

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**EFEITO DO ESTRESSE CALÓRICO E DO MILHO EXPANDIDO EM
PARÂMETROS DIGESTIVOS E FISIOLÓGICOS EM OVINOS**

PEDRO AUGUSTO DIAS ANDRADE

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2011**

PEDRO AUGUSTO DIAS ANDRADE

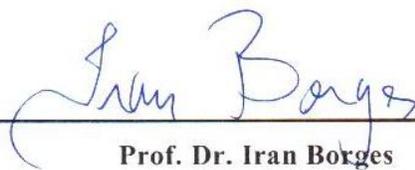
**EFEITO DO ESTRESSE CALÓRICO E DO MILHO EXPANDIDO EM
PARÂMETROS DIGESTIVOS E FISIOLÓGICOS EM OVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia

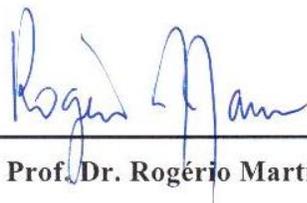
Área de concentração: Nutrição Animal
Orientador: Prof. Dr. Iran Borges

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2011**

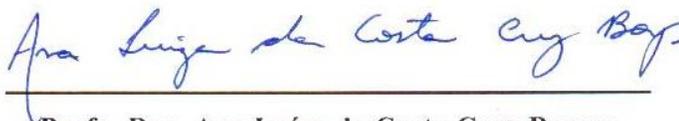
Dissertação defendida e aprovada no dia 4 de Fevereiro de 2011, pela Comissão
Examinadora constituída por:



Prof. Dr. Iran Borges
Orientador



Prof. Dr. Rogério Martins Maurício



Profa. Dra. Ana Luíza da Costa Cruz Borges

Dedicatória

À minha avó, Silvanita Dias Andrade, “*in memoriam*”...

À minha tia, Silvia Dias Andrade, “*in memoriam*”...

Aos meus Familiares...

A vocês dedico este trabalho...

Agradecimentos

Agradeço à Deus, por ter me proporcionado tamanha força para realização deste trabalho.

Ao Prof. Iran Borges, pela orientação, ensinamentos e presteza que, com tamanho carinho e dedicação, demonstrou-me os verdadeiros sentidos das palavras amizade e “ser humano”.

Aos Prof. Ana Luiza Costa Cruz Borges, Eloísa de Oliveira Simões Saliba e Norberto Mario Rodriguez, pela total disponibilidade, conselhos, auxílios, ensinamentos e tudo o mais que fizeram por mim durante essa jornada.

Ao Prof. Rogério Martins Mauricio, pela participação na banca examinadora, pelas oportunas sugestões e pelo companheirismo sempre demonstrado.

À UFMG, pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao CNPq, por fomentar e financiar este trabalho, e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Itambé e à Vaccinar, pela parceria e apoio.

Aos funcionários do laboratório de nutrição animal, Toninho, Kelly e Marcos, pelos auxílios, ensinamentos, duvidas, camaradagem e pelas horas de descontração.

Aos amigos e colegas de pós-graduação, pela solícita presença e amizade nas horas de dificuldade.

Ao NEPPER, pelos ensinamentos de união, humildade, companheirismo, dedicação e trabalho em equipe.

Aos amigos Veridiana (Chuchu), Márcio (Fuden), Fernando (Negão), Hemilly, Isabella, Andréa (Déia), Tássia (Tassinha), Raquel (Corneta), Gustavo (Micuim), Nhayandra, Luciana, Leonardo, Fredson e Vandenberg. Sem vocês, nada teria acontecido. Obrigado pela presteza, amizade, carinho e dedicação.

Aos estagiários, Mário F. A. Balaro (Carioca), Rogério P. Salvador e Salomão P. S. Filho, pela amizade, aprendizagem, dedicação, companheirismo e paciência (muita, mas muita paciência). Trabalhar com vocês foi o meu maior aprendizado.

Aos meus familiares, que compartilharam comigo a concretização deste sonho, acalentando meus anseios e dúvidas, e fomentando coragem e dedicação. Obrigado por estarem sempre ao meu lado.

À minha avó, Silvianita Dias Andrade, e à minha madrinha, Silvia Dias Andrade, que sempre participaram e apoiaram tudo relacionado à minha vida, que esperavam ansiosamente por este dia, e que não chegaram a ver essa tão sonhada conquista. Obrigado por terem sido minha fonte de força a cada passo, em cada vitória e em cada tropeço. Obrigado por me ensinarem o verdadeiro significado de ser forte, o saber levantar e o saber superar as adversidades, independente da dificuldade. Obrigado pelo amor, carinho e dedicação, por serem tão presentes no meu dia a dia, mesmo estando tão longe...

“Aquilo que é impenetrável para nós existe de fato. Por trás dos segredos da natureza há algo sutil, intangível e inexplicável. A veneração a essa força que está além de tudo o que podemos compreender é a minha religião”

Albert Einstein

Sumário

Resumo.....	19
Abstract	19
1. Introdução.....	21
2. Revisão de literatura.....	23
2.1. A fermentação ruminal.....	25
2.1.1. Temperatura e pH ruminais	25
2.1.2. Formação e presença de nitrogênio amoniacal no rúmen	29
2.1.3. Ácidos graxos voláteis	31
2.2. Algumas características do milho como alimento	33
2.2.1. Estrutura anatômica e composição química do grão de milho	35
2.2.2. O amido presente no milho	39
2.3. O processo de expansão e seus efeitos sobre o valor nutricional dos grãos.....	43
2.3.1. A expansão do milho	47
2.4. O estresse térmico e suas consequências na produção animal	49
2.4.1. Efeito do estresse calórico sobre o consumo voluntário	51
3. Material e métodos.....	53
3.1. Local.....	53
3.2. Câmara climática	55
3.3. Animais	55
3.4. Tratamentos	57
3.5. Manejo nutricional	57
3.6. Ambientes e variáveis climáticas.....	57
3.7. Consumo e digestibilidade aparente	59
3.8. Avaliação dos parâmetros ruminais	61
3.9. Obtenção dos parâmetros clínicos	61
3.10. Avaliação da taxa de sudção	63
3.11. Avaliação dos parâmetros sanguíneos	65
3.12. Análises laboratoriais	67
3.13. Análise estatística.....	67
4. Resultados e discussão	71
4.1. Composição centesimal e bromatológica das dietas.....	71
4.2. Consumo e digestibilidade	75

4.2.1. Consumo médio diário nas frações analisadas por unidade de tamanho metabólico	75
4.2.2. Coeficientes de digestibilidade das frações analisadas	83
4.2.3. Consumo de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável e coeficiente de digestibilidade.....	87
4.3. Balanço hídrico	91
4.4. Balanço de nitrogênio	95
4.5. Parâmetros ruminais.....	97
4.5.1. Valores de pH.....	97
4.5.2. Nitrogênio amoniacal.....	103
4.5.3. Ácidos graxos voláteis	109
4.6. Parâmetros clínicos das ovelhas	115
4.6.1. Frequência cardíaca das ovelhas.....	115
4.6.2. Frequência respiratória das ovelhas	117
4.6.3. Movimento ruminal das ovelhas.....	121
4.6.4. Parâmetros glicêmicos	123
4.6.5. Temperatura retal das ovelhas	127
4.6.6. Taxa de sudorese.....	129
4.6.7. Temperaturas cutâneas	131
5. Considerações Finais.....	135
6. Referências bibliográficas	135

Lista de Tabelas

Tabela 1. Influencia da relação volumoso :concentrado sobre as proporções molares de AGV's em %	31
Tabela 2. Estimativa de consumo de milho em grãos no Brasil no ano de 2001	35
Tabela 3. Composição bromatológica do milho grão	37
Tabela 4. Percentagem do constituinte total indicado nas estruturas físicas específicas do grão de milho	39
Tabela 5. Composição Bromatológica dos ingredientes das dietas em base de matéria seca ..	71
Tabela 6. Composição centesimal e bromatológica das dietas experimentais	73
Tabela 7. Composição centesimal do sal mineral comercial Vacca Phos Ovinos Vaccinar®	73
Tabela 8. Temperatura ambiente, máxima e mínima, Umidade Relativa do ar ambiente, máxima e mínima, e temperatura em termômetro de mercúrio em bulbo seco e úmido, e umidade relativa do ar, dentro e fora da câmara climática.....	75
Tabela 9. Consumo de matéria seca (CMS) em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CMSPV), em gramas/kg ^{0,75} (CMSPM), consumo de matéria orgânica (CMO), em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CMOPV), em gramas/ kg ^{0,75} (CMOPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	77
Tabela 10. Consumo de proteína bruta (CPB) em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CPBPV), em gramas/kg ^{0,75} (CPBPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	79
Tabela 11. Consumo de FDN (CFDN) em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CFDNPV), em gramas/kg ^{0,75} (CFDNPM), consumo de FDA (CFDA), em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CFDAPV), em gramas/kg ^{0,75} (CFDAPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	81
Tabela 12. Médias dos consumos de matéria seca digestível (CMSD), matéria orgânica digestível (CMOD), proteína bruta digestível (CPBD), fibra em detergente neutro digestível (CFDND), fibra em detergente ácido digestível (CFDAD) em gramas por dia, e do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (DIGMS), da matéria orgânica (DMO), de proteína bruta (DIGPB), da fibra em detergente neutro (DIGFDN) e da fibra em detergente ácido (DIGFDA) em percentagem, em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	85
Tabela 13. Consumo de energia bruta (CEB) em Kcal/dia e em Kcal/Kg ^{0,75} (CEBPM), consumo de energia digestível (CED), em em Kcal/dia, digestibilidade da energia bruta (DIGEB) em %, Consumo de energia metabolizável (CEM) em Kcal/dia e em Kcal/Kg ^{0,75} (CEMPM) , em função da condição ambiental e das rações utilizadas	89
Tabela 14. Consumo de água (CH ₂ O) em L/dia, em g/kg ^{0,75} (CH ₂ OPM), relação entre consumo de água e ingestão de matéria seca (CH ₂ O/MSI)em L/Kg, excreção de urina em L, taxa de sudoreção em g/d, retenção de água em L/dia (RH ₂ O), consumo de sal (Csal) em g, e relação entre consumo de sal e ingestão de água (Csal/CH ₂ O), em g/L, em função da condição ambiental e das rações utilizadas	93
Tabela 15. Níveis de Nitrogênio ingerido (NIng; g/dia), Nitrogênio Fecal (NFecal; g/dia), Nitrogênio Urinário (NURin; g/dia), e Nitrogênio Retido (NRet; g/dia) e Balanço de Nitrogênio (BN; %) em função da condição ambiental e das rações utilizadas	95
Tabela 16. Valores de pH do líquido ruminal de ovinos submetidos às temperaturas ambientais e rações.....	99
Tabela 17. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal em função das diferentes inclusões de milho expandido na dieta.....	105

Tabela 18. Concentrações médias de N-NH ₃ (mg/100mL) no líquido ruminal em função das diferentes inclusões de milho expandido na dieta, dos ambientes térmicos e dos seis tempos de coleta.....	107
Tabela 19. Concentração de ácidos graxos voláteis totais, ácido acético, propiônico e butírico, e, mM/100mL de líquido ruminal e em porcentagem, em função dos tempos de coleta.....	111
Tabela 20. Concentração de ácidos graxos voláteis totais, ácido acético, propiônico e butírico, e, mM/100mL de líquido ruminal, em função dos tempos de coleta e ambientes térmicos.....	113
Tabela 21. Concentração de ácidos graxos voláteis totais, ácido acético, propiônico e butírico, em mM/100mL de líquido ruminal, em função das dietas experimentais.....	113
Tabela 22. Frequência cardíaca, em batimentos por minuto (bpm), dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	117
Tabela 23. Frequência respiratória, em movimentos por minuto (mpm), dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas	119
Tabela 24. Movimento ruminal (movimento a cada 3 minutos) dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	121
Tabela 25. Parâmetros glicêmicos (mg/dL) coletados em cinco tempos distintos em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	125
Tabela 26. Temperatura retal dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas	127
Tabela 27. Taxa de Sudação (g.m ⁻² .h ⁻¹) dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas.....	129
Tabela 28. Médias das temperaturas cutâneas da frente (TCF), cernelha (TCC), Jarrete (TCJ) e Virilha (TCV) em graus Celsius, em função da condição ambiental e das rações utilizadas	133

Lista de Figuras

Figura 1 Anatomia do grão de milho e suas partes.....	37
---	----

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Valores de pH do líquido ruminal em função do tempo.....	99
Gráfico 2. Valores pH do líquido ruminal em função do tempo, em ambientes de conforto e estresse	103
Gráfico 3. N-NH ₃ produzido em função dos tempos de coleta	105
Gráfico 4. Níveis de N-NH ₃ no líquido ruminal em função das dietas experimentais	109

EFEITO DO ESTRESSE CALÓRICO E DO MILHO EXPANDIDO EM PARAMETROS DIGESTIVOS E FISIOLÓGICOS EM OVINOS

Resumo

O processamento térmico em cereais vem se tornando a cada dia uma alternativa para otimizar a utilização de grãos na alimentação animal. A expansão do milho melhora as suas propriedades químicas, uma vez que a gelatinização do amido aumenta a degradabilidade do grânulo pelos microrganismos do rúmen, aumentando seu teor energético. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a fermentação ruminal, consumo e digestibilidade aparente e respostas fisiológicas em animais submetidos a diferentes inclusões de milho expandido em substituição ao milho normal (0, 33, 66 e 100%), verificando o melhor nível de inclusão para maior eficiência de utilização do teor energético da dieta, sob duas condições de temperatura ambiente (conforto e estresse calórico). O emprego de milho expandido alterou positivamente o consumo da porção fibrosa das dietas e de sal mineralizado, não influenciando o balanço hídrico e balanço de nitrogênio dos animais. As concentrações de nitrogênio amoniacal e de ácido butírico declinaram com o aumento de milho expandido nas rações. Os ambientes térmicos influenciaram em todos os parâmetros avaliados, demonstrando menores valores durante o período de estresse exceto para digestibilidade dos nutrientes.

