%MO)	48.4 *	50.9 *		35.0 23.1	29.3 14.0				
			Feno?: <i>Medicago sativa</i> (PB=23.1 % MS; NDF=49 %MO)	47.4 *	47.4 *		63.2 46.9	63.1 47.2				
Sharma e Rajora (1977) Índia	Fêmea ? ? 4	Fêmea ? ? 4	? Desidratadas ?x/dia (ad libitum)	MS			MO					
			<i>Apluda aristida</i> e <i>Themada quadvivalvis</i> (PB=3.9 %MS)	41.1	50.9	P<.05	54.9	49.8				
Gihad <i>et al.</i> , (1980) ???	Macho ?	Macho ?	? ?x /dia(? %)	MS			MO NDF			(ml/Kg MSI) (ml/animal)		
	Baladi 27 Adulto? 4	Ossimi 45 Adulto? 4	Palha Arroz (PB=3.4; NDF=85%MS) + grão ?	50.0	46.9		59.2 48.8	57.3 43.2	P<.05 P<.05	2500 1480	2700 2200	
			tratada alcalinamente ? (PB=3.3; NDF=71.9%MS)	55.5	50.9		72.4 65.7	71.4 64.1	P<.05	3800 2496	3900 3450	

Anexo 1. (continuação)

Referência País	Tipo de animal		Tipo de alimento Forma de apresentação Composição química	Quantidade ingerida de alimento (g /kg ^{0.75} .d)			Digestibilidade (%)			Quantidade ingerida de água (ml/KgMSI)		
	Sexo Raça Peso (kg) Idade (Meses) Nº animais/tratam.			Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.
Cuddeford e Waard (1981) Reino Unido	Macho cast (6) Macho inteiro (2) B. Saanen x B. Alpine 18 3 8	Macho cast (3) Fêmea (5) Suffolk 19 7,5 8	Traçado+ 300 g grão de cevada ?x/dia (ad libitum) Palha <i>Hordeum vulgare</i> + grão s/ ureia + grão c/ ureia (1%)	MS 53.6 53.1	52.2 51.7		MO NDF Médias P<.001 65.9 53.6 59.2 44.6 68.1 59.3 55.7 47.3		(% / MC) Médias P<.001 4.6 7.1 5.2 7.3			
Mohammed e Owen (1981) Reino Unido	Macho castrado B. Saanen 40-89 12-48 18	Macho castrado Suffolk x Scottish Halfbred 39-86 12-48 18	Desidratada; pellets ?x/dia (manutenção) <i>Medicago sativa</i> (PB=19.3% ;FB= 12,5%MS) Gramíneas (Indt.) (PB=21.1%; FB=11.4%MS)	MS 46.3 44.6	37.2 P<.001 38.1 P<.01		MS 56.6 65.6	60.8 66.6				
Gamble e Mackintosh (1982) Austrália	Macho castrado Angora x Feral 30.4 ? 3	Macho castrado Merino 30.5 ? 3	12 x/dia (?) Feno: (50:50) <i>Medicago sativa</i> : <i>Avena sativa</i> (13.1%PB)	MS 37.8	38.4		MS 64.6	63.5				
Owen e Ndosá (1982) Reino Unido	Macho castrado Saanen 9 25 8	Macho castrado Welch Mountain 9 25 8	Molido; pellets ?x/dia (ad libitum) Feno Alta digestibilidade Média digestibilidade Baixa digestibilidade Palha+B. Soja	MS 121 78 74 65	99 P<.001 59 P<.001 54 P<.001 48 P<.001		MS 61.7 54.3 49.6 31.5	60.7 55.2 51.6 39.1				

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água		
	País	Sexo Raça Peso (kg) Idade (Meses) Nº animais/tratam.		Forma de apresentação Composição química	(g /kg ^{0.75} .d)			(%)			(ml/KgMSI)	
	Caprinos	Ovinos		Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.
Watson e Norton (1982)	Macho castrado	Macho castrado	Feno: ?? ?? x/dia(ad libitum)	MO			MO NDF					
Austrália	Dorset x Border L.	Merino	<i>Digitaria decumbens</i> 3 semanas (PB=12.2%MS; NDF=79.8%)	49.5	47.8		63.0	61.4		75.3	73.4	
	36 36 6	45 36 6	12 semanas (PB=5.1%MS; NDF=77.3%)	32.6	31.9		58.3	53.3 P<.05		71.3	63.5 P<.05	
Boer <i>et al.</i> (1982)	Macho inteiro	Macho castrado	? ?x/dia (ad libitum)	MSD FBD								
Austrália	Angora	Corriedale	Feno: <i>Medicago sativa</i> (PB=18.4 %MS)	55.8	55.2		8.57	7.17 P<.05				
	20 ? 6	32 ? 6	<i>Avena sativa</i> (PB=5.8 %MS)	34.4	24.6 P<.05		4.88	3.09 P<.05				
			Palha: <i>Hordeum vulgare</i> (PB=3.9 %MS)	26.7	22.1		8.51	6.58 P<.01				
Luginbuhl e Johnson (1982)	? Toggenburg	? Suffolk x Barbados Blackbelly	Verde ?x/(dia) (ad libitum)	MS Médias P<.05			MS Médias P<.01					
Estados Unidos da América	18 ? 8	30 ? 8	<i>Cynodon dactylon</i> 7 semanas 12 semanas	82	64		56	63		49	56	
			<i>Festuca arundinacea</i> 6 semanas 9 semanas	74	58		60	63		53	59	
Udén e Van Soest (1982)	? ?	? ?	Feno; traçado 3x/dia (manutenção)	MS			MS NDF					
Estados Unidos da América	28.7 Adultos 3	29.9 Adultos 3	<i>Phleum pratense</i> (PB=7.5%; NDF=67.1%)	24.3	21.7		49.3	47.9		44.2	45.8	

Anexo 1. (continuação)

Referência País	Tipo de animal		Tipo de alimento Forma de apresentação Composição química	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água			
	Sexo	Raça		Peso (kg)	Idade (Meses)	Nº animais/tratam.	(g /kg ^{0.75} .d)			(%)			(ml/KgMSI)
	Caprinos	Ovinos		Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	
Alam <i>et al.</i> (1983)	?	?	traçado 2x/dia (110%)	MS			MS (feno) 4 semanas idade 62 61			(ml/Kg MSI) Médias P<.01			
Nova Zelândia	Feral x Saanen	Dorset- Down	Feno: Indeterminado (PB= 4.4 %MS) <i>Medicago sativa</i> (PB=1 4.9 %MS)	50.0	50.1		60	57		1143	2281		
	13.3 4 10	20.5 4 10		73.0	84.0		60	55	P<.01	1517	2634		
							67	54	P<.01				
							59	60					
Doyle <i>et al.</i> (1984)	Macho castrado	Macho castrado	Feno: traçado 1x/dia (130%)	MO			MO NDF						
Austrália	Angora	Merino	<i>Trifolium subterraneum</i> (PB=19.4; NDF=37.2)	67.6	60.7		72.1	71.3		68.8	67.4		
	56 adulto? 3	43(s/lã) adulto ? 3	<i>Lolium rigidum</i> (PB=5; NDF=71.7)	45.5	48.0		64.9	57.3	P<.01	67.3	58.9	P<.05	
			<i>T. subterraneum</i> x <i>Lolium rigidum</i> (PB=6.9; NDF=75.8)	34.6	34.1		49.5	45.6		54.0	51.1		
Gomes (1984)	Macho	Macho	traçado 2x/dia (ad libitum)	MS			MO NDF			(ml/Kg MSI)			
Portugal	Serrana(3) +	Churra (3)	Feno: Pastagem natural (PB=7.4%;NDF=65 %MS)	56.6	74.0	P<.01	52.6	50.4		2690	2900		
	20.0 7 6	25.0 7 6	<i>Medicago sativa</i> (PB=10.8%;NDF=57 .3%MS)	79.4	89.3	P<.01	49.6	50.6		2730	2950		
			Palha tratada (NH4) <i>Triticum aestivum</i> (PB=8%;NDF=76.6 %MS)	59.7	74.7	P<.01	52.8	51.3		2780	2720		
							65.2	65.0					

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água				
	País	Sexo		Forma de apresentação	(g /kg ^{0.75} .d)			(%)			(ml/KgMSI)			
		Raça	Composição química											Cap
Alrahmoun <i>et al.</i> (1985)	França	Macho castrado	Macho castrado	traçado 2x (110 a 115%)	MS						(ml/Kg MSI) (ml/Kg 0.75)			
		Alpine	Ile-de-France	Feno: Indeterminado (PB=9.2 ; ADF=42.5% MS)	58.9	51.7	P<.05				3200	4100	170	197
		50-55	45-50	Palha (88%)+ Bag. Soja (12%): <i>Hordeum vulgare</i> (PB=4.0; ADF=50.8 % MS)	59.3	47.7	P<.05				3500	4400	215	218
		30	30											
		3	3											
Antoniou e Hadjipanayiotou (1985)	Chipre	Macho vasectomizados	Macho vasectomizados	2x(90%)	MS			MO FB			(ml/animal)			
		Damascus	Chios	Feno: <i>Hordeum vulgare</i> (PB=9.8;NDF=61.4 % MS)	48.2	45.1		56.7	58.2		2420	2950		
		67.8	59.4	<i>Sorghum ?</i> (PB=9.4;NDF=61.9 % MS)	24.9	21.7		62.7	64.1		3190	2880		
		18.3	18.3	<i>Medicago sativa</i> (PB=23.3;NDF=37.3 % MS)	67.8	67.0		67.4	68.6		5240	5590		
		8	8	Palha (traçada) <i>Hordeum vulgare</i> (PB=5.9;NDF=75.7 % MS)	47.2	44.1		48.9	45.0		1730	2400		
				Folhas de árvores: <i>Acacia cyanophylla</i> (PB=14.4;NDF=34.7 % MS)	31.6	30.1		50.3	50.6		870	3480		
								52.7	53.6					
								64.3	64.2					
								64.3	64.2					
								51.3	56.2					
								56.7	52.8					
								34.1	35.0					
Brown e Johnson (1985)	Estados Unidos da América	Macho castrado	Macho castrado	Palha: traçada (2-4 cm) 1x/dia (110%) <i>Triticum estivum</i> + (milho ; bag. soja; melaço)	MS			MS NDF (Médias P<.01)						
		Toggenburg	Suffolk	35% palha (PB=12.5; NDF=41%MS)	59.0	63.0		71	70					
		x	x	50% palha (N=12.2; NDF=52 %MS)	55.0	53.0		50	49					
		Saanen	Barbados Blackbelly	65% palha (N=11.5; NDF=62 %MS)	48.0	47.0		63	64					
		27	45					47	51					
		3	5					52	57					
		9	9					44	51					