Palavras-Chave: estresse térmico, fermentação ruminal, gelatinização do amido, ovelhas

EFFECT OF HEAT STRESS AND EXPANDED CORN IN DIGESTIVE AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN SHEEP

Abstract

Heat treatment of cereal is becoming an alternative to optimize the use of grains in animal feed. The expansion of corn improves chemical properties, once the starch gelatinization increases the granule degradability by rumen microorganisms, increasing your energy content. This study aimed to evaluate intake and digestibility, ruminal fermentation and physiological responses in animals subjected to different inclusions of expanded corn replacing the corn meal (0, 33, 66 and 100%), under two temperature (comfort and heat stress), checking the best level of inclusion for efficient utilization of the energy content of the diet. The diets affected positively the intake of the fibrous portion of the diets and mineral supplement, but didn't influence the water balance and nitrogen balance of the animals. The concentrations of ammonia and butyric acid declined with the increase of expanded corn. Thermal environments have influenced all parameters.

Keywords: heat stress, sheep, starch gelatinization, ruminal fermentation

1. Introdução

O milho é principal cereal que compõe a dieta dos animais de produção, sendo uma das plantas comerciais de maior importância na cadeia do setor produtivo, devido as suas características vegetativas, propriedades energéticas, difusão sobre grande extensão do território brasileiro, além de suas diversas formas de utilização, indo desde alimentação animal até processos e produtos industriais, apresentado de forma direta um reflexo sócio-econômico de grande impacto, tanto para a agricultura familiar quanto para todo setor produtivo.

De acordo com dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a produção nacional do milho, em 2009, foi de aproximadamente 51,3 milhões de toneladas, ocupando cerca de 15 milhões de hectares e com média produtiva de $3.475\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, representando cerca de 38,1% do total de cereais produzidos naquele ano.

Outro aspecto importante a ser assinalado, é que o grão destaca-se no cenário internacional, se constituindo numa relevante *commodity*. Além do crescente aumento da população mundial e dos setores industriais e agropecuários, o comércio mundial do produto poderá ser intensificado nos próximos anos, tendo-se em vista que os Estados Unidos da América, grande produtor e exportador do cereal, utiliza o milho para a produção de etanol, em larga escala. Tais fatos levam ao questionamento da utilização do milho na alimentação animal, fazendo com que se busquem substitutos ou até mesmo técnicas que melhorem a sua eficiência na utilização em animais de produção.

Uma das alternativas viáveis encontradas pelos sistemas de produção é a utilização de técnicas de processamento térmico, que visam melhorar a qualidade e o aproveitamento do alimento pelo animal. Dentre tais processamentos se encontra a técnica de expansão. A expansão de grãos melhora a eficiência de utilização do cereal, aumentando a qualidade, degradabilidade, digestibilidade e consequentemente, a absorção do mesmo, podendo assim diminuir seus níveis de inclusão na dieta.

O tratamento térmico por expansão desfaz os grânulos de amido, processo também conhecido como gelatinização, aumentando a sua superfície de contato. Este desarranjo que ocorre entre os constituintes do grânulo disponibiliza melhor os seus nutrientes, liberando maior quantidade de energia ao animal e facilitando a ação de microrganismos do rúmen e enzimas digestivas durante todo o processo de digestão do alimento.

Os efeitos das variáveis de meio ambiente sobre a produção animal são conhecidos e relatados por vasta literatura, em especial em estudos sobre a influência dos elementos climáticos na produção animal de forma direta ou indiretamente. Poucos são os trabalhos avaliando condições de caprinos e ovinos sob adversidade climática, talvez pelo fato de o maior contingente mundial dessa espécie se encontrar no mundo tropical, coincidindo com a maior quantidade de países de economia periférica. Convém ressaltar que mesmo não se tendo extenso volume de estudos específicos para caprinos e ovinos, é de se inferir que a grande maioria dos comportamentos siga o que se observa com outras espécies homeotérmicas, mudando mais no que se refere à intensidade de respostas frente aos vários agentes estressores climáticos.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas na fermentação ruminal, consumo e digestibilidade aparente em animais submetidos a diferentes inclusões de milho expandido na dieta, verificando o melhor nível de inclusão para maior eficiência de utilização do teor energético da dieta, sob duas condições de temperatura ambiente (conforto e estresse calórico.).

2. Revisão de literatura

A produtividade dos ruminantes depende da composição de dietas que possam ser digeridas, absorvidas e utilizadas pelos tecidos da melhor forma possível. A eficiência com que os ruminantes utilizam a energia para a manutenção e produção varia de acordo com o consumo, composição química e estado físico dos alimentos e do adequado balanço entre os nutrientes presentes nas dietas (Rodrigues, 2002).

Os carboidratos constituem a mais importante fonte de energia para os microrganismos do rúmen e sua ação vai depender de sua origem. O uso de forragens como principal alimento para ruminantes é baseado na digestão microbiana dos carboidratos fibrosos, tais como celulose e as hemiceluloses, sendo que carboidratos não fibrosos, em especial o amido, a maior fonte de energia das dietas de ruminantes de alta produção (Rodrigues, 2002).

Os concentrados por sua vez, contêm grande quantidade de amido, que é exposta inicialmente à fermentação microbiana no rúmen produzindo ácidos graxos voláteis e em seguida a digestão enzimática no intestino produzindo glicose, caso haja passagem desse carboidrato para o segmento pós ruminal (Waldo, 1973; Philippeau et al., 1999).

2.1. A fermentação ruminal

A fermentação ruminal nada mais é do que o resultado da atividade física e microbiológica, que converte os componentes dietéticos em ácidos graxos voláteis, proteína microbiana, vitaminas K e do complexo B, metano, dióxido de carbono, amônia, nitrato, dentre outros subprodutos (Owens e Goetsch, 1993). A sua caracterização pode ser dada de formas distintas, através da quantidade de matéria orgânica fermentada, pelas concentrações relativas dos produtos da fermentação e pela quantidade e eficiência da síntese de proteína microbiana (Nagajara et al., 1997).

O sincronismo e a dinâmica com que a fermentação ocorre no organismo dos ruminantes é resultado de diversos fatores simbióticos entre microrganismos presentes no rúmen, tais como bactérias, protozoários e fungos, e seu hospedeiro (Church, 1988).

A manutenção de uma população microbiana ruminal ativa depende de algumas características ruminais que são mantidas pelo animal hospedeiro, como o suprimento de alimento mastigado ou ruminado, a remoção de produtos de fermentação, a adição de tamponantes e nutrientes via saliva, a remoção de resíduos indigestíveis do alimento e a manutenção do pH, temperatura, anaerobiose e umidade ideais para o crescimento microbiano (Valadares Filho e Pina, 2006).

Segundo Bergman et al. (1990), os produtos finais da fermentação são parcialmente determinados pela natureza da dieta, que pode mudar a atividade metabólica dos microrganismos, promovendo novos ou diferentes substratos que influenciam a quantidade e natureza desses produtos. Mackie e White (1990) acrescentaram ainda que a qualidade e a quantidade dos produtos da fermentação dependem diretamente do tipo e da motilidade dos microrganismos presentes no rúmen.

De acordo com Van Soest (1994), deve-se incluir na avaliação de um alimento para ruminantes, o padrão de fermentação ruminal, o que seria um indicativo do potencial do alimento em questão para promover melhores desempenhos.

2.1.1. Temperatura e pH ruminais

O ambiente ruminal possui uma faixa de temperatura de 38-40°C, mantida relativamente constante pelos mecanismos homeostáticos do hospedeiro, auxiliando na manutenção microbiana ativa. Assim como a temperatura, o pH ruminal tem grande

influência na fermentação ruminal, havendo correlação entre as duas variáveis. Baixas temperaturas ocasionam em oscilação do pH ruminal, diminuição da motilidade dos microrganismos e conseqüentemente diminuição da eficiência de degradação e fermentação do alimento (Kozloski, 2002).

O pH ruminal é a consequência do balanço entre a fermentação ruminal e a produção de ácidos, da entrada de tamponantes, especialmente o bicarbonato de sódio, que chega no rúmen através da saliva e a absorção dos ácidos graxos voláteis pelo organismo. O pH relaciona-se diretamente com a taxa de crescimento dos microrganismos ruminais. Baixos valores de pH, causado pela rápida fermentação de uma maior porção concentrada na dieta, inibem a eficiência de degradação e crescimento de bactérias no rúmen, bem como absorção de ácidos através do epitélio do rúmen, levando o animal a um quadro de acidose ruminal. Em contrapartida, dietas com maiores porções volumosas tendem a obter maiores valores de pH, devido à lenta degradação do alimento somada a uma maior salivagem, ocasionada pelo maior tempo de mastigação do alimento, permitindo assim um perfeito sincronismo entre produção e absorção de ácidos no rúmen (Church, 1988).

Para manutenção dos microrganismos do rúmen, faz-se necessário uma faixa ideal de pH para seu crescimento pleno, variando entre 5,4 a 7,2, sendo que valores abaixo de pH 6,0 podem inibir a ação de bactérias celulolíticas, diminuindo a eficiência de síntese proteínica microbiana, como demonstrado por Strobel e Russel (1986).

Segundo Ørskov (1986), a redução do pH ruminal ocorre após a ingestão de alimentos pelo animal, principalmente quando há presença de carboidratos de rápida fermentação em virtude de elevadas taxas de degradação, atingindo seu menor valor entre 0,5 e 4 horas após a alimentação. O pH do fluido ruminal pode variar de 6,2 a 7,0, para dietas constituídas exclusivamente de volumosos, podendo chegar em torno de pH 5,0 em dietas ricas em concentrado.

O nível de consumo, o tempo pós prandial e a natureza da dieta oferecida aos ruminantes tem efeito direto sobre o pH ruminal (Van Soest, 1994), que deve permanecer em torno de 6,5 para promover maior eficiência na fermentação da dieta (Church, 1988).

2.1.2. Formação e presença de nitrogênio amoniacal no rúmen

A determinação das concentrações de amônia permite o conhecimento do desbalanceamento na digestão de proteína, uma vez que altas concentrações de amônia podem estar relacionadas a um excesso de proteína dietética degradada e/ou, uma baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen.

O teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) no líquido ruminal é consequência do equilíbrio entre sua produção e sua utilização pelos microrganismos, ambas advindas da degradação do alimento e da síntese microbiana, sendo esta última dependente da quantidade de energia disponível. Além disto, parte desta amônia é absorvida através do epitélio ruminal e em quantidades proporcionais à sua concentração (Borges, 1997).

As mais importantes fontes de nitrogênio para os microrganismos presentes no rúmen normalmente são oriundas das proteínas da dieta e do nitrogênio não protéico. A degradação do alimento no rúmen ocasiona na liberação de nitrogênio e energia, dos quais ambos são utilizados para manutenção e síntese de proteína microbiana (Ørskov, 1986).

Vários fatores afetam a síntese de proteína microbiana no rúmen dentre eles o teor e a fonte de N e de carboidratos na dieta, a taxa de diluição ruminal, a frequência de alimentação, o consumo de alimento, a relação volumoso:concentrado, o pH, o teor de amônia e o teor de minerais como P, S e Mg na dieta (Stern e Hoover, 1979; Sniffen e Robinson, 1987; Durand e Komisarczuk, 1988).

Segundo Nagaraja et al. (1997), tanto o pH ruminal quanto as concentrações de amônia são ferramentas importantes para o entendimento da eficiência de utilização dos alimentos, através do fornecimento de informações a respeito dos processos fermentativos.

Mudanças bruscas no pH ruminal podem cessar a atividade microbiana, diminuindo os níveis de nitrogênio amoniacal, limitando a fermentação e, conseqüentemente, a produção de ácidos graxos voláteis (Franco et al., 2004).

Satter e Slyter (1974) estabeleceram que 2 a 5 mg de $N-NH_3$ /100 mL fluido ruminal seria o mínimo ideal para a ocorrência de máxima fermentação microbiana.

Embora as concentrações médias de amônia encontradas para otimizar o crescimento microbiano e a digestão da fibra sejam 3,3 e 8,0 mg/dL, respectivamente, considerável variabilidade é associada a cada valor (Hoover, 1986), uma vez que altas concentrações de

amônia podem ser necessárias para sustentar máximas taxas de digestão de alimentos rapidamente degradáveis (Hespell e Bryant, 1979).

Para carboidratos de rápida degradação no rúmen não há uma faixa de N-NH₃ específica, sendo sua reduzida concentração em relação ao aumento de concentrado na dieta justificada pelo melhor sincronismo entre energia e nitrogênio, ambas disponíveis no rúmen, possibilitando uma maior eficiência de utilização da amônia para a síntese microbiana (Carvalho et al., 1997).

2.1.3. Ácidos graxos voláteis

Os ácidos graxos voláteis (AGV's) são ácidos graxos de cadeia curta oriundos do metabolismo microbiano mediante padrão fermentativo específico, suprimindo cerca de 70 % das exigências energéticas dos ruminantes e sendo absorvidos continuamente no rúmen por difusão passiva pelo epitélio ruminal (Church, 1988). Convencionou-se então, chamar de AGV's, as concentrações de ácido acético, propiônico e butírico, uma vez que os demais ácidos graxos de cadeia curta, normalmente presentes no líquido ruminal isobutírico, 2-metil-butírico, valérico, isovalérico e caprílico, são representados em proporções de grandeza não significativa .

Apesar das grandes oscilações na população microbiana e das diferenças nos consumos de alimentos, as proporções entre AGV's no rúmen se mantem estáveis com valores geralmente entre 65:25:10 a 50:40:10 moles de acetato:propionato:butirato (Tabela 1), variando de acordo com o tipo de alimento e o perfil da fermentação ruminal.

Tabela 1. Influencia da relação volumoso :concentrado sobre as proporções molares de AGV's em %

Relação volumoso:concentrado	Proporções Molares		
	Acetato	Propionato	Butirato
100:0	71,4	16,0	7,9
75:25	68,2	18,1	8,0
50:50	65,3	18,4	10,4
40:60	59,8	25,9	10,2
20:80	53,6	30,6	10,7

Fonte: Adaptado de Church 1993

Maiores concentrações de propionato e butirato são encontrados em dietas com maiores proporções de concentrado, com alta quantidade de carboidratos rapidamente degradáveis,

enquanto maiores concentrações de acetato são encontrados em dietas com maiores proporções de volumoso (Berchielli et. al, 2006).