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água		
	País	Sexo Raça Peso (kg) Idade (Meses) Nº animais/tratam.		Forma de apresentação Composição química	(g /kg ^{0.75} .d)			(%)			(ml/KgMSI)	
	Caprinos	Ovinos		Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.
Dulphy e Carle (1986) França	Fêmea não gest. não lact.	Fêmea não gest. não lact.	Feno : <i>Pleum pratenses</i> Silagem: erva (indeterminado)	MS 48.3 48.6 57.5 61.6			MO 57.9 56.7 73.9 78.9 P<.05					
Masson <i>et al.</i> (1986) França	Macho castrado	Macho castrado	Feno: ?? 2x/dia (ad libitum) <i>Lolium perenne</i> (PB=8.3; ADF=36.0% MS) Palha: <i>Triticum aestivum</i> tratada com NaOH (PB=3.5 ; ADF=51.3% MS) + 100g lactose/dia	MS 55.9 61.9 P<.05 22.9 30.0 P<.05 30.9 30.4			MO FB 64.3 63.2 55.6 58.6 63.6 41.8 P<.05 79.1 56.9 P<.05 53.3 46.7 P<.05 39.4 36.0					
Quick e Dehority (1986) Estados Unidos	Macho castrado	Macho castrado	Feno: 3 formas de apres. inteiro (I) traçado (2-3 cm) (T) pellets (5mm Ø) (P) 2X/dia (150% I e T-110% P) <i>Medicago sativa</i> + <i>Bromus inermis</i> (1:1) Inteiro (PB=15.4; NDF=62.5)	MS (Média dos valores das 3 dietas por tipo de animal) P<.05 * calculados/ Kg ^{0.75} 58.2 * a) 85.5* b) 67.4*			MO NDF 68.0 a) 67.6 b) 67.4 48.3 a) 46.0 b) 47.2			(ml/Kg MSI) (m/animal) 2600 a) 2800 b) 2300 580 a) 4660 b) 2590		

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água											
	Pais	Sexo		Raça	Peso (kg)	Idade (Meses)	Nº animais/tratam.	Forma de apresentação	Composição química	(g /kg ^{0.75} .d)	(%)	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	
Wahed e Owen (1986)	Reino Unido	Macho castrado	Macho castrado	Saanen	Suffolk x Mule		Inteiro 2x/dia (120%) Feno: <i>Medicago sativa</i> (PB=17.5;ADF=39.1 % MS) Palha: tratada com NH4 <i>Hordeum vulgare</i> (PB=10.6;ADF=56.7 % MS)		MS * calculados/ Kg ^{0.75} 95.8 * 76.3* P<.05 58.8 * 45.6* P<.01								(g/Kg MSI)	2050	2440		
Focant <i>et al.</i> (1986)	Bélgica	Fêmea ?	Macho castrado	Alpine	Texel		Feno (???) + grão de cevada 1x/dia (restringida (g/kg o.75) feno: 40 g + cevada: 10 g feno: 40 g + cevada: 35 g		MS 38.9 37.4 10 10 33.8 36.0 24.1 34.1 P<.01												
Focant <i>et al.</i> (1988)	Bélgica	Fêmea ?	Fêmea ?	Chamoise	Texel		Palha: tratada NaOH e aglomerada ??x/dia (ad libitum) <i>Triticum aestivum</i> só + 1% ureia + 20 g cevada /		MS 35.2 43.6 63.5 66.0 28.6 44.9								(ml/Kg MSI)	5800	3500		
Howe <i>et al.</i> (1988)	Nova Zelândia	Macho castrado	Macho castrado	N. Z. feral	Border L. x Romney		Arbusto, verde traçado (10cm) 24x/dia (115%) Primavera: <i>Ulex europaeus</i> (PB=18.1; Cel+Hemi+Lig=50.3 %MS) Verão: : <i>Ulex europaeus</i> (PB=11.3; Cel+Hemi+Lig=53.0 %MS)		MS 61.2 34.7 P<.01 34.1 11.6 P<.01								MO Fibra total	(g/Kg MSI) (g/Kg075)	65.8 64.9 60.2 57.2 P<.05	3400 4900 P<.01 206 167	
																		2800 7300 P<.05 96 92			

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água		
	País	Sexo Raça Peso (kg) Idade (Meses) Nº animais/tratam.		Forma de apresentação	(g /kg ^{0.75} .d)			(%)			(ml/KgMSI)	
	Caprinos	Ovinos	Composição química	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.
Huston <i>et al.</i> (1988) Estados Unidos da América	? Angora	? Rambouillet	? 1x/dia (>100%) Palha: <i>Triticum aestivum</i> (PB=3.4 %MS; ivMSD=40.8%) + suplemento: 0 20g/dia 40g/dia 60g/dia Feno: <i>Sorghum</i> (PB=5.9 %MS; ivMSD=53.7%) + suplemento: 0 20g/dia 40g/dia 60g/dia Feno: <i>Avena sativa</i> (PB=13.8 %MS; ivMSD=64.8%) + suplemento: 0 20g/dia 40g/dia 60g/dia	MS só forragem P<.01 19 29 22 33 31 38 30 39 36 39 31 35 45 41 48 40 54 64 52 51 59 54 62 48			digestibilidade da MS potencialmente digestível P<.05 67 59 61 59 70 63 79 64 65 66 63 59 62 63 65 62 72 76 77 76 76 74 74 77			(g/Kg 075) P<.05 114 109 79 134 88 157 93 155 91 118 137 132 163 141 197 163 P<.01 275 269 344 240 507 283 411 240		
Masson <i>et al.</i> (1989) França	Macho castrado Alpine	Macho castrado Ile-de-France	Palha: ?? 2x/dia(110%) <i>Hordeum vulgare</i> (PB=3.9%MS; DMO=46.7%) +120g B. Soja/Kg palha tratado com NaOH (PB=3.7%MS; DMO=52.1%)	MS 47.7 38.1 P<.05 62.2 55.9			(ml/Kg MSI) (ml/Kg0.75) 4500 5500 P <.05 214 215 5700 6900 P<.05 359 388					
Domingue <i>et al.</i> (1991a) Nova Zelândia	Macho castrado Angora	Macho castrado Merino	Palha: traçado 24X /dia (115%) <i>Bromus catharticus</i> (PB=9.6 % MO;Fibra total=63.7 %MO)	MS 55.6 33.8 P<.001		MO <i>Fibra total</i> 36.0 33.0 P<.05 36.8 32.6 P<.1	(g/Kg MSI) (g/KgMC) 1760 2260 34.2 23.7					

Anexo 1. (continuação)

Referência	Tipo de animal		Tipo de alimento	Quantidade ingerida de alimento			Digestibilidade			Quantidade ingerida de água				
	Sexo	Raça		Forma de apresentação	Composição química			(g /kg ^{0.75} .d)			Composição química			Composição química
Pais	Peso (kg)	Idade (Meses)	Nº animais/tratam.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.	Cap	Ovi	Sig.		
McSweeney e Kennedy (1992)	Macho castrado	Macho castrado	Feno: 4 formas de apres. 8X/dia (122%)	MS										
Austrália	Feral	Merino	<i>Triticum aestivum</i> traçado (1cm) (NDF= 63.7)	* calculados/ Kg ^{0.75} Média P<.05										
	26.2	34.8	pellets (NDF=60.8)	55.8 *	69.9*									
	12	12	traça.+pellets (2:1)	76.0 *	90.1*									
	4	4	traça.+pellets (1:2)	60.2 *	76.8*									
				68.6 *	88.9*									

Anexo 2.1

Exemplo do cálculo da solução a infundir (cálculo correspondente ao caprino 1, período 1, tratamento 2: 7,5%PB):

Peso vivo no início do ensaio	= 51,50 kg	= 19,22 kg ^{0,75}
Ingestão de matéria seca por dia	= 672,7 g	(19,22 x 35 g)
Total de proteína por dia	= 50,45 g	(7,5 x 672,7 / 100)
Proteína bruta fornecida pela palha	= 14,80 g	(2,2 x 672,7 / 100)
Proteína bruta a fornecer pela solução	= 35,65 g	(50,45 - 14,80)
Proteína bruta que provem da caseína (70%)	= 24,96 g	(35,65 x 0,7)
Proteína bruta que provem da ureia (30%)	= 10,70 g	(35,65 x 0,3)
Caseína (g / dia, em 960 ml)	= 35,95 g	(24,96 x 69,4% PB)
Ureia (g / dia, em 960 ml)	= 6,11 g	(10,70 x 175 % PB)

Anexo 2.2.

Matéria seca ingerida (35 g/kg^{0,75}) e cálculos da quantidade de proteína bruta proveniente da palha, caseína e ureia (g/dia), para cada um dos animais, período e tratamento:

Animais	Período 1				Período 2				Período 3			
	MS (g)	Palha (g PB)	Cas. (g PB)	Ure. (g PB)	MS (g)	Palha (g PB)	Cas. (g PB)	Ure. (g PB)	MS (g)	Palha (g PB)	Cas. (g PB)	Ure. (g PB)
Cap. 1	672,7	14,80	24,96	10,70	673,8	14,82	34,43	14,78	669,9	14,74	15,47	6,63
Cap. 2	445,9	9,81	10,30	4,41	480,2	10,56	17,82	7,64	484,1	10,65	24,74	1,60
Cap. 3	618,1	13,60	31,58	13,54	643,3	14,15	14,86	6,37	639,3	14,06	23,72	10,17
Ovi. 1	749,7	16,49	17,32	7,42	758,5	16,69	28,14	12,06	767,7	16,89	39,23	16,81
Ovi. 2	608,0	13,37	22,56	9,67	637,4	14,20	32,57	13,96	638,3	14,04	14,75	6,32
Ovi. 3	662,9	14,58	33,88	14,52	681,1	14,98	15,73	6,74	673,8	14,82	25,00	10,72

Anexo 2.3.

Delineamento estatístico:

	Caprinos			Ovinos		
	Períodos			Períodos		
	I	II	III	I	II	III
Animal 1	T2	T3	T1	T1	T2	T3
Animal 2	T1	T2	T3	T2	T3	T1
Animal 3	T3	T1	T2	T3	T1	T2

Anexo 2.4

Análise de variância dos pesos vivos dos animais (kg):

no início (PVI) e no fim (PVF) de cada período experimental, das diferenças de peso (DIF) e do peso metabólico médio (XPM).

Origem da variação	gl	Quadrados médios			
		PVI	PVF	DIF	XPM
Períodos	4	3,53 *	0,60	2,50	0,12
Animais	4	230,50 ***	325,42 ***	18,25 ***	23,14 ***
Tratamentos	2	0,09	0,34	0,65	0,00
Espécie	1	391,53 ***	440,06 ***	1,42	35,00 ***
Erro	6	0,96	1,93	1,24	0,09

Anexo 2.5.

Peso vivo (kg) dos animais no início e no fim de cada período experimental:

	Período 1		Período 2		Período 3	
	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
Caprino 1	51,50	50,50	51,60	48,00	51,20	47,50
Caprino 2	29,75	29,00	32,80	28,50	33,20	29,25
Caprino 3	46,00	44,00	48,50	47,25	48,10	45,75
Ovino 1	59,50	61,25	60,40	63,50	61,40	62,50
Ovino 2	45,00	42,0	47,90	43,50	48,00	43,25
Ovino 3	50,50	47,75	52,30	47,50	51,60	47,50

Anexo 2.6.**Características das soluções infundidas:**

quantidades de caseína e ureia (g/litro) utilizadas, concentrações azotadas (% PB) e pH das soluções infundidas.

Animais	Período 1				Período 2				Período 3			
	Cas. (g)	Ureia (g)	PB (%)	pH	Cas. (g)	Ureia (g)	PB (%)	pH	Cas. (g)	Ureia (g)	PB (%)	pH
Cap. 1	37,45	6,36	4,91	8,70	51,71	8,78	6,19	8,85	23,23	3,95	2,90	8,60
Cap. 2	15,48	2,65	2,12	8,95	26,75	4,54	3,31	8,98	37,16	6,31	4,57	8,50
Cap. 3	47,40	8,07	6,23	8,60	22,33	3,79	2,81	9,10	35,62	6,05	4,34	8,80
Ovi. 1	25,99	4,43	3,48	8,75	42,23	7,18	5,25	8,96	58,90	10,01	7,25	8,50
Ovi. 2	33,88	5,77	4,38	8,50	48,90	8,29	5,81	8,68	22,15	3,76	2,85	8,70
Ovi. 3	50,86	8,64	6,53	8,35	23,65	4,02	3,00	8,67	37,54	6,38	4,66	8,70

Anexo 2.7.**Análise de variância das concentrações das soluções infundidas:**

azoto (NS), energia metabolizável (EMS) e pH (pHS)

Origem da variação	gl	Quadrados médios		
		NS	EMS	pHS
Períodos	4	0,11	0,06	0,07 *
Animais	4	1,14 ***	1,21 ***	0,02
Tratamentos	2	15,71 ***	18,53 ***	0,08 *
Espécie	1	1,89 ***	2,07 ***	0,09 *
Erro	6	0,04	0,06	0,01

Anexo 2.8.**Análise de variância da composição química das dietas ingeridas:**

energia metabolizável ingerida por quilograma de peso metabólico (EMPM) e proteína bruta ingerida por quilograma de peso metabólico (PBPM):

Origem da variação	gl	Quadrados médios	
		EMPM	PBPM
Períodos	4	1,27 E+05	0,014
Animais	4	6,55 E+05 *	0,012
Tratamentos	2	6,94 E+04 ***	4,438 ***
Espécie	1	1,44 E+05	0,005
Erro	6	6,96 E+06	0,004

Anexo 2.9.**Análise de variância das ingestões e excreções (g/kg^{0,75}):**

ingestão de água (H2OI), ingestão de matéria seca (MSI) e de NDF (NDFI); excreção de urina (UEX), de matéria seca (MSEX) e de NDF (NDFEX)

Origem da variação	gl	Quadrados médios					
		H2OI	MSI	NDFI	UEX	MSEX	NDFEX
Períodos	4	199,27	0,57	0,52	126,31	0,77	2,15
Animais	4	633,12 ***	1,51**	1,08**	150,75 *	17,54 *	10,84*
Tratamentos	2	43,89	0,15	0,11	42,06	0,48	1,56
Espécie	1	2,53	0,32	0,23	534,45 **	4,57	6,52
Erro	6	59,25	0,13	0,09	30,57	2,15	1,43

Anexo 2.10.**Comparação das distribuições das espécies entre dias e entre horas do dia**

	Z		Z		Z
MS	0,13361	ENTO	0,13361	MSI	0,13361
pH	0,24821	GRAN	0,13361	MSEX	0,13361
AGV	0,13361	HOLO	0,13361	UEX	0,13361
C2	0,61707	NT	0,13361	H2OI	0,61707
C3	0,13361	NMIC	0,61707	NDFI	0,13361
C4	0,13361	NH3	0,61707	NDFEX	0,13361

Anexo 2.11.**Análise de variância e significância dos dados referentes à digestibilidade *in vivo* da palha:**

matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), azoto (N), fibra insolúvel em detergente neutro (NDF), fibra insolúvel em detergente ácido (ADF), hemicelulose (HEMI) e celulose (CEL)

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		MS	MO	N	NDF	ADF	HEMI	CEL
Períodos	4	46,75***	43,94***	9,80*	61,83***	26,42*	160,90*	24,27
Animais	4	114,59***	118,55***	17,40**	130,21***	117,01***	178,75*	56,25
Tratamentos	2	10,56*	10,71*	385,28***	18,21***	10,36	77,07	29,67
Espécie	1	39,13***	45,95***	2,29	69,46***	168,06***	7,04	197,74***
Erro	6	1,53	1,90	1,60	1,13	3,68	34,84	12,56

Anexo 2.12.**Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética de digestão *in situ* da MS da palha e à MS desaparecida**

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		c	b	a + b	MS desaparecida				
					6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Períodos	4	4,49	412,24	412,24	1,43	17,25	15,01	2,00	5,19
Animais	4	4,32	369,36	369,36	0,46	28,74	12,40	45,62	4,36
Tratamentos	2	6,55	522,24	522,24	3,37	86,33	29,33	50,95	18,19
Espécie	1	10,83	288,56	288,56	10,63	8,19	63,47	69,23	7,50
Erro	6	3,98	207,91	207,91	5,67	49,45	12,23	29,93	5,36