Os mecanismos moleculares de absorção dos AGV's ainda não são bem explícitos, havendo contradições quanto a absorção em diversas condições de meio. As concentrações no rúmen precisam estar em equilíbrio entre a taxa de produção e absorção do AGV, assim como suas interconversões. Alterações nos níveis de pH ruminal podem acarretar em mudança do estado da molécula por conversão, de estado íon para o estado ácido. Quanto menor os valores de pH, maior a concentração de ácido acético, propiônico e butírico, e menor a concentração de acetato, propionato e butirato (Bergman, 1990).

2.2. Algumas características do milho como alimento

O milho (*Zea mays*), cereal originário da América Central e cultivado pela humanidade desde a era pré-colombiano, é o produto agrícola de maior abrangência nacional, sendo cultivado em mais de 5.319 municípios pertencentes ao território brasileiro. A cultura, considerada temporária, pode ser semeada de agosto a junho na maioria dos estados, utilizando ou não o artifício da irrigação, devido às condições climáticas do País. (Ministério da Agricultura..., 2006).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, indo desde a alimentação animal até o setor industrial tecnológico. O uso do milho na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, girando em torno de 70% em média na esfera mundial. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil (Tabela 2) varia de 60 a 80% (FAO, 2009; Ministério da Agricultura..., 2005)

A importância do milho ainda está relacionada à aspectos sociais, pois grande parte da produção nacional é advinda de agricultura familiar. Isto pode ser constatado pela quantidade de produtores que consomem o milho na propriedade, sendo constatado segundo dados do IBGE, como cerca de 59,84% dos estabelecimentos produtores de milho (Ministério da Agricultura..., 2009).

O crescimento do uso de milho em aplicações industriais e no consumo animal influi diretamente no contexto da produção deste cereal na esfera mundial. Nesse sentido, o milho passou a ser o cereal mais produzido no mundo, acompanhando a

demanda para alimentação animal, produtos e processos industriais, enquanto que os cereais basicamente usados para consumo humano continuam sendo o arroz e o trigo.

Tabela 2. Estimativa de consumo de milho em grãos no Brasil no ano de 2001

Utilização	Consumo	
	(1000t)	%
Avicultura	13.479	32,4
Suinocultura	8.587	20,7
Pecuária	2.772	6,7
Outros Animais	1.528	3,7
Sub-Total	26.366	63,5
Industrial	4.163	10,0
Consumo Humano	1.505	3,6
Perdas de Sementes	263	0,6
Exportação	5.629	13,6
Outros	3.615	8,7
Sub-Total	15173	36,5
Total	41.541	100

Fonte: Ministério da Agricultura... (2005)

Dentro da evolução mundial de produção de milho, o Brasil tem se destacado como terceiro maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. A produção mundial ficou em torno de 590 milhões de toneladas em 2009, enquanto que Estados Unidos, China e Brasil produziram aproximadamente 253 milhões de toneladas, 105 milhões de toneladas e 32,3 milhões de toneladas respectivamente (Ministério da Agricultura..., 2010).

2.2.1. Estrutura anatômica e composição química do grão de milho

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho, pesando em torno de 250 a 300mg, rico em energia, mas pobre em proteína, conforme composição bromatológica na Tabela 3.

Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta (Figura 1 e Tabela 4), as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão.

Tabela 3. Composição bromatológica do milho grão

Nutrientes	Milho
Matéria seca (%)	87,54
Proteína Bruta(%)	9,15
Nutrientes Digestíveis Totais (%)	85,12
Carboidratos Totais - CHOT (%)	84,90
Energia Bruta (cal/g)	3713,15
Extrato Etéreo (%)	3,97
Fibra em Detergente Neutro (%)	15,28
Fibra em Detergente Ácido (%)	3,78
Matéria Mineral (%)	1,50
Lignina (%)	1,66
Cálcio (%)	0,03
Fósforo (%)	0,26

Fonte: Adaptado de Valadares Filho, 2000

O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos. No endosperma estão também presentes as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, chamadas zeínas. Essas proteínas formam os corpos protéicos que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma (Paes, 2008).

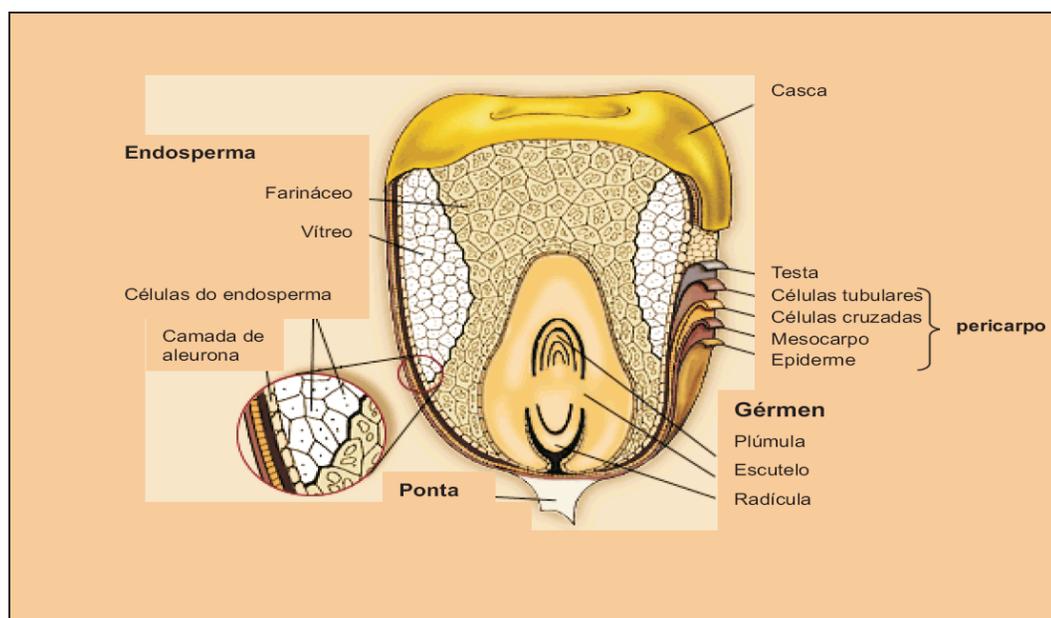


Figura 1 Anatomia do grão de milho e suas partes

Fonte: Ministério da Agricultura... (2006)

Tabela 4. Percentagem do constituinte total indicado nas estruturas físicas específicas do grão de milho

Fração	% grão	Matéria Seca (%)					
		Amido	Lipídeo	Proteína	Mineral	Açúcar	Fibra
Endosperma	82,0	98	15,4	74	17,9	28,9	
Gérmen	11,0	1,3	82,6	22,5	78,2	69,2	21,0
Pericarpo	5,0	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	63,0
Ponta	2,0	0,1	0,7	0,9	1,0	0,8	16,0

Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura... (2006)

Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado em dois tipos: farináceo e vítreo. No primeiro, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz protéica circundando essas estruturas, enquanto que no endosperma vítreo, a matriz protéica é densa, com corpos protéicos estruturados, que circundam os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre estas estruturas (Tosello, 1987).

No endosperma, especificamente, na camada de aleurona e no endosperma vítreo, estão presentes os carotenóides, substâncias lipídicas que conferem a cor aos grãos de milho. Zeaxantina, luteína, betacriptoxantina, alfa e beta carotenos são os principais carotenóides nos grãos de milho (Tosello, 1987).

O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E) (83%) e dos minerais (78%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26%) e açúcares (70%).

2.2.2. O amido presente no milho

O amido é um componente muito encontrado nos grãos de cereais, como o milho, o sorgo e a cevada, compondo até 80% da matéria seca total desses grãos. É um carboidrato polissacarídeo com estrutura semi-cristalina constituinte da reserva energética armazenada no interior do endosperma das células vegetais envolvida por uma matriz protéica muito forte (Rooney e Pflugfelder, 1986; Rostagno et al., 2000), composto basicamente por amilose e amilopectina na proporção de 10-20% e 80-90% respectivamente, variando valores de acordo com o cereal analisado (French, 1973; Rooney e Pflugfelder, 1986; Wang e McAllister, 2000).

A matriz protéica é um arcabouço protéico amorfo com função estrutural no grão, encontrado densamente no endosperma vítreo dos grãos dos cereais com fortes interações com os grânulos de amido, explicando a baixa digestibilidade dos mesmos no

ambiente ruminal (Van Soest, 1994).

A amilose, parte solúvel do amido, é um polímero de glicose com ligação α -1,4 em cadeia linear, presente em quantidade controlada geneticamente, aumentando com a maturidade da planta. A amilopectina, parte insolúvel do amido, também é um polímero de glicose que, além de apresentar ligações α -1,4 em cadeia linear, possui ligações α -1,6 nos pontos de inserção, tornando-se assim uma estrutura ramificada (Lehninger, 1998).

O amido organiza-se inicialmente em grânulos de pseudo-cristais, formados através do arranjo entre áreas organizadas e relativamente organizadas. As áreas organizadas, ou semicristalinas, são compostas por amilopectina, enquanto que as áreas relativamente organizadas, ou amorfas, são compostas por amilose (Asp et. al, 1996; Wang et.al, 1998).

Nos vegetais existem amidos com pequenos grânulos que têm aparência característica para cada planta. Devido à alta quantidade de pontes de hidrogênio na superfície, e pelo arranjo da matriz protéica, alguns grânulos são totalmente resistentes para se romper (Viana, 2004).

A digestão do amido dá-se inicialmente no rúmen e em menor proporção no intestino e ceco, sendo a digestão intestinal energeticamente mais eficiente que a digestão microbiana ruminal, por causa da digestão ácida do abomaso e ações de enzimas digestivas.

A digestibilidade do amido é afetada pela sua composição, estrutura física, grau de adaptação dos microrganismos, pelas interações com a proteína, pela sua integridade celular, pelos fatores antinutricionais (enzimas inibitórias, fitatos e taninos) e pela apresentação física do alimento (tamanho da partícula e processamento dos grãos), sendo geralmente inversamente proporcional ao conteúdo de amilose (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Chesson e Forsberg (1997) ponderaram que a extensão da digestão ruminal do amido, na prática, parece ser mais determinada pela natureza do material que circunda e protege o grânulo de amido do que a composição do amido propriamente dita. Assim, o acesso dos microrganismos ruminais aos grânulos são determinados pela taxa de degradação da parede celular, das células endospermáticas e principalmente pela matriz protéica.

As proporções da digestão de amido no rúmen, a taxa e a extensão da produção de ácidos graxos voláteis, e a circulação do amido pós-ruminal são variáveis influenciadas também pelo “status” fisiológico do animal, pelo tipo de grão, pelo genótipo da planta, pelas condições de germinação, pelos processamentos de grão envolvidos, pela composição da dieta e níveis de alimentação (Rodrigues, 2002).

A digestão ruminal e intestinal do amido não podem ser separadas completamente, uma vez que a pré-digestão no rúmen interfere na quantidade e na composição do amido que vai chegar ao intestino. Porém, essa pode ser manipulada pelo processamento dos grãos e estratégia de alimentação, como demonstrado por Galyean et al. (1976) em trabalho avaliando a digestão ruminal do grão de milho moído e do milho floculado, obtendo valores em torno de 78,1% e 95,7% respectivamente.

2.3. O processo de expansão e seus efeitos sobre o valor nutricional dos grãos

O processamento térmico de expansão dos alimentos teve início na década de 80, no norte da Europa, quando se pretendia descobrir uma técnica que aumentasse a qualidade e durabilidade dos *pellets*. Os pioneiros a utilizar e padronizar encontravam-se na Dinamarca, Alemanha e Reino Unido, e deram atenção especial à técnica, já que ela era relativamente mais barata que a extrusão e consideravelmente mais eficiente em relação à mesma, que não se justificava na alimentação animal pelos altos custos de produção. Em 1993, a América do Norte começou a se interessar pela tecnologia de expansão para melhorar a qualidade dos alimentos para as criações de aves e suínos (Fancher et al, 1996).

A expansão é um típico processo *High Temperature, Short Time* (HTST) baseada na exposição da massa alimentícia a alta temperatura e pressão, de 90°C a 120°C e 5atm, através da transferência da energia mecânica para energia térmica em um período de 15 a 20 segundos, aumentando a densidade e a porosidade do alimento (Peisker, 1992; Heidenreich, 1994; e Fancher et al, 1996).

O processo se dá através de um equipamento denominado *expander*, que consistem em um tubo de paredes grossas com uma rosca sem fim e válvulas de injeção de vapor, que misturam e amassam a massa alimentícia. Os movimentos da rosca sem fim e o vapor injetado elevam a densidade da massa alimentícia, empurrando os alimentos para uma válvula anular que expõem os alimentos a uma mudança brusca de pressão (Borges, 2000).

Sendo assim, ao final do processo os alimentos expostos à elevada temperatura e pressão são expostos instantaneamente à pressão atmosférica, resultando no rompimento das paredes celulares dos alimentos por descompressão (Mendes, 2002; Mendes et. al., 2004)

A tecnologia de expansão está disponível para as fábricas de ração há aproximadamente 20 anos. Durante este tempo, os fabricantes de ração têm utilizado os

expansores unicamente como pré-tratamento dos alimentos (supercondicionadores) capazes de aumentar a capacidade peletizadora, melhorar a durabilidade dos *pellets*, aumentar a gelatinização do amido, adicionar mais líquido e gorduras às rações, utilizar matérias-primas mais baratas, destruir fatores anti-nutricionais e microrganismos patogênicos (Lauridsen et al., 1995).

A aplicação do *expander* como condicionador de pressão é interessante porque reduz a abrasão dos *pellets*, aumenta a disponibilidade de energia específica, reduz a umidade do material e prolongando o tempo de vida dos *pellets* (Gill, 1993; Scott et al., 1997). Grãos expandidos na forma de farelo apresentam uma aparência de partículas infladas aglomeradas e ligeiramente pegajosas, apresentando aproximadamente 3,5 a 4 % de umidade (Aguilar, 2004).

A expansão apresenta dois pontos positivos quanto ao aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos animais. Além de eliminar fatores antinutricionais termolábeis, provoca a ruptura de sua parede celular, liberando a proteína complexada ou enclausurada, responsável pelo baixo aproveitamento protéico. Entretanto, pode teoricamente provocar reação de Maillard e desnaturação protéica pelo excesso de calor (Heidenreich, 1994), levando à perda da função biológica (Lehninger, 1998).

Segundo Fancher et al. (1996), as indústrias de alimentos têm inúmeros motivos para utilizar o processo de expansão, já que este apresenta algumas vantagens a serem consideradas. As temperaturas em torno de 115-125°C, que são obtidas durante o processo de expansão, permitem obtenção de uma maior taxa de descontaminação bacteriológica, e conseqüentemente, a melhora da higiene do alimento, o que é extremamente positivo para a prevenção de salmonelose. A durabilidade dos “pellets” é expressa como porcentagem de *pellets* intactos após serem submetidos a um procedimento padrão de durabilidade (PD), girando em torno de 60%, enquanto que a expansão dos alimentos melhora tanto a homogeneização da mistura quanto a PD, apresentando níveis de até 99%.

A flexibilidade na formulação das dietas é melhorada quando utiliza-se alimentos expandidos, permitindo que alimentos como gordura, óleo e grão de cereais, sejam incluídos na mistura de alimentos sem que isso promova um impacto negativo sobre o PD. O processo de expansão aumenta a quantidade da passagem no rúmen de proteínas protegidas, e o uso da expansão permite uma considerável manipulação do volume, densidade e do tamanho da partícula dos alimentos (Viana, 2004).

Recentemente, diversos fabricantes passaram a utilizar os *expanders* como único equipamento de processamento térmico para produzir produtos finais chamados de

“expandidos” ou “ração expandida” (Eltner, 1996; Israelsen et. al., 1996; Heidenreich, 1998).

A expansão é considerada como ferramenta para o desenvolvimento em novas áreas de combinação dos produtos alimentares. Este processo não apresenta somente vantagens econômicas, mas também um grande potencial de lucro devido a flexibilidade deste processo na produção de diferentes produtos, segundo as exigências do consumidor (Gilbert, 1998).

2.3.1. A expansão do milho

A expansão dos grãos de milho promove a solubilização parcial do amido, nos quais ocorre a ruptura do grânulo e a alteração irreversível na estrutura cristalina da molécula (French, 1973; Wang et.al., 1998).

Esse processo é denominado gelatinização, ocorrendo inicialmente nas partes amorfas e progredindo até as regiões cristalinas. A gelatinização fraciona a matriz protéica, rompendo a parede celular e quebrando as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, permitindo a entrada de água no grânulo, expandindo-o e expulsando parte da amilose. Isso torna o grânulo de amido mais susceptível à degradação microbiana, através do maior acesso e disponibilidade para os microrganismos às pontas reductoras das moléculas de amilose e amilopectina, e à ação enzimática, aumentando a digestibilidade do alimento e conseqüentemente resultando em maior disponibilidade de energia metabolizável para o animal (Rooney e Pflugfelder, 1986; Holm et al., 1988; Leeson e Summers, 1997; Selmi et al., 2000; Hoover, 2001).

Segundo Chesson e Forsberg (1997), a penetração de água e das enzimas é mais rápida nas regiões amorfas dos grânulos onde, provavelmente, ocorre o início da rápida mobilização de todo o grânulo de amido pelas enzimas amilolíticas. Essas enzimas provenientes da saliva e do pâncreas hidrolisam as ligações α -1,4 da amilose e amilopectina, mas não hidrolisam as ligações α -1,6 dos pontos de ramificações, sendo necessária a presença da glicosidase para hidrolisar estas ligações (Rodrigues, 2002).

A taxa de degradação ruminal do amido é aumentada após a utilização da expansão, porém a degradação da proteína no rúmen diminui, aumentando assim a proteína sobrepassante. Este fato é apontado Weurding et al. (1998) como uma possível perda da função biológica da mesma durante o processo térmico envolvido.

O local de digestão do amido é um fator que pode ser manipulado. Segundo Ørskov (1986), 40% do amido presente no milho pode escapar da fermentação ruminal, sendo que, quando há tratamento do alimento antes de ser ingerido pelo animal, em geral o amido é preferencialmente fermentado no rúmen.

A taxa e a extensão dessa digestão pode afetar a composição da produção de ácidos graxos voláteis pela fermentação microbiana, a eficiência da utilização deste amido e a conversão alimentar pelos ruminantes (Nocek et al., 1991, Philippeau et al., 1998).

Para suínos, a gelatinização parcial (35-50% do amido da ração) rende melhores resultados do que 100% de gelatinização. Para aves e ruminantes ainda não foi verificada essa correlação entre gelatinização do amido e sua digestibilidade, porém, observa-se aumento considerável da energia digestível do milho expandido quando comparado com milho moído na alimentação de ruminantes (Rodrigues, 2002; Aguilar, 2004).

Em geral, o uso de alimentos expandidos tem obtido resultados sugestivos de aumento da digestibilidade dos alimentos; entretanto, mais investigações são necessárias para substanciar esta reivindicação.

2.4. O estresse térmico e suas consequências na produção animal

De acordo com Silva (2000), estresse térmico é a força exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, causando-lhe reações fisiológicas proporcionais à intensidade da força aplicada e à capacidade do organismo de compensar os desvios causados por tal força.

Dentre todos os fatores climáticos, a temperatura do ar é o elemento que mais impõe alterações fisiológicas, metabólicas e comportamentais (Hafez, 1973; McDowell, 1974; Borges et al., 2007), podendo ser intensificado pela alta umidade, radiação térmica e baixa movimentação do ar (Morrison, 1983).

Os animais domésticos, em sua maioria, dispõem de dois mecanismos fisiológicos essenciais para manter sua condição de homeotermia, tanto nas regiões frias, como nas quentes, consubstanciados na produção de calor (termogênese) e sua dissipação (termólise), através de dispositivos anatomorfofisiológicos peculiares. O adequado balanço entre produção de calor corporal e eliminação do calor corporal resulta na

adaptação da máquina-animal, tanto no sentido termorregulador, como nas suas possibilidades pecuárias (Silva, 2000)

O ambiente térmico tem influência direta na quantidade de calor liberada pelos homeotérmicos. Segundo Fuquay (1981), a temperatura de conforto para a maioria das espécies está em torno de 24° e 27°C, sendo dependente do grau de aclimação, nível de produção, estado de prenhez, movimento do ar e umidade relativa. Sabendo que o animal produz calor transformando a energia química dos alimentos em carne, leite, ovos ou trabalho, conclui-se que se seu balanço de energia for afetado, isso poderá refletir diretamente no crescimento, na produção e na saúde dos animais (Pitarello, 1994).

2.4.1. Efeito do estresse calórico sobre o consumo voluntário

Um dos recursos mais efetivos para controle da produção de calor pelos animais homeotérmicos nas zonas quentes é o consumo quantitativo e qualitativo voluntário de alimentos, por dia e em relação ao peso vivo.

O consumo de alimento é controlado por três principais mecanismos fisiológicos: capacidade de ingestão no trato digestivo, densidade energética de nutrientes no sangue e estresse calórico (Bridges et al., 1992), sendo feita através de ingestão voluntária de alimento.

O estresse calórico resultante das diferentes combinações de condições ambientais, que causam uma temperatura efetiva do ambiente maior que a zona termoneutra para os animais, levará os mesmos a acionarem mecanismos de defesa com o objetivo de manter a homeostase (Silva, 2000). Segundo Collier e Beede (1985) sob temperaturas elevadas, os animais reduzem o consumo de alimento, na tentativa de diminuir a taxa metabólica, reduzindo a temperatura corporal. Afirmam ainda que, a redução do consumo seria consequência da ação inibidora do calor sobre o centro do apetite, devido ao aumento da frequência respiratória e redução na atividade do trato gastrointestinal, reduzindo a taxa de passagem do alimento pelo rúmen.

Sendo assim, animais em estresse térmico por calor, tendem a diminuir o consumo de alimento, dando preferência a alimentos menos fibrosos, com maior taxa de passagem pelo organismo. A intensidade da redução é relacionada diretamente com o nível de estresse. Quanto maior o estresse calórico, menor a ingestão de alimento e

consequentemente menor dissipação de incremento calórico advindo do metabolismo de digestão e/ou fermentação do alimento (Church *et. al.*, 1972; McDowell, 1974).

Em temperaturas ambientais acima de 25°C, o grande incremento calórico proporcionado por dietas contendo alto nível de volumoso, pode prejudicar a eficiência de utilização deste alimento, quando comparado às dietas com nível maior de concentrado. A magnitude desta diferença é suficiente para justificar a consideração da temperatura ambiente na formulação de rações para ruminantes (Moose *et. al.*, 1969).

Estudando o efeito de quatro faixas de temperatura em ovinos, em câmara climática, Huertas et al. (1974) concluíram que a elevação da temperatura ambiente reduziu linearmente os consumos de matéria seca, de proteína digestível e de energia digestível, aumentando linearmente o consumo de água por unidade de matéria seca.

Vários fatores influenciam o consumo de água durante o estresse calórico por ovinos, tais como o nível de consumo de alimentos, a forma física da dieta, estado fisiológico do animal, espécie e raça, acessibilidade, qualidade e temperatura da água (NRC, 1985).

Com o aumento da taxa de evaporação no organismo, a água procede do sangue, o qual deve ser repostado por diversas fontes, como o estômago, intestino, fluídos intersticiais, fezes e, provavelmente, da oxidação de alguns carboidratos, gorduras ou proteínas armazenadas. Após a extração da água destas fontes, ocorrem reações através do sangue ou por meio de impulsos nervosos, sobre o centro regulador da sede, para criar um desejo de beber, para assim repor os níveis normais de água orgânica (McDowell, 1974).

Temperaturas corporais excessivas originam efeitos prejudiciais sobre distintos processos fisiológicos, principalmente os metabólicos. Aumento de temperatura corporal de 0,5°C ou superior reduz o consumo de alimento, aumenta a taxa respiratória e a temperatura retal. Este incremento na temperatura orgânica visa favorecer as perdas de calor por condução (McDowell, 1974).

3. Material e métodos

3.1. Local

O ensaio experimental foi conduzido em uma câmara climática, localizada nas dependências do Laboratório de Calorimetria e Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, em

Belo Horizonte, entre os meses de Agosto e Outubro de 2010, sob o nº de protocolo 70/2008 do Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA/UFMG).

3.2. Câmara climática

A câmara climática consiste em uma sala adiabática de 25m² de área, revestida por placas de isopor envolvido por chapa de aço inoxidável de 20cm de espessura em suas seis faces (paredes, teto, piso revestido por concreto e porta de mesmo material), sem janelas, com apenas um duto de entrada e de saída de ar, por onde ocorre a renovação do ar da sala através de insuflação e diferença de pressão.

O controle de temperatura, umidade e ventilação e/ou renovação de ar interna da sala ficam ao cargo de um sistema de refrigeração, umidificação e aquecimento, compostos por um compressor de 3HP integrado ao sistema de refrigeração por gases, dois evaporadores, quatorze ventiladores verticais e quatro resistências de 4400 watts de potência, ambos integrados aos evaporadores, dois nebulizadores do tipo *Twister* integrados a dois ventiladores horizontais, um sensor de umidade e temperatura e um motor de 2HP do tipo hélice, acoplado no duto de entrada de ar em cima da sala.

O sistema utilizado é totalmente automatizado, sendo controlado por um painel de controle externo à sala, dotado de dois termostatos, um *timer* para o sistema de renovação de ar e outro para controle da luz. O acionamento dos equipamentos ocorre pela diferença de temperatura e umidade encontrada pelo sensor, localizado no interior da sala, em comparação aos parâmetros configurados previamente nos termostatos, necessitando de mínima intervenção humana para controle das variáveis ambientais.

3.3. Animais

Foram utilizados 16 ovelhas santa Inês adultas, multíparas, não prenhes, com idade entre 3 e 5 anos, provenientes da Fazenda Modelo da UFMG, situada no município de Pedro Leopoldo-MG. Os animais foram examinados, desverminados e vacinados contra clostridioses e raiva, sendo posteriormente alojados aleatoriamente, dentro da câmara climática, em gaiolas metabólicas metálicas individuais, de 1m² de área, contendo comedouros, saleiro e bebedouro. Os animais passaram por um período de 15 dias de adaptação à dieta, ao manejo e às condições climáticas, sendo pesados antes do início de cada período avaliado neste ensaio.

3.4. Tratamentos

Os tratamentos consistiram em duas variáveis climáticas, conforto e estresse térmico (25 ou 35°C de temperatura e 70% de URA), e quatro níveis de inclusão de milho expandido em substituição ao fubá de milho, na dieta dos animais (0, 33, 66 e 100%). O experimento teve uma duração total de 84 dias, divididos em 2 períodos, para repetição no tempo, de 42 dias, composto por um ambiente de conforto e um de estresse cada. Foram empregados oito animais por tratamento, com os animais devidamente sorteados para cada novo período de ensaio.

3.5. Manejo nutricional

As dietas foram formuladas para serem isoprotéicas e isofibrosas, com uma proporção de 50:50 em relação a concentrado e volumoso, atendendo plenamente as necessidades de proteína, energia e fibra, conforme as recomendações do (NRC, 2007) para um ganho diário de 200 gramas por dia. As dietas experimentais foram compostas milho (fubá de milho e/ou milho expandido peletizado, de acordo com o tratamento), farelo de soja e feno de Tifton 85 picado em picadeira com tamanho das partículas girando em torno de 5cm.

As dietas foram pesadas diariamente em quantidades suficientes para atender a ingestão dos animais garantindo uma sobra de 20%, e fornecidas com um intervalo de 12 horas entre refeições, sendo o fornecimento às 7h e 30 minutos e 19h e 30 minutos para os turnos da manhã e tarde, respectivamente.

Todos os animais receberam mistura mineral comercial (Vacci Phos Ovinos, Vaccinar®), fornecida a vontade, para garantir o atendimento dos macros e microminerais. A mistura mineral era pesada e amostrada diariamente, tanto a quantidade fornecida quanto as sobras, para posterior estimativa do consumo. O fornecimento do sal mineral foi calculado em função das sobras, estimadas em 20%. A água era fornecida à vontade aos animais, sendo pesadas diariamente, tanto a quantidade oferecida quanto as sobras.