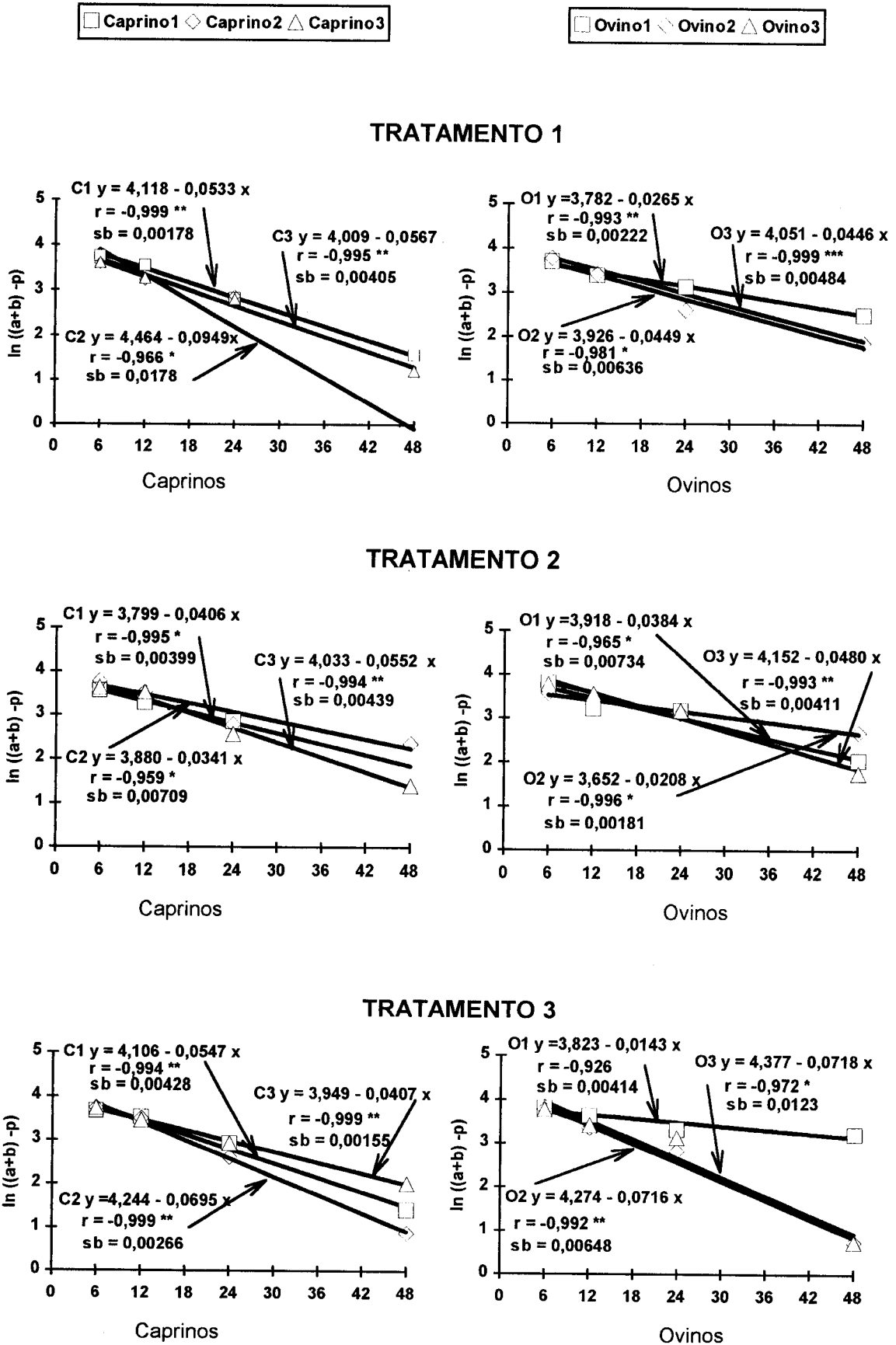
Anexo 2.13.**Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética de digestão *in situ* da MS do feno de espontâneas e à MS desaparecida**

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		c	b	a + b	MS desaparecida				
					6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Períodos	4	3,80	192,69	192,69	8,02	151,53	1,65	5,89	0,25
Animais	4	7,94	321,32	321,32	14,18	164,45	34,00*	6,41	7,99
Tratamentos	2	0,08	71,81	71,81	6,23	122,69	1,85	17,82	18,91
Espécie	1	0,00	658,12*	658,12*	71,12*	327,25	30,01	1,04	1,41
Erro	6	2,59	91,35	91,35	7,60	147,57	6,82	4,33	4,67

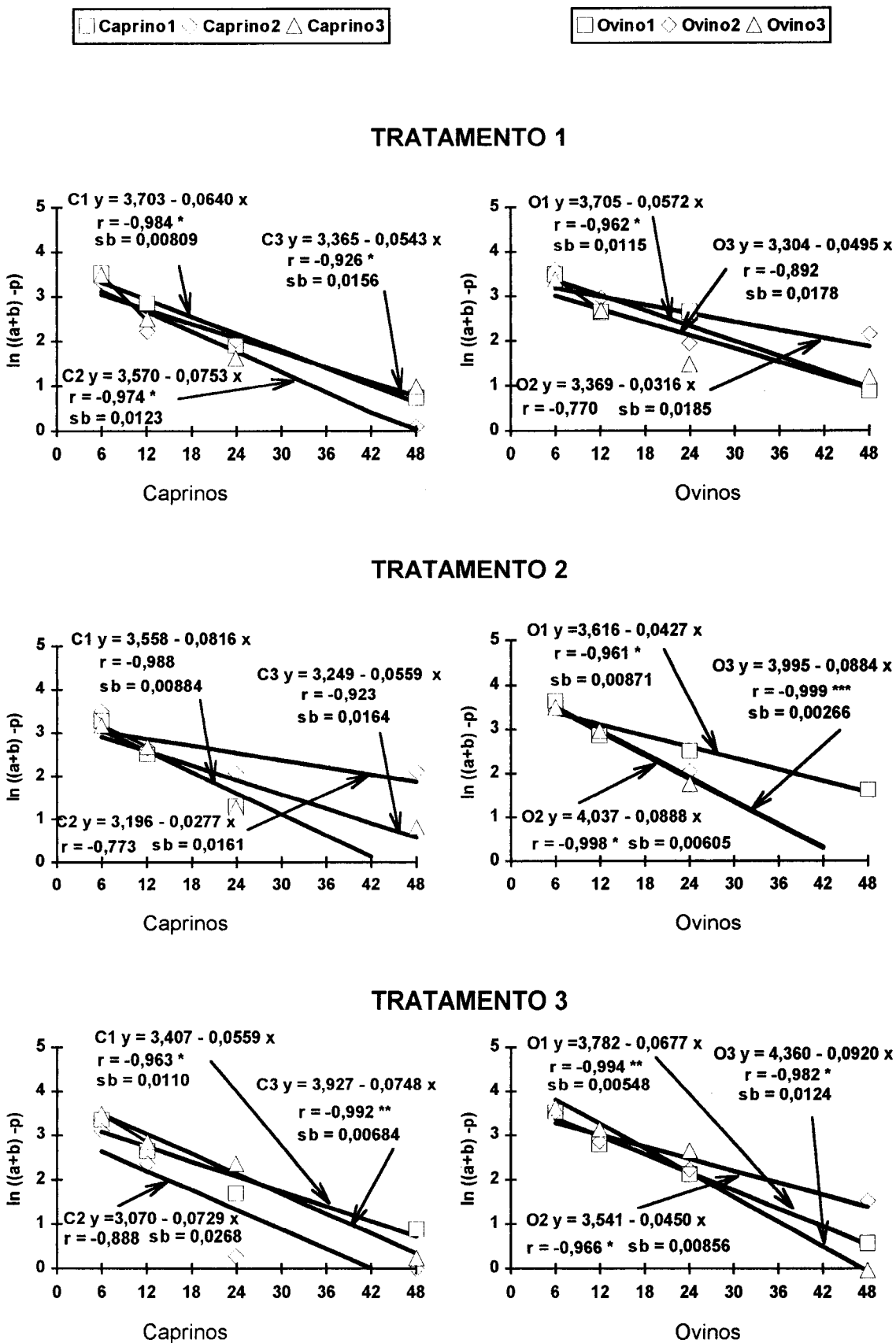
Anexo 2.14.**Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética de digestão *in situ* da MS do feno de bersim e à MS desaparecida**

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		c	b	a + b	MS desaparecida				
					6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Períodos	4	2,38	54,11	53,57	3,51	127,90	14,03	1,55	10,90
Animais	4	3,69	158,03	155,14	0,19	169,77	26,41	5,69	21,21
Tratamentos	2	5,20	179,70	179,57	1,25	199,26	8,04	3,13	4,63
Espécie	1	0,15	31,76	31,76	4,25	99,50	13,24	26,35	137,23*
Erro	6	2,42	359,64	362,19	4,28	140,97	13,33	7,57	20,83

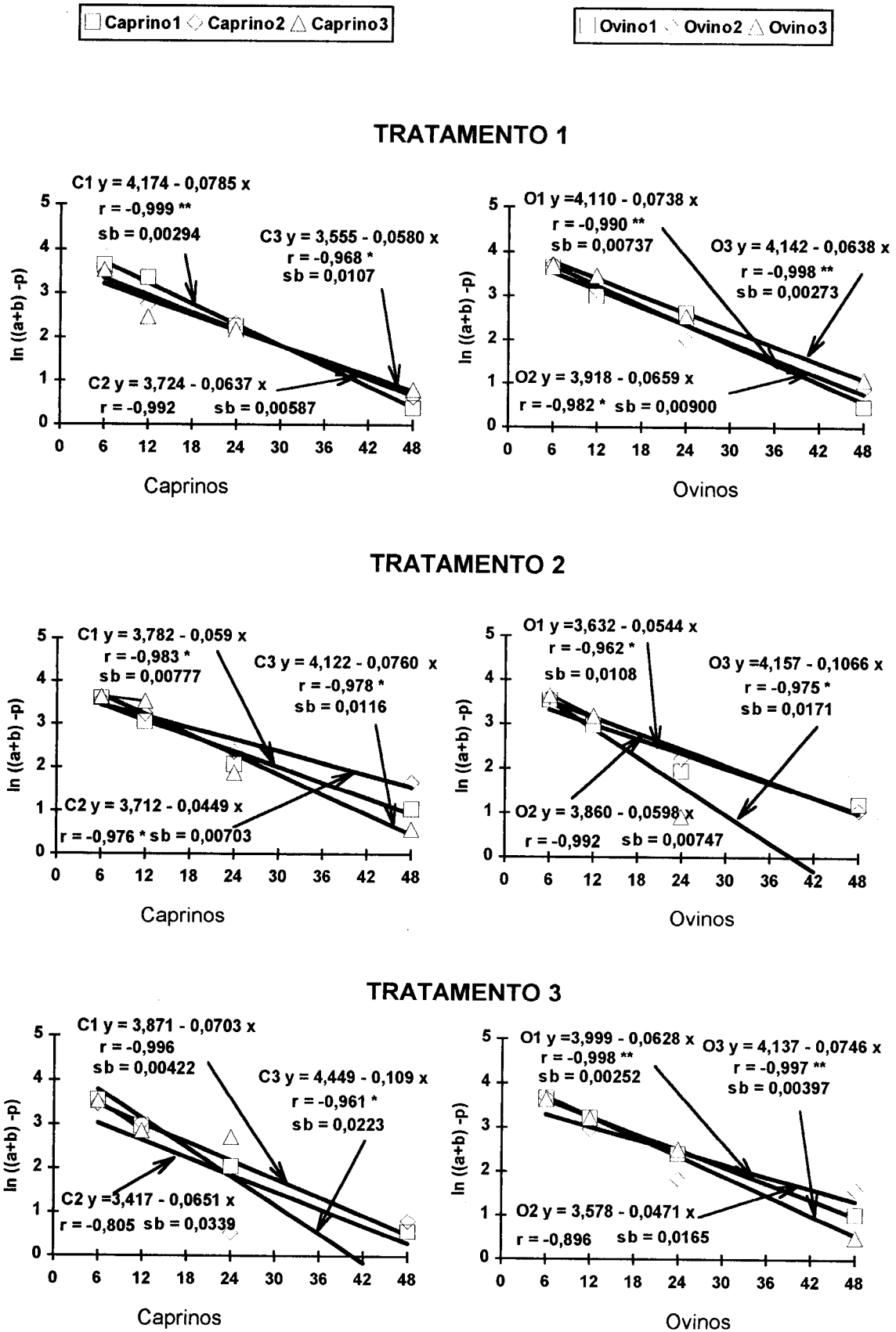
Anexo 2.15. Taxas de digestão da MS da palha, de cada unidade experimental, por tratamento



Anexo 2.16. Taxas de digestão da MS do feno de espontâneas, de cada unidade experimental, por tratamento



Anexo 2.17. Taxas de digestão da MS do feno de bersim, de cada unidade experimental, por tratamento



Anexo 2.18.

Valores da NDF residual e potencialmente digestível das forragens incubadas no rumen de caprinos e ovinos, por espécie (médias e erros padrões)

	Palha			Espontâneas			Bersim		
	CAP	OVI	EP	CAP	OVI	EP	CAP	OVI	EP
NDF residual, %									
6 h	77,04	78,59	0,41	48,87	51,24	0,32	45,6	47,79	0,55
12 h	68,87	67,70	0,71	38,63	40,23	0,41	38,03	38,26	1,01
24 h	54,32	57,60	1,32	31,68	34,41	1,01	27,74	28,40	1,14
48 h	42,40	45,74	1,80	28,63	28,50	0,68	23,21	23,83	0,57
72 h	38,55	37,80	0,61	26,91	26,85	0,27	21,71	22,30	0,58
NDF potencialmente digestível, %									
6 h	89,77	93,44	0,87	50,37	55,90	0,66	82,00	88,96	1,91
12 h	70,50	68,77	1,86	26,80	30,95	1,09	55,84	55,29	3,73
24 h	70,50	45,31	2,58	10,95	17,29	1,33	20,36	20,87	4,18
48 h	8,73	18,25	5,36	3,91	3,57	1,83	4,80	5,28	1,57

Anexo 2.19.

Valores da NDF residual e potencialmente digestível das forragens incubadas no rumen de caprinos e ovinos, por tratamento (médias e erros padrões)

	Palha				Espontâneas				Bersim			
	T1	T2	T3	EP	T1	T2	T3	EP	T1	T2	T3	EP
NDF residual, %												
6 h	78,15	77,30	77,99	0,50	50,28	49,79	50,11	0,39	46,56	46,93	46,73	0,67
12 h	68,41	67,44	68,96	0,87	38,93	39,22	39,96	0,50	37,76	39,35	37,51	1,23
24 h	55,70	56,69	55,51	1,61	33,06	32,73	33,35	1,24	28,67	26,41	29,12	1,39
48 h	43,97	44,23	44,02	2,20	28,61	29,36	27,74	0,83	22,76	23,83	23,97	0,70
72 h	38,72	38,71	37,09	0,75	26,63	26,88	27,12	0,32	21,61	22,37	22,04	0,71
NDF potencialmente digestível, %												
6 h	92,23	90,34	92,24	1,06	53,87	52,54	53,01	0,81	87,94	85,78	85,73	2,34
12 h	69,40	67,55	71,76	2,28	27,89	29,01	29,40	1,34	54,90	59,22	53,23	4,57
24 h	39,87	42,23	41,41	3,16	14,70	13,45	14,21	1,63	24,10	13,80	23,93	5,11
48 h	12,19	12,86	15,42	6,57	4,32	5,66	1,24	2,24	3,92	4,70	6,51	1,92

Anexo 2.20.

Análise de variância e significância dos dados referentes à NDF residual da palha (% MS) após incubação *in situ*

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		NDF residual				
		6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Períodos	4	1,42	3,56	21,50	12,97	7,44
Animais	4	0,20	2,54	13,01	28,33	2,13
Tratamentos	2	1,23	3,33	2,40	0,11	5,27
Espécie	1	10,86	6,16	48,28	50,23	2,51
Erro	6	2,20	6,99	17,19	32,60	5,31

Anexo 2.21.

Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética de digestão *in situ* do NDF da palha

Origem da variação	gl	Quadrados médios					
		k	lag	NDF potencialmente digestível			
				6 h	12 h	24 h	48 h
Períodos	4	1,52	3,74	5,64	28,50	64,42	88,00
Animais	4	2,86	13,07	1,07	15,58	86,12	129,51
Tratamentos	2	1,13	4,33	7,18	24,28	8,62	17,48
Espécie	1	3,77	7,66	60,65	13,50	308,76	407,46
Erro	6	2,51	8,28	11,48	40,97	53,36	160,65

Anexo 2.22.

Análise de variância e significância dos dados referentes à NDF residual do feno de espontâneas (% MS) após incubação *in situ*

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		NDF residual				
		6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Períodos	4	4,15	1,06	20,23***	607,21	4,84
Animais	4	1,27	4,21*	7,19*	605,58	3,81
Tratamentos	2	0,38	1,60	0,56	639,70	0,35
Espécie	1	25,23*	11,47**	33,43***	543,84	0,02
Erro	6	4,09	0,83	1,48	518,11	6,03

Anexo 2.23.

Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética de digestão *in situ* do NDF do feno de espontâneas

Origem da variação	gl	Quadrados médios					
		k	lag	NDF potencialmente digestível			
				6 h	12 h	24 h	48 h
Períodos	4	1,39	15,61	13,70	5,31	54,31	5,20
Animais	4	3,92	45,11	4,12	51,43	13,20	21,94
Tratamentos	2	10,27	118,47	2,70	4,38	2,40	30,77
Espécie	1	0,42	32,75	137,72	77,50	180,88	0,51
Erro	6	9,08	85,90	34,99	22,50	33,31	51,69

Anexo 2.24.

Análise de variância e significância dos dados referentes à NDF residual do feno de bersim (% MS) após incubação *in situ*

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		NDF residual				
		6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Períodos	4	1,00	14,82	18,03	12,52	3,56
Animais	4	4,35	5,07	9,86	4,17	2,82
Tratamentos	2	0,21	4,77	12,63	0,58	0,86
Espécie	1	19,82*	0,23	1,99	13,40	1,57
Erro	6	3,13	7,56	4,78	3,18	3,06

Anexo 2.25.

Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética de digestão *in situ* do NDF do feno de bersim

Origem da variação	gl	Quadrados médios					
		k	lag	NDF potencialmente digestível			
				6 h	12 h	24 h	48 h
Períodos	4	8,75	16,78	16,07	148,06	233,66	47,42*
Animais	4	1,63	12,26	48,67	94,99	108,51	5,90
Tratamentos	2	2,69	5,07	1,32	44,74	208,67	10,58
Espécie	1	0,26	3,26	218,33	1,34	1,19	1,03
Erro	6	3,01	8,74	39,64	120,80	100,64	8,64

Anexo 2.26.**Análise de variância e significância dos dados referentes à cinética da fase líquida:**

taxa de passagem (TPAS), pool de matéria seca (PMS), volume (VOL), fluxo (FLU), tempo de retenção (T1/2), pool de matéria seca por peso metabólico (PPM), pool de matéria seca por peso vivo (PPV)

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		TPAS	VOL	FLU	T1/2	PMS	PPM	PPV
Períodos	4	10,58***	7965535**	4185,6*	66,98***	10325500**	22052*	3833***
Animais	4	1,53	4552518*	3698,5	16,16	5222524*	1926	569
Tratamentos	2	0,68	1288672	423,0	6,15	1694336	8522	705
Espécie	1	0,89	10696854*	15924**	18,46	14094510*	13385	432
Erro	6	0,44	846900	891,3	4,06	1028751	4522	245

Anexo 2.27.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal:****VALORES MÉDIOS:**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	4	15,10***	0,02	54,98	1,36	1,36	0,04	0,40	0,13	0,05
Animais	4	2,99	0,07	459,75***	3,99	0,63	0,10*	1,17*	0,27*	0,09
Tratamentos	2	0,24	0,00	15,59	0,34	0,20	0,12*	0,37	0,56*	0,21*
Espécie	1	5,93	0,03	825,97***	0,06	1,37	0,02	1,44*	0,04	0,02
Erro	6	1,01	0,03	31,25	2,45	0,96	0,02	0,18	0,06	0,05