3.6. Ambientes e variáveis climáticas

Os animais foram submetidos a dois tratamentos térmicos, sendo um na zona de termoneutralidade e outro na zona de estresse calórico, sendo 25°C de temperatura e 70% de umidade relativa para conforto, e 35°C de temperatura e 70% de umidade relativa para estresse.

Valores de temperatura e umidade relativa do ambiente, máximos e mínimos foram coletados diariamente durante todo o período experimental, nos turnos da manhã e da tarde, antes da alimentação dos animais.

Foram pesados três baldes de água, antes e após 24 horas, durante três dias, distribuídos em vários pontos da Câmara nos dois ambientes térmicos avaliados, para mensuração da perda evaporativa e obtenção do consumo real de água pelos animais.

3.7. Consumo e digestibilidade aparente

Foram realizados ensaios de digestibilidade aparente (Silva e Leão, 1979), com níveis crescentes de substituição do milho normal pelo expandido, nas duas condições ambientais propostas, com o objetivo de se determinarem os coeficientes de digestibilidade e avaliar as rações experimentais. Cada ensaio possuiu um período total de vinte e um dias, sendo dezesseis dias para adaptação dos animais à dieta e às variáveis climáticas, e cinco para coleta total de fezes e urina.

Para o ensaio, foram utilizadas gaiolas metabólicas metálicas já supracitadas, fechadas com tela de náilon nas laterais para reduzir a perda de fezes e dispositivos apropriados para colheita de urina e fezes. Estes dispositivos foram constituídos de baldes de 10 litros, cortados em seção oblíqua para servir como apoio para uma tela com malha de 5 mm, formando assim um declive para a queda das fezes evitando o risco de contaminação da urina, que ficou retida no balde. As fezes foram coletadas em recipientes plásticos, caixas de plástico de cerca de 60 x 40 cm colocadas sob os baldes de 10 litros.

Durante os cinco dias de coleta, foram amostradas porções individuais da ração e das sobras do dia anterior de cada animal antes da primeira refeição, sendo estas pesadas, homogeneizadas, e retiradas porções de 10% do seu peso e acondicionadas em câmara fria, para posteriores análises laboratoriais.

A produção de fezes foi recolhida dos coletores diariamente, sendo registrado o peso e amostrada individualmente uma alíquota de 20% sobre a quantidade total de fezes encontrada, a qual foi acondicionada em câmara fria a -20°C dentro sacos plásticos devidamente identificados. A produção de urina também foi realizada diariamente durante o período de coleta. Para sua mensuração foram adicionados aos baldes coletores 100 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄, 2N) na véspera de cada colheita, evitando-se assim possíveis processos fermentativos e perda de amônia por volatilização. O volume total de líquido foi filtrado em

papel de filtro por duas vezes, amostrado em alíquota fixa de 100mL do volume total, para então ser mensurado o peso e o volume da urina. A alíquota de urina foi acondicionada em câmara fria a -20°C dentro de potes plásticos individuais devidamente identificados.

No final do experimento foram feitas amostras compostas das sobras de alimento, fezes e urina coletadas, por animal, sendo estas identificadas, acondicionadas devidamente em sacos e ou potes plásticos, e armazenadas em câmara fria (-20°C).

As amostras das rações, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente, para proceder-se a pré-secagem. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm e acondicionadas em recipientes plásticos para futuras análises.

3.8. Avaliação dos parâmetros ruminais

Logo após as provas de digestibilidade foram realizados dois ensaios para avaliação dos parâmetros ruminais, sendo um em cada ambiente térmico, contando assim com quatro animais para as repetições.

Para tal, empregou-se sonda esofagiana, sendo a coleta realizada por meio de sucção do líquido ruminal através de uma sonda de silicone acoplada em recipiente de vidro e bomba de vácuo de baixa sucção (0,5HP). As coletas foram realizadas antes da primeira refeição do dia (0 hora) e 2, 4, 6, 8, 12 h pós prandial.

Coletaram-se em média 100mL de líquido ruminal por tempo de coleta, sendo este filtrado em gaze, mensurado quanto à temperatura e pH logo após a obtenção da alíquota e amostrados para posteriores análises de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis, devidamente estocados em potes de plásticos contendo ácido sulfúrico 1:1 e ácido metafosfórico a 25%, respectivamente, sendo imediatamente acondicionadas em câmara fria a -20°C após coleta.

3.9. Obtenção dos parâmetros clínicos

Parâmetros fisiológicos foram avaliados para se conhecerem as respostas fisiológicas dos animais em função das dietas avaliadas dos ambientes estudados. O ensaio teve duração de 19 dias, sendo os 16 primeiros dias para adaptação dos animais às dietas e aos ambientes, seguidos de 3 dias de coleta de dados, com dois turnos. Os horários de coleta de dados foram 9 h da manhã e 17 h da tarde, avaliando-se a

frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), movimentos ruminais (MR), e temperaturas cutâneas da fronte (TCF), da cernelha (TCC), do Jarrete (TCJ) e da virilha (TCV).

A FC foi obtida pela auscultação por estetoscópio flexível disposto na região torácica esquerda, contando-se o número de batimento em 30 segundos e multiplicando-se o valor encontrado por 2, para obtenção dos valores em batimentos por minuto.

A obtenção da FR pela auscultação por estetoscópio flexível, disposto às primeiras costelas na região torácica esquerda do animal, contando-se o número de movimentos durante 30 segundos, e o valor multiplicado por 2, para obtenção dos movimentos por minuto.

Os movimentos ruminais foram obtidos por auscultação com estetoscópio flexível, disposto no flanco esquerdo do animal, contando-se a quantidade de movimentos completos em um período de 3 minutos.

A temperatura retal foi obtida com termômetro digital clínico, introduzido diretamente no reto do animal, com profundidade de 5cm, permanecendo por um período de 2 minutos, para resultado e leitura final em graus centígrados.

As temperaturas cutâneas foram obtidas por meio de termômetro infravermelho digital com miram a laser circular, precisão de 99% e resolução óptica de 30:1, sendo as medidas tomadas nas regiões da fronte, cernelha, jarrete esquerdo e virilha esquerda, à uma distância de 5 cm da região da superfície cutânea do animal.

3.10. Avaliação da taxa de sudação

Foram realizados durante o período experimental, ensaio de taxa de sudação, para estimativa das perdas evaporativas cutâneas em função das dietas avaliadas e dos ambientes estudados. O ensaio teve duração de 21 dias, sendo os 19 primeiros dias para adaptação dos animais às dietas e aos ambientes, seguidos de 2 dias de coleta de dados, com dois turnos. A coleta dos dados consistia na contabilização da viragem de indicadores de sudação afixados na pele do animal, em função do tempo segundos.

Empregou-se o método Berman (1957), modificado por Schleger e Turner (1965), consistindo na submissão dos animais a um indicador de sudação: uma fita adesiva contendo 3 discos de papel qualitativo com aproximadamente 0,5cm de diâmetro,

embebidos previamente em cloreto de cobalto a 10%, secos ao ar livre e em estufa a 90°C. A área escolhida para a análise foi próxima à 10^a costela do lado esquerdo do animal, 10 cm abaixo da coluna vertebral sendo tricotomizada com um dia de antecedência, e limpa com álcool 70% antes da mensuração.

Os resultados foram obtidos através da mensuração do tempo de viragem da cor de cada disco, de azul- violeta para rosa claro, em segundos, obtendo o resultado pela fórmula: $S=38446,6/t$ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), onde S= taxa de sudção em gramas por m² por hora, t= tempo de viragem dos discos em segundos.

Para a obtenção da sudção total do animal, utilizou-se a equação Bennett (1973), modificada por Finch (1986), que estima a área de superfície corporal através da fórmula: $A=0,094\times\text{PV}^{2/3}$, onde A=área de superfície corporal estimada em m², e PV= quantidade de peso vivo animal em quilos.

3.11. Avaliação dos parâmetros sanguíneos

O ensaio relativo ao estudo dos parâmetros sanguíneos, foi feito através da mensuração das respostas glicêmicas dos animais submetidos às dietas experimentais, sob os ambientes avaliados em função de cinco tempos de coleta. O mesmo teve duração de 21 dias, sendo os 20 primeiros dias para adaptação dos animais às dietas e aos ambientes, seguido de um dia de coleta com cinco tempos pós prandial (tempo 0 antes da primeira refeição diária, 3, 6, 9 e 12 horas).

A amostragem do sangue foi realizada por punção da veia jugular com auxílio de uma seringa descartável em todos os animais, com uma agulha por animal, iniciada momentos antes de se ofertar a 1^a alimentação (tempo zero), sendo retirado cerca de 0,5 mL de sangue. A mensuração da glicose foi realizada através de glicosímetro digital ACCU CHEK[®], desprezando-se a primeira gota a fim de evitar qualquer contaminação, e utilizando-se uma gota na fita do glicosímetro. O resultado (mg/dL) era obtido 45 segundos após a gota de sangue reagir com a fita.

3.12. Análises laboratoriais

Para as determinações da matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica e proteína bruta do material analisado, seguiu-se a metodologia proposta por AOAC (1997). A quantificação da FDN, FDA, utilizou-se a metodologia descrita por Van Soest et al.(1991).

As determinações dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido e energia bruta foram feitas a partir da seguinte fórmula: $[(\text{Consumo do nutriente em gramas} - \text{quantidade em gramas do nutriente nas fezes})/\text{Consumo do nutriente em gramas}]/100$, segundo Berchielli, et. al. (2006).

A energia bruta dos alimentos oferecidos, sobras, fezes e urina foram obtidas em calorímetro adiabático tipo PARR 2081. Para análise da urina, houve previa desidratação em recipientes plásticos em estufa ventilada à 65°C, para permitir a sua combustão na bomba calorimétrica. A determinação da energia digestível foi feita através da diferença da energia bruta (EB) dos alimentos oferecidos menos a EB das sobras, menos a EB das fezes. Para o cálculo da energia metabolizável utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), onde a produção de metano foi estimada pela equação: $C_m = 3,03 + 0,074 D$, onde C_m = produção de metano em Kcal/100 Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da energia bruta do alimento. A energia metabolizável foi então estimada através da diferença entre energia digestível, menos energia da urina, menos produção estimada de metano.

A determinação do N-NH₃ foi feita através da destilação do método Kjeldahl com óxido de magnésio, AOAC (1997) e os AGVs determinados por cromatografia gasosa em equipamento do modelo Varian 2485.

Foram também calculados o balanço de nitrogênio (nitrogênio ingerido menos as perdas de nitrogênio nas fezes e na urina), nitrogênio ingerido (nitrogênio fornecido menos o nitrogênio das sobras) e porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio ingerido.

3.13. Análise estatística

Nas provas em que se avaliaram consumo e digestibilidade aparente, bem como nos balanços de nitrogênio e de energia empregou-se um delineamento inteiramente casualizado num arranjo de parcelas subdivididas, tendo a temperatura ambiente na parcela e os níveis de substituição do milho normal pelo expandido nas sub-parcelas. Empregaram-se quatro

animais por tratamento e realizou-se uma repetição no tempo, o que redundou em 8 unidades experimentais como repetição no ensaio, de forma que o ensaio contou com 16 animais em cada faixa de temperatura ambiente. Para que os períodos repetidos no tempo não se constituíssem em réplicas, os animais foram redistribuídos de forma aleatória em função da disposição da gaiola metabólica na câmara climática e da dieta recebida em cada unidade de repetição no tempo, fazendo com que o mesmo animal não receba a mesma dieta na mesma localidade dentro da câmara climática.

Nos estudos dos parâmetros ruminais, clínicos e taxa de sudação, o mesmo arranjo inteiramente casualizado ficou disposto em um desenho de parcelas sub-sub-divididas, onde temperatura ambiente ficou nas parcelas, efeito das rações nas sub-parcelas e efeito dos momentos (horas) de amostragem nas sub-sub-parcelas.

Os modelos matemáticos ficaram assim constituídos:

Para arranjos em parcela sub-dividida:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + D_j + TD_{ij} + E(ij),$$

em que:

Y_{ijkl} = valor observado em função da temperatura ambiente i e no período j ;

μ = constante geral;

T_i = efeito relativo à temperatura ambiente i ;

D_j = efeito relativo ao nível de substituição do milho normal j ;

TD_{ij} = interação entre os efeitos ambiente e ração;

$E(ij)$ = erro aleatório.

Para arranjos em parcelas sub-sub-divididas:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + D_j + H_k + TD_{ij} + TH_{ik} + DH_{jk} + FGD_{ijk} + E(ijk),$$

em que:

Y_{ijkl} = valor observado em função da temperatura ambiente i e no período j ;

μ = constante geral;

T_i = efeito relativo à temperatura ambiente i ;

D_j = efeito relativo ao nível de substituição do milho normal j ;

H_k = efeito relativo a momento amostragem k ;

TD_{ij} = interação entre os efeitos ambiente e ração;

TH_{ik} = interação entre os efeitos ambiente e momento de amostragem;

DHjk = interação entre os efeitos ração e momento de amostragem;

FGDijk = interações sobre efeitos principais;

E(ijk) = erro aleatório.

Além da análise de variância, empregou-se estudo de regressão considerando-se efeito do tempo; assim como, buscou-se verificar se os níveis de substituição do milho normal pelo expandido resultava em equações de regressão, em todos esses casos, empregou-se o procedimento de MARQUAT, disponível no programa estatístico SAEG 9.0. (2007).

As interações, quando significativas foram desdobradas separadamente. As médias foram sempre comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade. Quando necessário empregou-se a correlação de Pearson.

4. Resultados e discussão

4.1. Composição centesimal e bromatológica das dietas

A composição bromatológica do feno de tifton 85, farelo de milho, milho expandido e farelo de soja encontram-se na tabela 5. A composição bromatológica e centesimal das dietas experimentais constam na tabela 6.