Anexo 2.28.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal:****6 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	4	2,57	0,06	500,70	5,74	1,73	0,17	2,09***	0,22	0,05
Animais	4	5,58	0,05	530,51	1,63	0,54	0,27	0,96*	0,24	0,13
Tratamentos	2	0,89	0,01	9,39	0,26	1,27	0,02	0,50	0,78*	0,24
Espécie	1	12,01	0,00	2996,67***	0,76	1,45	0,28	1,45*	0,03	0,05
Erro	6	3,63	0,09	123,93	3,63	1,86	0,13	0,14	0,15	0,06

Anexo 2.29.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal:****12 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	4	61,95**	0,07	493,63	6,43	1,54	0,17	1,49	1,29	0,24
Animais	4	15,82	0,10	823,77*	15,27	2,06	0,14	2,69	0,77	0,21
Tratamentos	2	0,86	0,01	357,55	0,38	0,02	0,07	1,76	0,26	0,06
Espécie	1	35,00	0,08	222,75	0,05	0,67	0,02	1,79	0,02	0,00
Erro	6	6,12	0,03	114,59	9,62	1,18	0,11	1,21	0,54	0,12

Anexo 2.30.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal: 18 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	4	10,68*	0,02	863,08	314,46	14,66	0,08	2,91	0,36	0,15
Animais	4	5,12	0,08	953,52	341,67	14,14	0,09	1,76	0,11	0,03
Tratamentos	2	0,16	0,07	77,42	225,83	12,35	0,85***	3,18	2,45**	0,89*
Espécie	1	0,00	0,01	10,55	373,10	4,18	0,12	3,85	0,03	0,00
Erro	6	2,14	0,03	749,74	312,13	17,50	0,03	1,62	0,21	0,14

Anexo 2.31.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal: 24 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	4	21,99	0,02	1139,94*	1,49	1,37	0,12*	0,85	0,18	0,09
Animais	4	2,94	0,08	794,36*	11,51	1,19	0,13*	3,24*	0,37*	0,12
Tratamentos	2	0,61	0,00	33,05	0,21	0,80	0,13	1,01	0,41*	0,23*
Espécie	1	0,11	0,07	451,60	0,33	1,43	0,00	2,20	0,24	0,14
Erro	6	8,35	0,03	173,14	2,84	1,73	0,03	0,60	0,05	0,04

Anexo 2.32.**Análise de variância (split-plot) e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal nos CAPRINOS:**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	2	46,12	0,14	416,22	6,35	9,06	0,19	0,64	0,53	0,03
Animais	2	9,45	0,13	1397,05	26,51	3,26	0,26	4,42*	0,97	0,10
Tratamentos	2	0,33	0,01	74,62	6,06	3,72	0,14	1,30	1,02	0,50
Erro (a)	2	8,59	0,06	180,85	12,25	3,56	0,11	0,13	0,43	0,16
Hora	3	21,72	0,07	186,11	7,89	1,01	0,18	1,10	0,75	0,17
Hora x Tratamento	6	1,90	0,04	254,51	6,98	1,61	0,11	0,70	0,27	0,08
Erro (b)	18	8,88	0,03	272,93	5,23	0,70	0,14	0,92	0,46	0,11

Anexo 2.33.**Análise de variância (split-plot) e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal nos OVINOS:**

matéria seca (MSR), pH (pHR), concentrações molares dos ácidos gordos voláteis (mmol/litro) (AGV) e percentagens molares de ácido acético (C2), ácido propiónico (C3), ácido isobutírico (IC4), ácido butírico (C4), ácido isovalérico (IC5) e ácido valérico (C5).

Origem da variação	gl	Quadrados médios								
		MSR	pHR	AGV	C2	C3	IC4	C4	IC5	C5
Períodos	2	74,64*	0,03	102,13	128,04	5,78	0,24	5,56**	0,82	0,33
Animais	2	14,50	0,44	2722,71	172,67	10,28	0,47*	7,42**	0,68	0,40
Tratamentos	2	3,20	0,08	335,77	91,58	11,85	0,72*	1,85*	2,33	0,65
Erro (a)	2	1,04	0,17	532,71	138,08	17,68	0,02	0,05	0,34	0,19
Hora	3	27,80*	0,02	993,72	145,04	7,17	0,37**	1,36	0,90**	0,09
Hora x Tratamento	6	3,30	0,01	163,84	165,85	3,08	0,06	1,86	0,18	0,06
Erro (b)	18	7,01	0,02	743,02	162,29	7,80	0,04	1,32	0,13	0,09

Anexo 2.34.**Análise de variância e significância dos dados referentes ao balanço azotado:**

por peso metabólico (g/dia/kg^{0,75}) e em valor absoluto (g/dia) : azoto ingerido (NIPM); azoto fecal (NFPM); azoto urinário (NURIPM); balanço (BALPM); azoto ingerido (NI); azoto fecal (NF); azoto urinário (NURI); balanço (BAL)

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		NIPM	NFECPM	NURIPM	BALPM	NI	NFEC	NURI	BAL
Períodos	4	0,0005*	0,0002	0,097	0,109	0,33	0,09*	45,66	174,70
Animais	4	0,0003	0,0004*	0,052	0,050	5,39***	0,35***	38,18	108,88
Tratamentos	2	0,119***	0,0002	0,245	0,049	38,2***	0,09*	94,42	187,95
Espécie	1	2,22E+05	5E+05	0,012	0,014	9,3***	0,64***	28,35	165,74
Erro	6	7,22E+05	6,85E+05	0,055	0,055	0,12	0,02	30,58	100,76

Anexo 2.35.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal (microorganismos e frações azotadas) e ao azoto plasmático:****VALORES MÉDIOS**

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC), azoto amoniacal (N-NH₃) e azoto plasmático

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	4	8,02E+08 *	1,20E+05	0,98E+05	206,75	87,03 *	60,02 **	29,21
Animais	4	3,98E+08	2,27E+05 *	0,13E+05	278,95	188,61 ***	34,68 *	612,4***
Tratamentos	2	1,75E+08	0,94E+05	0,04E+05	330,82	38,98	95,85 ***	531,3***
Espécie	1	6,08E+08	9,99E+05 ***	1,25E+05	1100,59 *	187,49 **	2,92	105,8
Erro	6	1,26E+08	0,43E+05	0,28E+05	89,71	13,60	5,74	19,27

Anexo 2.36.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal (microorganismos e frações azotadas) e ao azoto plasmático:****6 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO**

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC) e azoto amoniacal (N-NH₃).

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	4	2,29E+09	3,61E+05*	2,03E+05	739,94*	273,97	13,07	45,36*
Animais	4	2,51E+08	1,93E+05	0,18E+05	257,28	346,40	27,12	1017,93***
Tratamentos	2	0,75E+08	0,25E+05	0,17E+05	213,5	333,98	140,71	255,50***
Espécie	1	9,65E+08	3,42E+05	1,42E+05	2616,06**	58,56	3,21	123,77***
Erro	6	8,39E+08	0,57E+05	0,61E+05	150,76	79,96	32,35	5,63

Anexo 2.37.**Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal (microorganismos e frações azotadas) e ao azoto plasmático:****12 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO**

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC) e azoto amoniacal (N-NH₃).

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	4	3,12E+09	7,26E+05*	7,69E+05	592,06*	1066,36*	214,94	131,10
Animais	4	4,79E+08	5,31E+05*	1,45E+05	174,06	450,30	87,33	621,04**
Tratamentos	2	6,98E+08	4,43E+05	0,00E+05	342,39	19,24	169,94	686,03**
Espécie	1	0,11E+07	12,52E+05**	0,87E+05	0,06	1302,86*	57,96	222,89
Erro	6	9,07E+08	1,09E+05	3,42E+05	8,83	188,50	68,64	54,99

Anexo 2.38.

Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal (microorganismos e frações azotadas) e ao azoto plasmático:

18 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC) e azoto amoniacal (N-NH₃).

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	4	9,80E+08	0,73E+05	0,13E+05	556,89*	297,00	61,00***	31,26
Animais	4	4,37E+08	2,23E+05	0,15E+05	464,39*	265,59	29,34*	438,63**
Tratamentos	2	0,25E+08	1,19E+05	0,29E+05	459,39	451,83	54,77**	619,93***
Espécie	1	1,87E+08	19,82E+05*	1,11E+05	1386,89**	1,76	54,08*	86,86
Erro	6	2,77E+08	1,54E+05	0,21E+05	94,94	199,70	4,74	40,54

Anexo 2.39.

Análise de variância e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal (microorganismos e frações azotadas) e ao azoto plasmático:

24 h APÓS A PRIMEIRA REFEIÇÃO

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC) e azoto amoniacal (N-NH₃).

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	4	3,60E+09	5,22E+05	0,16E+05	58,06	1463,65	59,69**	152,49*
Animais	4	5,54E+08	8,03E+05	0,10E+05	878,06	553,52	45,34*	483,00***
Tratamentos	2	1,78E+08	0,09E+05	0,02E+05	528,72	159,17	97,27***	706,89***
Espécie	1	0,53E+08	4,19E+05	0,09E+05	1942,72*	766,35	28,13	33,35
Erro	6	1,92E+09	11,52E+05	0,06E+05	203,39	495,54	5,61	30,87

Anexo 2.40.

Análise de variância (split-plot) e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal nos caprinos:

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC) e azoto amoniacal (N-NH₃).

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	2	6,30E+09	2,36E+05*	1,23E+05	770,86	806,53	368,75	225,16
Animais	2	1,23E+09	20,78E+05**	4,97E+05	1633,53	1465,08	214,16	4330,16*
Tratamentos	2	0,17E+09	0,01E+05	26,47E+05	375,19	270,45	204,72	1532,47
Erro (a)	2	0,91E+09	0,10E+05	5,32E+05	186,03	193,52	21,31	134,40
Hora	3	0,30E+09	3,56E+05	0,33E+05	2325,88**	75,84	64,79	71,76
Hora x Tratamento	6	0,14E+09	1,27E+05	1,08E+05	77,71	233,94	37,02	44,66
Erro (b)	18	0,32E+09	1,95E+05	1,40E+05	285,99	341,51	40,62	63,42

Anexo 2.41.

Análise de variância (split-plot) e significância dos dados referentes a parâmetros do microambiente ruminal nos ovinos:

número de células de pequenos entodiniomórficos (ENTO), grandes entodiniomórficos (GRAN), holótricos (HOLO), azoto total (NTOT), azoto microbiano (NMIC) e azoto amoniacal (N-NH₃).

Origem da variação	gl	Quadrados médios						
		ENTO	GRAN	HOLO	NTOT	NMIC	NH ₃	BUN
Períodos	2	3,85E+09	13,83E+05**	3,38E+05*	883,11	417,02	111,41*	8,47
Animais	2	1,25E+09	5,41E+05*	0,35E+05	598,11	449,47	63,30	568,71*
Tratamentos	2	0,98E+09	5,12E+05*	1,05E+05	1728,78	222,42	221,27*	678,79*
Erro (a)	2	0,81E+09	0,07E+05	0,07E+05	109,78	67,91	5,04	10,63
Hora	3	1,21E+09	0,42E+05	1,99E+05	709,81*	496,28	30,68	15,18
Hora x Tratamento	6	0,18E+09	0,87E+05	0,42E+05	55,70	26,64	20,48	11,23
Erro (b)	18	1,10E+09	1,76E+05	1,05E+05	146,19	409,53	13,82	30,99

Anexo 3.1.

Peso vivo dos animais (kg) no decorrer do ensaio

nº	Data das pesagens					
	23/08*	27/08*	28/08	31/08*	04/09*	05/09
CAPRINOS						
Machos (utilizados para recolher amostras do conteúdo ruminal)						
1	49,30	51,40	50,00	50,80	51,30	49,50
2	32,60	32,40	31,90	32,60	31,80	32,00
3	50,40	49,60	50,80	51,20	50,10	50,90
Fêmeas (utilizadas para recolher amostras esofágicas)						
4	23,20	23,20	23,30	22,10	24,00	23,70
5	27,40	29,40	29,50	31,10	29,40	29,40
6	26,40	28,00	28,50	28,00	27,60	27,60
Fêmeas (utilizadas para recolher fezes)						
7		36,55	36,55	37,43	36,63	35,73
8	36,80	37,88	37,08	36,46	36,66	36,26
9	39,27	40,12	39,32	40,54	41,24	40,24
10	24,23	24,75	24,75	25,03	24,73	23,63
11	40,59	40,26	39,66	39,54	40,04	38,64
12	28,61	28,83	28,76	29,48	31,28	29,28
13	38,09	36,86	36,76	37,68	37,78	36,28
14	23,13	25,40	24,80	25,49	25,29	24,29
15	30,40	31,43	30,83	30,45	31,05	29,35
OVINOS						
Machos (utilizados para recolher amostras do conteúdo ruminal)						
16	72,50	72,50	74,00	75,80	73,00	73,50
17	42,30	40,00	42,60	43,00	43,90	43,40
18	60,70	58,20	62,10	62,20	62,50	62,00
Fêmeas (utilizadas para recolher amostras esofágicas)						
19	37,80	36,00	35,90	35,80	33,40	33,20
20	49,50	49,70	50,50	50,00	49,40	49,00
21	60,80	60,50	61,50	60,80	61,60	60,80
Fêmeas (utilizadas para recolher fezes)						
22	59,16	59,14	59,34	59,18	59,38	58,28
23	49,06	48,23	47,83	49,46	47,16	46,36
24	61,36	60,25	58,75	58,06	55,96	55,36
25	67,46	66,70	66,60	64,69	64,39	62,39
26	51,77	52,05	51,85	52,28	52,48	49,98
27	53,56	53,54	52,44	53,28		50,58
28	49,25	48,13	48,73	48,98	49,88	48,98
29	57,08	57,07	55,67	56,19	57,09	54,69
30		49,03	49,03	51,37	51,07	49,27

* Pesos corrigidos [(peso vivo - (peso do arreio + saco para colheita de fezes))]

Anexo 3.2.

Temperaturas (° C) e humidades relativas (%) do ar durante o período de ensaio (médias ± DP e significância)

	Agosto		Setembro		Sig
	(1º período)		(2º período)		
	Média	DP	Média	DP	
Média das temperaturas máximas, °C	31,50	3,10	32,00	1,15	NS
Média das temperaturas mínimas, °C	17,83	3,02	12,83	1,21	*
Temperatura média diária, °C	24,40	5,8	21,30	7,3	NS
Amplitude média diária, °C	13,67	2,81	19,17	2,11	*
Humidade relativa, %	55,90	19,4	61,50	23,5	*

Anexo 3.3.

Análise de variância multifactorial dos pesos vivos dos machos e fêmeas

Origem da variação	gl	Quadrados médios	
		Machos	Fêmeas
Período	1	7,34	2,59
Espécie	1	1958,80***	16358,72***
Período x Espécie	1	4,45	12,40
Erro	28	133,81	48,61

Anexo 3.4.**Análise de variância multifactorial da ingestão (g/kg^{0,75}):**

ingestão de matéria orgânica (IMO), de NDF (INDF), de ADF (IADF), de celulose (ICEL) e de hemicelulose (IHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		IMO	INDF	IADF	ICEL	IHEMI
Período	1	902,26***	1698,37***	3,68	352,76	6,70
Espécie	1	1383,50***	754,56***	49,66***	99,47**	173,44***
Período x Espécie	1	1089,03***	379,08**	4,05	160,40***	45,80**
Erro	28	63,59	47,69	1,55	7,84	4,34

Anexo 3.5.**Análise de variância unifactorial do efeito período na ingestão de CAPRINOS:**

ingestão de matéria orgânica (IMO), de NDF (INDF), de ADF (IADF), de celulose (ICEL) e de hemicelulose (IHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		IMO	INDF	IADF	ICEL	IHEMI
Entre períodos	1	1967,46***	1917,27***	0,012	103594,4***	6,43
Erro	16	51,84	38,00	1,14	1538,9	3,00

Anexo 3.6.**Análise de variância unifactorial do efeito período na ingestão de OVINOS:**

ingestão de matéria orgânica (IMO), de NDF (INDF), de ADF (IADF), de celulose (ICEL) e de hemicelulose (IHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		IMO	INDF	IADF	ICEL	IHEMI
Entre períodos	1	23,84	160,18	7,72	8,55	46,05*
Erro	12	79,27	60,61	2,11	10,03	6,13

Anexo 3.7.**Análise de variância unifactorial do efeito espécie na ingestão em AGOSTO (1º período):**

ingestão de matéria orgânica (IMO), de NDF (INDF), de ADF (IADF), de celulose (ICEL) e de hemicelulose (IHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		IMO	INDF	IADF	ICEL	IHEMI
Entre espécies	1	8,80	31,99	41,04***	3,62	198,75***
Erro	14	58,65	35,13	1,89	5,80	5,27

Anexo 3.8.**Análise de variância unifactorial do efeito espécie na ingestão em SETEMBRO (2º período):**

ingestão de matéria orgânica (IMO), de NDF (INDF), de ADF (IADF), de celulose (ICEL) e de hemicelulose (IHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		IMO	INDF	IADF	ICEL	IHEMI
Entre espécies	1	2463,73***	1101,65***	12,67**	256,26***	20,50*
Erro	14	68,54	60,25	1,22	9,88	3,41

Anexo 3.9.**Análise de variância multifactorial da excreção (g/kg^{0,75}):**

excreção de matéria orgânica (EXMO), de NDF (EXNDF), de ADF (EXADF), de celulose (EXCEL) e de hemicelulose (EXHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		EXMO	EXNDF	EXADF	EXCEL	EXHEMI
Período	1	9,65	2,25	1,62	0,995	5,44
Espécie	1	979,75***	1440,98***	34,61***	35,35***	82,20***
Período x Espécie	1	0,35	0,26	0,88	9,99E+05	2,85
Erro	28	21,78	48,46	1,27	1,76	2,70

Anexo 3.10.**Análise de variância unifactorial do efeito período na excreção de CAPRINOS:**

excreção de matéria orgânica (EXMO), de NDF (EXNDF), de ADF (EXADF), de celulose (EXCEL) e de hemicelulose (EXHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		EXMO	EXNDF	EXADF	EXCEL	EXHEMI
Entre períodos	1	6,83	2,14	0,11	0,55	0,40
Erro	16	14,88	58,97	1,04	1,47	2,16

Anexo 3.11.**Análise de variância unifactorial do efeito período na excreção de OVINOS:**

excreção de matéria orgânica (EXMO), de NDF (EXNDF), de ADF (EXADF), de celulose (EXCEL) e de hemicelulose (EXHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		EXMO	EXNDF	EXADF	EXCEL	EXHEMI
Entre períodos	1	3,17	0,37	2,39	0,45	7,90
Erro	12	28,68	34,46	1,56	2,15	3,41

Anexo 3.12.**Análise de variância unifactorial do efeito espécie na excreção em AGOSTO (1º período):**

excreção de matéria orgânica (EXMO), de NDF (EXNDF), de ADF (EXADF), de celulose (EXCEL) e de hemicelulose (EXHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		EXMO	EXNDF	EXADF	EXCEL	EXHEMI
Entre espécies	1	508,47***	701,17***	23,26**	17,62**	57,84**
Erro	14	20,49	38,07	1,67	1,77	3,56

Anexo 3.13.**Análise de variância unifactorial do efeito espécie na excreção em SETEMBRO (2º período):**

excreção de matéria orgânica (EXMO), de NDF (EXNDF), de ADF (EXADF), de celulose (EXCEL) e de hemicelulose (EXHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		EXMO	EXNDF	EXADF	EXCEL	EXHEMI
Entre espécies	1	471,63***	740,08***	12,23**	17,74**	27,21**
Erro	14	23,07	58,86	0,86	1,75	1,84

Anexo 3.14.**Análise de variância multifactorial, com os dias como covariantes, da composição química das amostras esofágicas:**energia metabolizável (EM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), conteúdos celulares (CCS), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI), ADL (ADL) e digestibilidade *in vitro* (IVDMO).