Tabela 5. Composição Bromatológica dos ingredientes das dietas em base de matéria seca

	Feno de Tifton 85	F. Milho	Milho Expandido	F. Soja
MS	88,4	89,21	89,35	89,36
MM*	5,70	1,23	1,47	6,13
PB*	7,68	8,37	8,15	47,01
EB	4019,6	3312,5	4069,0	3605,7
FDN*	70,38	9,23	13,91	13,12
FDA*	32,34	2,18	2,88	6,35
Ca*	0,213	0,049	0,057	0,222
P*	0,07	0,09	0,09	0,49

*= Com base na MS, MS= Matéria seca, MM= Matéria Mineral, PB= Proteína Bruta, FDN= Fibra em detergente neutro, FDA= Fibra em detergente ácido, Ca= Cálcio, P= Fósforo; em percentual. EB= Energia Bruta; em Kcal/g

A composição do milho expandido não alterou muito em relação ao milho moído, apresentando menores valores para proteína bruta (PB), valores pouco maiores para Matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA). Tais valores coincidem com os encontrados por Rodrigues (2002) e Viana (2004).

Tabela 6. Composição centesimal e bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes	0	33	66	100
Milho	36,00	24,13	11,87	-
Milho Expandido	-	12,25	23,75	36,00
Farelo de Soja	14,00	14,00	14,00	14,00
Feno Tifton 85	50,00	50,00	50,00	50,00
Nutrientes				
MS*	88,82	88,84	88,85	88,87
PB*	13,44	13,41	13,38	13,36
EB	3707,1	3796,9	3886,8	3979,5
FDN*	40,35	40,91	41,46	42,04
FDA*	17,84	17,93	18,01	18,10
Ca*	0,15	0,15	0,15	0,15
P*	0,13	0,13	0,13	0,13

*= Com base na MS, MS= Matéria seca, PB= Proteína Bruta, FDN= Fibra em detergente neutro, FDA= Fibra em detergente ácido, Ca= Cálcio, P= Fósforo; em percentual. EB= Energia Bruta; em Kcal/g

Os valores de MS, MM, EB e FDN do milho expandido coincidem com os valores encontrados por Crocker, et.al. (1998), que obteve 89,8% de MS, 1,3% de MM, 4272,6Kcal/g de EB e 13,4% FDN, em dietas contendo milho floculado a vapor, e aquecido em sistema de rotação a seco.

A composição centesimal do sal mineral comercial fornecido aos animais durante os períodos experimentais (Vacci Phos Ovinos: *Suplemento mineral para ovinos*; Vaccinar®) é apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Composição centesimal do sal mineral comercial Vacci Phos Ovinos Vaccinar®

Composição	Níveis de Garantia
Fósforo (g/Kg)	85,0
Cálcio (g/Kg)	155,0
Sódio (g/Kg)	140,0
Magnésio (mg/Kg)	5000,0
Enxofre (g/Kg)	15,0
Cobalto (mg/Kg)	35,0
Cobre (mg/Kg)	500,0
Iodo (mg/Kg)	40,0
Manganês (mg/Kg)	600,0
Selênio (mg/Kg)	15,0
Zinco (mg/Kg)	3500,0
Flúor (mg/Kg)	827,0

Na tabela 8 são apresentados os valores médios de temperatura e umidade, encontrados durante todo o período experimental, entre os ambientes avaliados, dentro e fora da câmara climática.

Tabela 8. Temperatura ambiente, máxima e mínima, Umidade Relativa do ar ambiente, máxima e mínima, e temperatura em termômetro de mercúrio em bulbo seco e úmido, e umidade relativa do ar, dentro e fora da câmara climática

Interno à Sala		
Termohigrômetro	Conforto	Estresse
T. Ambiente (°C)	24,00	33,19
T. Máxima (°C)	24,96	36,10
T. Mínima (°C)	22,72	30,34
URA. Ambiente (%)	77,13	76,06
URA. Máxima (%)	83,50	77,25
URA. Mínima (%)	65,10	45,35
Externo à Sala		
Term. Mercúrio	Conforto	Estresse
T. Bulbo Seco (°C)	22,10	22,90
T. Bulbo Úmido (°C)	19,30	19,70
Umidade Relativa (%)	79,50	73

A temperatura interna da câmara climática pouco variou durante os períodos avaliados, aproximando-se bem dos valores propostos para execução deste trabalho. A renovação de ar pelo sistema era realizada com ar não aclimatado, sendo retirado diretamente da área externa à sala, podendo justificar tais flutuações nos valores de temperatura e umidade do ar.

4.2. Consumo e digestibilidade

4.2.1. Consumo médio diário nas frações analisadas por unidade de tamanho metabólico

Os consumos médios de matéria seca das rações, expressos em gramas/dia, em porcentagem do peso vivo e em gramas/Kg^{0,75} e matéria digestível em gramas/dia da matéria seca (MS) e da matéria orgânica (MO) em função dos tratamentos estão na Tabela 9.

Considerando-se o consumo diário de MS para manutenção de ovinos adultos, preconizado pelo NRC (2007) de 1050g de matéria seca por dia, 1,75% do peso vivo e/ou 53,2 g/Kg^{0,75}, observa-se que todas as dietas supriram além das exigências, não havendo, portanto, limitação física do consumo, e não apresentaram diferenças devido ao processamento do milho (P>0,05).

Avaliando-se os consumos de MS e de MO em função apenas dos tratamentos térmicos, os resultados apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), demonstrando maiores consumos no período de conforto térmico.

Tabela 9. Consumo de matéria seca (CMS) em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CMSPV), em gramas/kg^{0,75} (CMSPM), consumo de matéria orgânica (CMO), em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CMOPV), em gramas/kg^{0,75} (CMOPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				CV
	0	33	66	100	
CMS	1263,60	1399,62	1221,12	1249,27	17,04
CMSPV	2,54	2,72	2,34	2,47	20,23
CMSPM	67,56	72,95	62,97	65,94	18,91
CMO	1204,87	1333,73	1162,34	1189,35	17,09
CMOPV	2,42	2,59	2,23	2,36	20,25
CMOPM	64,42	69,51	59,94	62,77	18,93

	Ambientes		CV
	Conforto	Estresse	
CMS	1389,72a	1177,08b	17,04
CMSPV	2,82a	2,22b	20,23
CMSPM	74,71a	60,00b	18,91
CMO	1323,83a	1121,31b	17,09
CMOPV	2,69a	2,12b	20,25
CMOPM	71,17a	57,16b	18,93

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas.

CV = Coeficiente de variação

O consumo de matéria seca e orgânica sofreu uma redução de 15,3% dos valores médios, sendo atribuídos a uma diminuição da ingestão do alimento em si, durante o período de estresse quando comparado com o consumo obtido durante o período de conforto. Tais valores corroboram com dados apresentados por Huertas et al. (1974), avaliando diferentes inclusões de energia na dieta de ovinos submetidos a estresse térmico em câmara climática.

De acordo com Beede e Collier (1986) a ingestão voluntária do alimento é muito afetada pela temperatura ambiente e diminui a partir de 25 a 27°C de temperatura média diária. Essa estratégia é adotada para a diminuição do incremento calórico imposta pela fermentação ruminal da dieta, auxiliando assim os mecanismos de termoregulação na dissipação de calor dos animais sob estresse calórico.

O consumo médio de proteína bruta em gramas/dia, em porcentagem do peso vivo e em gramas/Kg^{0,75} e proteína bruta digestível em gramas/dia, em função dos tratamentos estão na tabela 10.

Tabela 10. Consumo de proteína bruta (CPB) em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CPBPV), em gramas/kg0,75 (CPBPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				CV
	0	33	66	100	
CPB	214,32	235,51	214,94	200,96	19,15
CPBPV	0,43	0,45	0,41	0,39	21,38
CPBPM	11,43	12,28	11,06	10,61	20,33

	Ambientes	
	Conforto	Estresse
CPB	235,64a	197,23b
CPBPV	0,47a	0,37b
CPBPM	12,64a	10,05 b

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas
 CV = Coeficiente de variação

O consumo de PB é apresentado na tabela em base de MS das dietas avaliadas. Como houve redução no consumo de alimento entre o período de estresse em comparação com o período de conforto, houve também redução no consumo de PB em torno de 16,30%, superior aos valores apresentados na redução de consumo de MS.

Normalmente, a redução da ingestão devido aos mecanismos termorregulatórios e a preferência por ingerir alimentos concentrados ao invés de volumosos, por este último gerar maior incremento calórico em uma unidade maior de tempo durante a fermentação ruminal (Silva, 2000), explicam essa pequena diferença na intensidade de queda do consumo de PB em relação ao consumo de MS pelos animais (Tabela 9), uma vez que a porção concentrada apresentou 19,12% de PB enquanto que a volumoso apresentou apenas 7,68% de PB.

Porém, devido à relação concentrado:volumoso e da alta degradabilidade do amido (Souto et al., 1990a), gelatinizado ou não, presente nas dietas experimentais, ou até mesmo devido ao estresse calórico crônico (Souto et al., 1990b), causado pela temperatura constante (24 horas) da câmara climatizada por todo o período experimental referente ao ambiente em questão, a relação de consumo de PB apresentou maiores valores de redução em comparação ao consumo de MS.

Sendo assim, tais resultados encontrados nesse ensaio corroboram com o modelo sugerido por Forbes (1999), no qual os animais se alimentam para minimizar desconfortos de ordem física ou metabólica, onde a modificação no fornecimento de nutrientes para órgãos e tecidos pode levar a mudanças na escolha dos alimentos a serem ingeridos.

O consumo médio de fibra em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA) em gramas/dia, em porcentagem do peso vivo e em gramas/Kg^{0,75} e em fibra em detergente neutro e detergente ácido digestível em gramas/dia, em função dos tratamentos está na tabela 11.

Tabela 11. Consumo de FDN (CFDN) em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CFDNPV), em gramas/kg^{0,75} (CFDNPM), consumo de FDA (CFDA), em gramas/dias, em gramas/kg de PV (CFDAPV), em gramas/kg^{0,75} (CFDAPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				CV
	0	33	66	100	
CFDN	478,01ab	544,20a	456,28b	524,71ab	17,18
CFDNPV	0,96a	1,05a	0,88°	1,04a	21,80
CFDNPM	25,65a	28,33a	23,59 ^a	27,71a	20,15
CFDA	200,42ab	226,60a	180,04b	213,82a	19,09
CFDAPV	0,40ab	0,44a	0,34b	0,42a	23,45
CFDAPM	10,75ab	11,79a	9,32b	11,29a	21,90
PV	49,08	50,55	50,46	50,46	

	Ambientes	
	Conforto	Estresse
CFDN	540,59a	461,01b
CFDNPV	1,10a	0,87b
CFDNPM	29,13a	23,51 b
CFDA	221,63a	188,81b
CFDAPV	0,45a	0,35b
CFDAPM	11,95a	9,63b
PV	49,77	53,41

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas
CV = Coeficiente de variação; PV = Peso vivo médio dos animais

O CFDN, CFDA, CFDAPV e CFDAPM foram maiores para dietas com 33% de inclusão de milho expandido, seguido da dieta de 100, 0 e 66% de inclusão. Forbes e Mayes (2002) destacaram que os pequenos ruminantes têm a capacidade de ajustar o consumo alimentar, principalmente em função de seus requisitos energéticos, da capacidade de enchimento e da manutenção do ambiente ruminal. Mertens (1994), por sua vez, afirmou que o aumento do consumo de alimento fibroso pode ocorrer quando a forragem apresenta valores inferiores a 30% de FDA.

Sendo assim, tal diferença pode estar relacionada ao maior consumo de volumoso dentre as dietas 33, 100, 0 e 66, respectivamente, atribuído ao hábito seletivo dos ovinos ao tentar amenizar o abaixamento brusco do pH por causa da rápida fermentação e degradação dos grânulos de amido, gelatinizados ou não, presente no concentrado.

Avaliando-se o consumo de FDN e FDA em função dos tratamentos térmicos, os resultados apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), demonstrando também maiores consumos no período de conforto térmico, numa forte constatação de que animais estressados por calor diminuem o consumo de alimentos volumosos ou menos densos em termos de nutrientes (McDowell, 1974).

O consumo de FDN e FDA são apresentados na tabela em base de MS das dietas avaliadas, sendo que a redução do seu consumo no período de estresse também se relaciona com a redução do consumo de MS pelos animais, o que reforça ainda mais o anteriormente postulado. A redução dos valores de consumo foi de 14,62 e 14,93%, respectivamente para FDN e FDA.

4.2.2. Coeficientes de digestibilidade das frações analisadas

Os consumos médios diários de matéria seca digestível (CMSD), matéria orgânica digestível (CMOD), proteína bruta digestível (CPBD), fibra em detergente neutro digestível (CFDND), fibra em detergente ácido digestível (CFDAD), e os coeficientes de digestibilidade médios diários da matéria seca (DIGMS), matéria orgânica (DIGMO), proteína bruta (DIGPB), fibra em detergente neutro (DIGFDN) e fibra em detergente ácido (DIGFDA), das dietas avaliadas estão na tabela 12. Como observado, não houve interação ($P > 0,05$) entre as dietas e ambiente, bem como diferença para consumos das frações digestíveis e coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em função das dietas experimentais.

Os percentuais de digestibilidade aparente da MS se aproximam aos encontrados por Wilkerson et al. (1997), em experimento avaliando milho moído seco ou úmido e com milho aquecido por sistema de rotação a seco ou úmido, ficando em torno de 69,62 a 70,9% de digestibilidade. O mesmo é válido para os dados de digestibilidade de FDN e FDA apontados por estes mesmos autores, ficando em torno de 51 e 49,35% respectivamente. Por outro lado, a digestibilidade aparente da PB por eles registrada (64,26 a 67,68%) foi inferior aos resultados aqui obtidos.

Avaliando níveis de inclusão de milho expandido e milho moído na dieta de ovinos, Rodrigues (2002), observou digestibilidade aparente de 66,05 a 76,55% de MS, 66,99 a 74,93% de PB, 47,92 a 71,08 % de FDN, e 55,06 a 76,5% de FDA, sendo esses

valores muito superiores aos encontrados neste experimento, exceto para digestibilidade da PB.

Já em relação aos tratamentos de ambiente, houve diferença significativa ($P < 0,05$), demonstrando valores superiores de digestibilidade para matéria seca e matéria orgânica durante o período de estresse térmico.

Podemos observar maiores valores para consumo das porções digestivas dos nutrientes durante o período de conforto quando comparado com o período de estresse. Esses valores podem ser atribuídos à menor ingestão de alimento pelo animal durante o período de estresse como forma de minimizar a produção de calor através da degradação de alimento, como já inferido anteriormente.

Tabela 12. Médias dos consumos de matéria seca digestível (CMSD), matéria orgânica digestível (CMOD), proteína bruta digestível (CPBD), fibra em detergente neutro digestível (CFDND), fibra em detergente ácido digestível (CFDAD) em gramas por dia, e do coeficiente de digestibilidade da matéria seca (DIGMS), da matéria orgânica (DMO), de proteína bruta (DIGPB), da fibra em detergente neutro (DIGFDN) e da fibra em detergente ácido (DIGFDA) em percentagem, em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				CV
	0	33	66	100	
CMSD	899,3	973,9	856,6	867,1	6,80
DIGMS	70,91	69,14	70,26	69,85	6,80
CMOD	875,0	950,5	831,8	844,6	19,92
DIGMO	72,36	70,81	71,69	71,50	6,55
CPBD	163,0	178,7	164,9	150,2	22,39
DIGPB	75,78	75,30	76,60	75,27	7,00
CFDND	268,05	294,91	246,19	293,45	24,44
DIGFDN	55,65	53,41	53,89	56,68	14,83
CFDAD	98,01	104,78	73,30	99,13	34,76
DIGFDA	48,18	44,82	39,98	47,46	25,57

	Ambientes	
	Conforto	Estresse
CMSD	959,9 ^a	838,6b
DIGMS	68,79b	71,30 a
CMOD	935,5 ^a	815,5b
DMO	70,38b	72,81a
CPBD	177,7 ^a	150,7b
DIGPB	75,00a	76,47a
CFDND	291,04 ^a	260,26b
DIGFDN	53,64 ^a	56,17a
CFDAD	98,32 ^a	89,29a
DIGFDA	43,72 ^a	46,49a

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas

CV = Coeficiente de variação

A redução em percentual para consumo das frações digestivas entre o período de conforto e estresse foram de 12,64%, 12,83%, 15,19%, 10,56% e 9,18%, respectivamente para CMSD, CMOD, CPBD, CFDND e CFDAD. Tais valores corroboram proporcionalmente com os dados encontrados para os consumos avaliados anteriormente.

Para digestibilidade, encontramos um aumento significativo para MS e MO, sendo de 3,52% e 3,34%, respectivamente. Silanikove (1992) e Silanikove (2000) sugerem que o aumento da digestibilidade durante o período de estresse calórico ocorra em virtude da redução da taxa de passagem da digesta e maior exposição dos alimentos à atividade microbiana, coincidindo com resultados obtidos por Warren et. al. (1974), que relataram aumento na digestibilidade para animais mantidos a 32°C, em relação aqueles mantidos sob temperatura ambiente de 18°C.

4.2.3. Consumo de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável e coeficiente de digestibilidade

A média dos consumos de energia bruta em Kcal/dia (CEB) e em Kcal/Kg^{0,75}(CEBPM), da energia digestível em Kcal/dia (CED), da digestibilidade da energia bruta (DIGEB) em porcentagem, do consumo de energia metabolizável em Kcal/dia (CEM) e em Kcal/Kg^{0,75}(CEMPM), em função dos tratamentos, está na tabela 13.

O NRC (2007) recomenda a ingestão de 2.010,0 Kcal/dia de energia metabolizável (EM) para ovelhas adultas em manutenção entre 50 e 60kg de peso vivo. As dietas formuladas apresentaram para CEM valores médios de 3.325,2 Kcal/dia, suprimindo tais exigências de manutenção. Ressalta-se ainda que as rações foram formuladas para ganhos de peso de 200 g diários.

Os valores encontrados para energia bruta, digestível e metabolizável, e digestibilidade da energia bruta neste experimento mantiveram-se abaixo dos encontrados por Rodrigues (2002). Este autor trabalhou com diversos níveis de inclusão de milho expandido como única fonte de concentrado na dieta, quando obteve-se valores de CEBPM entre 401,25 a 498,14 Kcal/Kg^{0,75} e DIGEB entre 72,71 a 82,12%, 36,34 e 13,06% maiores do que os valores encontrados neste experimento.

No processamento do milho expandido, observaram-se maiores valores médios de consumo de EB, ED e EM na inclusão de 33%, apesar dos baixos valores de digestibilidade de EB, demonstrando uma possível maior aceitação da dieta mais farelada, aumentando o consumo da mesma.

Tabela 13. Consumo de energia bruta (CEB) em Kcal/dia e em Kcal/Kg^{0,75} (CEBPM), consumo de energia digestível (CED), em em Kcal/dia, digestibilidade da energia bruta (DIGEB) em %, Consumo de energia metabolizável (CEM) em Kcal/dia e em Kcal/Kg^{0,75} (CEMPM), em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				
	0	33	66	100	CV
CEB	5190,4	5802,8	5249,0	5575,2	16,77
CEBPM	277,7	302,1	270,8	294,4	19,04
CED	3580,3	3788,7	3533,9	3787,2	21,44
DIGEB	68,4	64,9	67,4	68,3	9,11
CEM	3238,8	3441,7	3193,2	3427,3	21,92
CEMPM	172,7	178,9	164,6	180,0	22,47
PV	49,0	50,5	50,5	50,5	

	Ambientes	
	Conforto	Estresse
CEB	5863,2°	5045,5b
CEBPM	315,3°	257,2b
CED	3835,6°	3509,4°
DIGEB	65,1b	69,4°
CEM	3467,0a	3183,5 ^a
CEMPM	186,1 ^a	162,0b
PV	49,8	53,4

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas
CV = Coeficiente de variação; PV = Peso vivo médio dos animais

A dieta com 100% de milho expandido apresentou um dos maiores valores de coeficiente de digestibilidade da energia bruta dentre os níveis de inclusão, equiparando-se nos valores para CED com a dieta de 33%. Quando comparado com a dieta com 0% de inclusão, mesmo não sendo significativo, pode-se observar uma ingestão de EB menor com o maior coeficiente de digestibilidade, dentre os valores observados para os demais tratamentos.

A dieta com 66% de inclusão de milho expandido obteve os menores índices para CED e CEM, demonstrando menor aceitação pelos animais, talvez em função da maior fração peletizada misturada à farelada, o que poderia estar influenciando na densidade do concentrado e provocando essa resposta.

Houve diferença (P<0,05) entre os ambientes de conforto e estresse. Assim, como observado nas tabelas de consumo e digestibilidade da MS, MO, PB, FDN e FDA, os

consumos de energia e digestibilidade são de grandeza inversa, quando atribuído o fator do estresse calórico aos animais, dado a ação dos processos fisiológicos para manutenção da homeotermia dos mesmos.

A relação do CED e CEM entre conforto e estresse demonstra uma redução de 8,2% de energia a menos no período de estresse térmico para ambos, quando comparado com os consumos do período de conforto. Tais valores foram inferiores à redução de CMS encontrado e corroborando com os dados acima discutidos, uma vez que o feno componente da dieta possui basicamente a mesma quantidade em Kcal/g do concentrado formulado.

4.3. Balanço hídrico

Na tabela 14 encontram-se os valores referentes aos consumos de água, excreções por urina, taxa de sudação, retenção de água, consumo de sal, as relações entre consumo de água pela matéria seca, e consumo de sal pela ingestão de água.

Trabalhando com caprinos Boer x Saanen submetidos à restrição alimentar de 30 a 60%, em dietas com 53% de concentrado, Teixeira (2006) observou que o consumo de água pelos animais alimentados a vontade foi de 3L de água /dia, enquanto que os submetidos à restrição consumiram 5L de água /dia. Esses resultados coincidem com os encontrados neste trabalho, em que todos os animais consumiram uma média de 3,39L de água /dia.

O nível de inclusão de milho expandido na dieta não exerceu efeito sobre o consumo de água pelos animais. Mendes et al. (1976) observaram aumento no consumo de água devido ao aumento na temperatura ambiental, não observando diferença significativa devido ao efeito do nível de energia da dieta, coincidindo com os resultados aqui obtidos.

Os consumos de água e a sua retenção demonstraram-se maiores nos períodos de estresse, com uma menor perda por excreção por via urinária, coincidindo com os resultados encontrados por Bhattacharya e Hussain (1974), Souto et al. (1990b), Costa et al. (1992) e por Pádua e Silva (1996), que observaram aumento no consumo de água e retenção de água com o aumento da temperatura atmosférica.

Apesar de estatisticamente semelhante, a taxa de sudação foi maior, demonstrando o processo de dissipação de calor pelos animais através do aquecimento da água interior do

corpo mais a evaporação desta na superfície da pele do animal na tentativa de manter a homeotermia, coincidindo com os resultados apresentados por Ribeiro et. al. (2009).

O consumo de sal, bem como a sua relação entre consumo de sal por litros de água, demonstrou resposta do tipo linear em função das inclusões do milho expandido da dieta.

Tabela 14. Consumo de água (CH₂O) em L/dia, em g/kg^{0,75} (CH₂OPM), relação entre consumo de água e ingestão de matéria seca (CH₂O/MSI) em L/Kg, excreção de urina em L, taxa de sudação em g/d, retenção de água em L/dia (RH₂O), consumo de sal (Csal) em g, e relação entre consumo de sal e ingestão de água (CSal/CH₂O), em g/L, em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				
	0	33	66	100	CV
CH ₂ O (L/dia)	3,39a	3,61a	3,26a	3,29a	26,68
CH ₂ OPM (g/kg ^{0,75})	180,30a	187,30a	167,30a	173,40a	29,47
CH ₂ O/MSI (L/kg)	2,69a	2,67a	2,69a	2,66a	17,10
Urina (L)	0,76a	0,74a	0,75a	0,79a	48,85
Taxa de Sudação (g/d)	175,1a	222,6a	164,5a	195,0a	56,94
RH ₂ O (L/dia)	1,86a	1,97a	1,74a	1,70a	29,79
Consumo de Sal (g)	1,33d	12,33c	23,33b	34,66a	2,22
CSal/ CH ₂ O (g/L)	0,18d	3,62c	8,06b	11,43a	36,12
Peso Vivo (Kg)	49,08	50,55	50,46	50,46	
	Ambientes				
	Conforto	Estresse			
CH ₂ O (L/dia)	2,84b	3,93a			
CH ₂ OPM (g/kg ^{0,75})	150,0b	204,0a			
CH ₂ O/MSI (L/kg)	2,04b	3,32a			
Urina (L)	838,91a	690,96a			
Taxa de Sudação (g/d)	170,9a	207,7a			
RH ₂ O (L/dia)	1,04b	2,60a			
Consumo de Sal (g)	17,75b	18,08a			
CSal/ CH ₂ O (g/L)	6,65a	5,00a			
Peso Vivo (Kg)	49,77	53,41			

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas.

CV = Coeficiente de variação

Apesar dessa relação linear encontrada, não há trabalhos na literatura que apresentem informações consistente sobre a relação entre consumo de sal mineral e níveis energéticos na dieta de animais domésticos, sendo esse resultado inesperado.

Os maiores valores no consumo de sal obtidos durante o período de estresse pode ser explicado pela excreção do mesmo através do suor, uma vez que a dissipação do calor através das vias cutâneas acarreta em perda de minerais como o sódio durante o processo, correlacionando positivamente o maior consumo de sal com maiores valores de sudação em animais sob estresse calórico (Starling, 2002).

4.4. Balanço de nitrogênio

Os níveis de nitrogênio ingerido (g/dia), nitrogênio fecal (g/dia), nitrogênio urinário (g/dia), e nitrogênio retido (%) encontram-se na tabela 15.

A ingestão e excreção de nitrogênio pelos animais é relacionada diretamente à quantidade de proteína e nitrogênio não protéico ingerido através da dieta, digerida e excreta através das fezes e urina, uma vez que sua concentração é advinda pela degradação e digestão pelos microrganismos ruminais e enzimas digestivas. Podemos inferir então que os valores de nitrogênio ingerido encontrados estão relacionados com altos valores de PB ingerida pelo animal e os valores de nitrogênio fecal aos valores de digestibilidade da PB.

Tabela 15. Níveis de Nitrogênio ingerido (NIng; g/dia), Nitrogênio Fecal (NFecal; g/dia), Nitrogênio Urinário (NUri; g/dia), e Nitrogênio Retido (NRet; g/dia) e Balanço de Nitrogênio (BN; %) em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas				
	0	33	66	100	CV
NIng	34,29	37,68	34,39	32,15	19,15
NFecal	8,20	9,07	8,00	8,11	25,23
NUri	9,92	10,01	9,78	10,56	31,81
NRet	16,16	18,59	16,59	13,47	32,48
BN	46,18	48,30	48,54	41,92	18,11

	Ambientes	
	Conforto	Estresse
NIng	37,70a	31,55b
NFecal	9,25a	7,44b
NUri	11,18a	8,95b
NRet	17,25	15,15
BN	44,68	47,79

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas

CV = Coeficiente de variação

O processamento de grãos de cereais, como o milho promove o aumento da taxa de digestão do amido e aumento da produção de proteína microbiana no rúmen, conseqüentemente com menores teores de amônia ruminal. Os altos valores encontrados no nitrogênio ingerido podem ser atribuídos à proporção concentrado:volumoso das dietas, fazendo com que uma maior quantidade de amido e proteína proveniente do concentrado seja fermentado e degradado no rúmen.

O NRC (2007) recomenda a ingestão de 11,04 a 12,64g/dia de N para manutenção de ovinos de 50 a 60kg. As dietas avaliadas obtiveram médias muito superiores, chegando a mais do que o triplo do recomendado.

O valor de nitrogênio ingerido encontrado superou em 47% aqueles reportados por Rodrigues (2002), em torno de 35g/dia de média.

A eficiência da utilização do nitrogênio pelos microrganismos do rúmen pode ser observado nos valores relativamente baixos de nitrogênio fecal e urinário, e consequentemente nos valores de nitrogênio retido e de balanço de nitrogênio, corroborando com os resultados encontrados por Rodrigues (2002).