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		EM	MO	PB	CCS	CEL	HEMI	ADL	IVDMO
Dia (covariante)	1	0,44	0,20	14,58**	104,94	115,64**	4,95	7,47	14,61
Período	1	11,52 **	13,13*	31,82***	514,45***	437,57***	140,44**	101,75**	524,00**
Espécie	1	2,60	34,93***	1,48	64,29	121,23**	68,66*	127,20**	187,22*
Período x Espécie	1	17,60***	0,38	4,22	40,94	3,38	204,57***	94,95	634,52***
Erro	45	1,31	1,83	1,71	28,33	13,31	14,78	13,67	44,92

Anexo 3.15.**Análise de variância unifactorial do efeito período na composição química das amostras esofágicas de CAPRINOS:**

energia metabolizável (EM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), conteúdos celulares (CCS), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI), ADL (ADL) e digestibilidade *in vitro* (IVDMO).

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		EM	MO	PB	CCS	CEL	HEMI	ADL	IVDMO
Entre períodos	1	28,30***	4,81*	7,80*	458,82***	289,97***	351,77***	206,33***	1139,26***
Erro	24	1,28	0,80	1,43	29,67	17,57	21,35	337,35	47,86

Anexo 3.16.**Análise de variância unifactorial do efeito período na composição química das amostras esofágicas de VINOS:**

energia metabolizável (EM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), conteúdos celulares (CCS), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI), ADL (ADL) e digestibilidade *in vitro* (IVDMO).

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		EM	MO	PB	CCS	CEL	HEMI	ADL	IVDMO
Entre períodos	1	0,38	9,71	34,07***	172,18*	232,37***	1,54	0,78	3,49
Erro	22	1,31	63,81	2,33	28,69	12,11	7,46	11,79	40,52

Anexo 3.17.**Análise de variância unifactorial do efeito espécie na composição química das amostras esofágicas em AGOSTO (1º período):**

energia metabolizável (EM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), conteúdos celulares (CCS), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI), ADL (ADL) e digestibilidade *in vitro* (IVDMO).

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		EM	MO	PB	CCS	CEL	HEMI	ADL	IVDMO
Entre espécies	1	16,54**	16,41**	6,87*	82,12	65,29	241,66**	212,10**	753,83***
Erro	27	1,49	1,74	1,52	43,75	18,96	20,28	19,50	51,17

Anexo 3.18.**Análise de variância unifactorial do efeito espécie na composição química das amostras esofágicas em SETEMBRO (2º período):**

energia metabolizável (EM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), conteúdos celulares (CCS), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI), ADL (ADL) e digestibilidade *in vitro* (IVDMO).

Origem da variação	gl	Quadrados médios							
		EM	MO	PB	CCS	CEL	HEMI	ADL	IVDMO
Entre espécies	1	4,27	18,46**	0,30	0,01	29,39	26,15	0,04	96,20
Erro	19	1,01	1,89	2,34	10,79	9,78	7,35	6,17	34,65

Anexo 3.19.**Análise de variância multifactorial da digestibilidade *in vivo* e *in situ*:**

matéria orgânica (DMO), NDF (DNDF) ADF (DADF), celulose (DCEL), hemicelulose (DHEMI) e digestibilidade da matéria orgânica *in situ* (ISDMO)

Origem da variação	gl	Quadrados médios					
		DMO	DNDF	DADF	DCEL	DHEMI	ISDMO
Período	1	1686,10 ***	4240,33***	5003,01***	5819,00***	2501,66***	3,74
Espécie	1	472,47 ***	1138,79***	1742,23***	752,51***	235,72**	94,94*
Período x Espécie	1	1592,24***	2148,55***	1935,21***	2057,46***	1372,80***	0,77
Erro	28	9,93	7,39	14,34	17,63***	20,98	12,30

Anexo 3.20.

Análise de variância unifactorial do efeito período na digestibilidade de CAPRINOS:
matéria orgânica (DMO), NDF (DNDF) ADF (DADF), celulose (DCEL), e hemicelulose (DHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		DMO	DNDF	DADF	DCEL	DHEMI
Entre períodos	1	3270,68***	6319,88***	6748,01***	7606,29***	3846,43***
Erro	16	8,95	4,10	15,07	21,35	21,77

Anexo 3.21.

Análise de variância unifactorial do efeito período na digestibilidade de OVINOS:
matéria orgânica (DMO), NDF (DNDF) ADF (DADF), celulose (DCEL), e hemicelulose (DHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		DMO	DNDF	DADF	DCEL	DHEMI
Entre períodos	1	7,66	69,01*	190,21**	270,16***	28,03
Erro	12	11,25	11,77	13,36	12,66	19,93

Anexo 3.22.

Análise de variância unifactorial do efeito espécie na digestibilidade em AGOSTO (1º período):
matéria orgânica (DMO), NDF (DNDF) ADF (DADF), celulose (DCEL), e hemicelulose (DHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		DMO	DNDF	DADF	DCEL	DHEMI
Entre espécies	1	1899,70***	3207,89***	3674,90***	2649,30***	1373,12***
Erro	14	10,32	7,31	20,28	25,10	22,68

Anexo 3.23.

Análise de variância unifactorial do efeito espécie na digestibilidade em SETEMBRO (2º período):
matéria orgânica (DMO), NDF (DNDF) ADF (DADF), celulose (DCEL), e hemicelulose (DHEMI)

Origem da variação	gl	Quadrados médios				
		DMO	DNDF	DADF	DCEL	DHEMI
Entre espécies	1	165,01***	79,46**	2,53	160,70**	235,40**
Erro	14	9,54	7,47	8,41	10,16	19,29

Anexo 3. 24.

Análise de variância multifactorial (2³), de parâmetros do ambiente ruminal:
concentrações de ácidos gordos voláteis (mmol/l): acético (C2), propiónico (C3), butírico (C4), isobutírico (IC4), isovalérico (IC5) e valérico(C5)

Origem da variação	gl	Quadrados médios					
		C2	C3	C4	IIC4	IC5	C5
Período	1	37,93	15,54	0,28	0,19	0,006	0,08
Espécie	1	126,32	158,15***	7,10	0,18	0,33	0,0002
Dia	4	24,28	1,87	1,56	0,01	0,03**	0,1
Período x Espécie	1	50,52	0,08	17,07**	0,001	0,007	0,01
Período x Dia	4	240,31**	12,43	2,83	0,03	0,02	0,02
Espécies x Dia	4	62,13	2,69	1,10	0,09	0,04	0,01
Erro	43	62,52	4,79	2,01	0,04	0,04	0,009



Anexo 3. 25.

Análise de variância multifactorial de parâmetros do ambiente ruminal:
concentrações de amónia (N-NH₃) (mg/100ml)

Origem da variação	gl	Quadrados médios
		N-NH ₃
Período	1	206,22***
Espécie	1	0,75
Dia	4	52,56***
Hora	1	41,29*
Período x Espécie	1	10,15
Período x Dia	4	35,38**
Espécie x Dia	4	20,06*
Período x Hora	1	0,02
Espécie x Hora	1	18,85
Dia x Hora	4	2,27
Erro	95	7,45

Anexo 3.26.

Análise de variância multifactorial da variação diária:

ingestão de matéria seca dos caprinos por peso metabólico (CINTPM), ingestão de matéria seca dos ovinos por peso metabólico (OINTPM), excreção de matéria seca dos caprinos por peso metabólico (CEXPM), excreção de matéria seca dos ovinos por peso metabólico (OEXPM).

Origem da variação	gl	Quadrados médios			
		CINTPM	CEXPM	OINTPM	OEXPM
Período	1	6553,92***	1,30	63,22	36,86
Dia	4	209,75	78,50	68,02	13,38
Período x Dia	4	185,36	71,24	274,06	54,02
Erro	74	197,79	57,15	407,71	78,06

Anexo 3.27.

Análise de variância unifactorial do efeito das fugas de caprinos nos valores ingestão de matéria orgânica (IMO), digestibilidade in vivo da matéria orgânica (DMO) e digestibilidade in vivo do NDF (NDF).

Origem da variação	gl	Quadrados médios		
		IMO	EXMO	DMO
Entre períodos	2	28068,73	2303,80	6,54
Erro	6	16306,21	2996,61	3,73