Valores para nitrogênio ingerido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário demonstraram diferença ($P < 0,05$) somente entre ambientes térmicos. Essa redução durante o período de estresse pode refletir uma inibição da ingestão de alimento, gerado pelos processos fisiológicos da termorregulação em resposta ao estresse calórico (Cunningham, 1999), reduzindo a quantidade de nitrogênio ingerido na forma de PB e nitrogênio não protéico através do alimento, reduzindo a quantidade de microrganismos no rúmen por falta de substrato e consequentemente a síntese protéica.

4.5. Parâmetros ruminais

4.5.1. Valores de pH

Os resultados observados para o pH médio do líquido ruminal, a cada duas horas, em seis tempos de coleta, são mostrados na tabela 16.

As rações utilizadas não alteraram ($P > 0,05$) o pH, independente do tempo de amostragem pós-prandial.

Os valores de pH estiveram na faixa preconizada para máximo crescimento dos microrganismos ruminais, entre 5,7 a 7,0. Hungate (1966), Church (1988) e Dehority (1977) admitem que as flutuações no pH do rúmen refletem as variações nas quantidades dos ácidos orgânicos que acumulam no conteúdo ruminal e da quantidade de saliva que é produzida. Dessa maneira, o pH ruminal geralmente atingirá o nível mais baixo de duas a seis horas após a alimentação, dependendo da natureza da dieta, e da rapidez com que é ingerida.

Tabela 16. Valores de pH do líquido ruminal de ovinos submetidos às temperaturas ambientais e rações

Tempo	Dietas			
	0	33	66	100
0	6,94	6,93	6,89	6,88
2	6,58	6,70	6,60	6,55
4	6,45	6,62	6,43	6,38
6	6,58	6,69	6,55	6,51
8	6,64	6,78	6,75	6,66
12	6,86	6,86	6,91	6,97
Média	6,67	6,76	6,69	6,66

Tempo	Ambientes	
	Conforto	Estresse
0	7,20Aa	6,62Abb
2	6,67Ca	6,54Ba
4	6,62Ca	6,32Cb
6	6,70Ca	6,46Cb
8	6,75Ba	6,66ABa
12	6,99Aa	6,81Aa

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas.

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre linhas.

Coefficiente de variação = 3,79 para efeito tempo.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) no efeito tempo (horas após a alimentação) indicando que houve variabilidade do pH do líquido ruminal em função do tempo, demonstrado no gráfico 1.

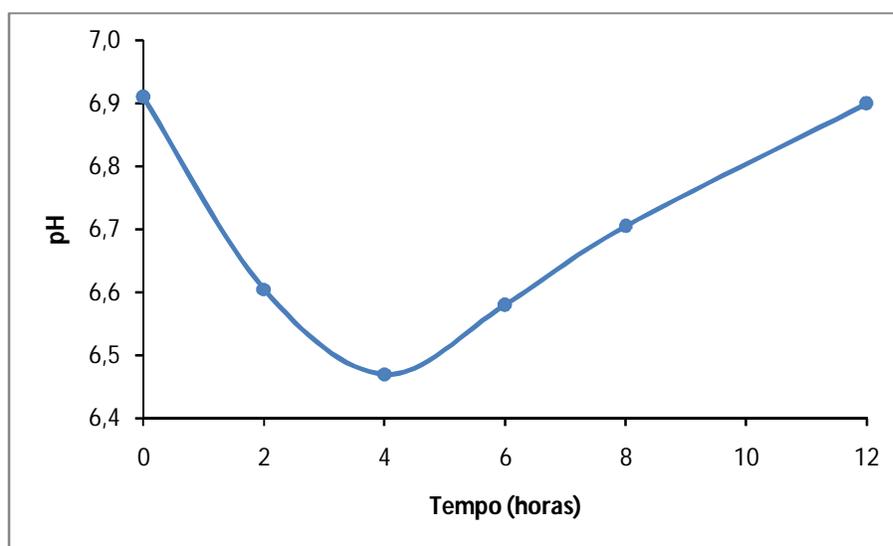


Gráfico 1. Valores de pH do líquido ruminal em função do tempo

Segundo Van Soest (1994), dietas com grandes quantidades de amido ou carboidratos solúveis resultariam em valores de pH baixo, ao passo que em dietas com preponderância de celulose e outros carboidratos que são metabolizados vagarosamente, a queda do pH não seria tão acentuada.

O fato da coleta de líquido ter sido feita através de sonda esofagiana pode ter mascarado os resultados obtidos em função das dietas experimentais dentro do tempo de coleta, uma vez que a contaminação por saliva neste método é iminente, principalmente quando realizada em pequenos ruminantes (Radostits et al., 2002), mesmo tendo essa premissa como verdadeira e possível de ter ocorrido, é justo estabelecer que o grau de comprometimento estaria presente em todos os momentos de amostragem do líquido ruminal e portanto, o tipo de resposta persiste, e caso tenha havido interferências, essas referem-se aos valores fisiológicos tidos como normais para a espécie e circunstâncias.

Porem, os resultados obtidos para as médias de pH mostraram significância quando retirado os efeitos de dieta, demonstrando que mesmo com riscos de contaminação, os resultados encontrados são válidos, e que o aumento dos níveis de inclusão de milho expandido na dieta experimental não influenciou no pH.

O menor valor médio de pH encontrado neste ensaio ocorreu 4 horas após a primeira alimentação, possivelmente devido à maior taxa de produção de ácidos graxos voláteis, provenientes da fermentação da fração não-fibrosa do alimento (Van Soest, 1994), refletindo o balanço entre as taxas de produção de ácidos graxos voláteis, o influxo de tamponantes por meio da saliva e a presença e/ou liberação de substâncias tamponantes dos alimentos (Owens e Goestch, 1988).

Resultados semelhantes foram relatados por Geron (2003), avaliando diferentes fontes protéicas e Mendonça et al. (2004), estudando vacas alimentadas com dietas à base cana de açúcar, que obtiveram o pH ruminal médio de 6,60. Wernersbach Filho et al. (2006), avaliaram a influência do tipo de processamento do concentrado e obtiveram pH médio 6,58.

Os valores de pH ficaram acima dos valores mínimos considerados para que não haja influencia negativa na degradação da porção fibrosa da dieta, permitindo uma atividade microbiana normal.

As temperaturas do ambiente influenciaram no pH ruminal dos animais, onde os menores valores são encontrados para o período de estresse térmico, como demonstrado na gráfico 2.

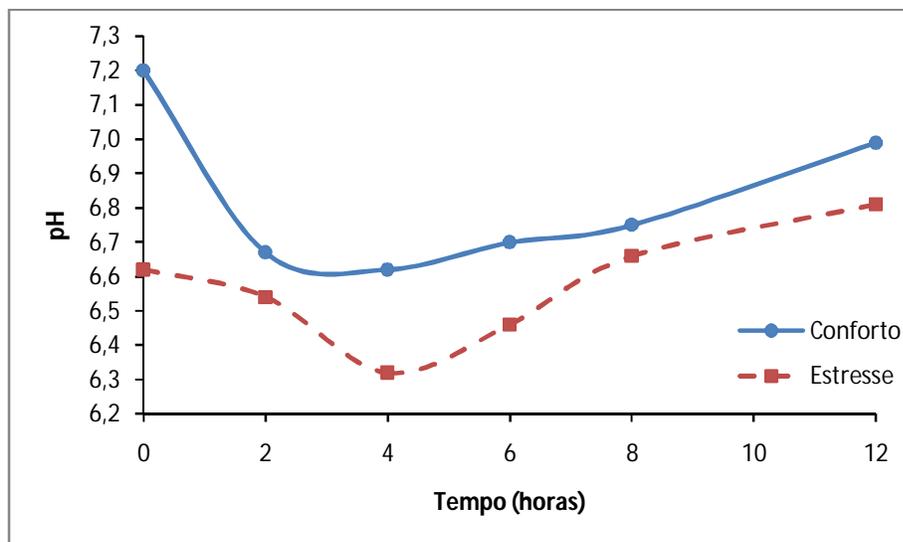


Gráfico 2. Valores pH do líquido ruminal em função do tempo, em ambientes de conforto e estresse

A redução voluntária e a seletividade na ingestão do alimento pelos animais, durante tal período, acarretam em maior digestibilidade do alimento pela diminuição da taxa de passagem do mesmo (Waren et al., 1974; Silanikove, 1992; Silanikove, 2000) e conseqüentemente uma maior quantidade de ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos pelos microorganismos do rúmen (Santos, 2006). A taxa de absorção dos AGVs é feita através de difusão passiva, associado ao pH ruminal sendo que quanto menor o pH, menor a absorção dos mesmos (Santos, 2006). Sendo assim, quanto maior a digestibilidade do alimento e a quantidade de AGVs produzidos no rúmen, menor é o pH, justificando a diferença encontrada entre conforto e estresse.

4.5.2. Nitrogênio amoniacal

Os resultados observados para o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) médio do líquido ruminal, em seis tempos de coleta (a cada duas horas) em função das dietas avaliadas são apresentados na tabela 17.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre níveis de inclusão de milho expandido em substituição ao fubá de milho e horas de coleta de líquido ruminal, em função das concentrações de N-NH₃ encontrado.

Tabela 17. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal em função das diferentes inclusões de milho expandido na dieta

Tempo	Dieta				Média
	0	33	66	100	
0	13,90	14,61	15,36	13,29	14,29B
2	22,63	18,28	17,06	14,63	18,15A
4	16,03	15,43	14,50	13,01	14,74B
6	14,68	16,20	15,68	13,81	15,09B
8	14,61	14,52	13,43	14,77	14,33B
12	16,25	14,48	14,60	14,38	14,93B
CV	22,22				

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre linhas.
CV = Coeficiente de variação

Os valores encontrados estiveram dentro dos preconizados por Satter e Slyter (1974) e Mehrez et al. (1977), sendo de 5 mg/100 mL mínimo necessário para ocorrência da fermentação microbiana, e de 23,5 mg/100 mL para uma máxima fermentação microbiana, respectivamente.

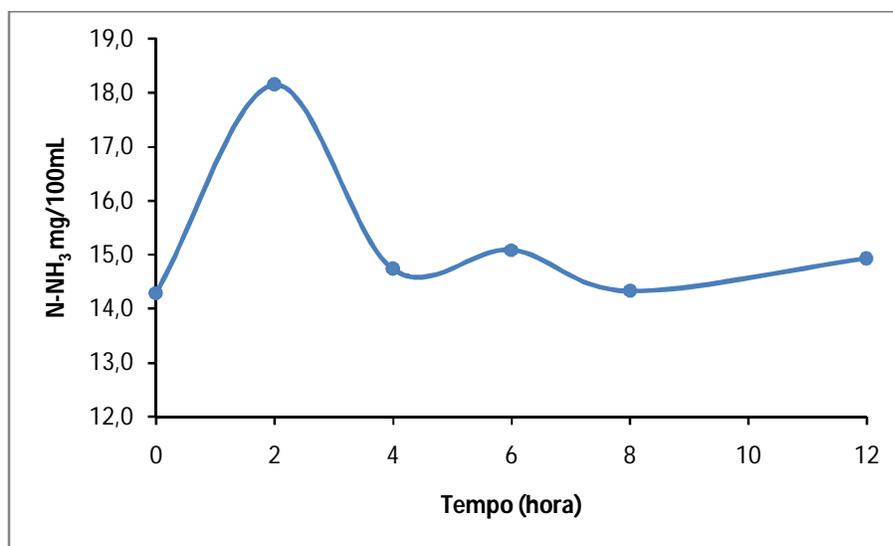


Gráfico 3. Concentrações de N-NH₃ em função dos tempos de coleta

O N-NH₃ produzido na fermentação ruminal em função dos tempos de coleta encontram-se na tabela 16, sendo demonstrados no gráfico 3. Os níveis de N-NH₃ oscilaram entre 15mg/100mL em média nos tempos avaliados, com valores máximos de 18,15mg/100mL duas horas após a ingestão de alimento. Esse resultado aponta que os

carboidratos de rápida degradação, tal como o amido e o amido gelatinizado presente na dieta, foram em sua maioria degradados nas duas primeiras horas após a ingestão do alimento, o que é esperado quando se trabalha com altos níveis de concentrado na dieta de ruminantes.

Na tabela 18 se encontram os resultados observados para o N-NH₃ médio do líquido ruminal (mg/100mL) encontrado nos ambientes térmicos em relação às dietas, em função dos valores médios das dietas, dos valores médios para ambiente e dos valores médios encontrado nos tempos de coleta.

Tabela 18. Concentrações médias de N-NH₃ (mg/100mL) no líquido ruminal em função das diferentes inclusões de milho expandido na dieta, dos ambientes térmicos e dos seis tempos de coleta

Ambiente	Dietas			
	0	33	66	100
Conforto	16,62Aa	15,87Aa	17,00Aa	15,02Aa
Estresse	16,10Aa	15,31Aa	13,22Bb	12,95Bb
Média	16,35 ^a	15,59ab	15,10ab	13,98b
Tempo	Ambientes			
	Conforto	Estresse		
0	13,60	14,98		
2	19,27	17,03		
4	15,83	13,65		
6	16,76	13,43		
8	14,78	13,89		
12	15,00	14,85		
Média	15,87 ^a	14,64b		
CV	22,22			

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas.

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre linhas.

CV = Coeficiente de variação

Os níveis de inclusão de milho expandido nos dois ambientes térmicos sinalizam que tais inclusões não obtiveram diferença nos valores de N-NH₃ produzidos no rúmen pelos microrganismos, durante o período de conforto. Isso demonstra que a maior ingestão de alimento, durante o período supracitado, influenciou no equilíbrio do sincronismo de liberação de energia, gerada na degradação do alimento, e conseqüentemente na utilização de N-NH₃ para síntese protéica, independente do aumento linear do nível de energia prontamente metabolizável na dieta.

Durante o período de estresse foi observada uma redução de N-NH₃ em comparação com o período de conforto. Isso pode ser atribuído a uma maior degradabilidade do alimento no rúmen, causada pela redução da ingestão de alimento e conseqüentemente uma baixa taxa

de passagem (Waren et al., 1974; Silanikove, 1992; Silanikove, 2000), com maior liberação de nitrogênio, energia e, conseqüentemente, resultando em maior síntese protéica.

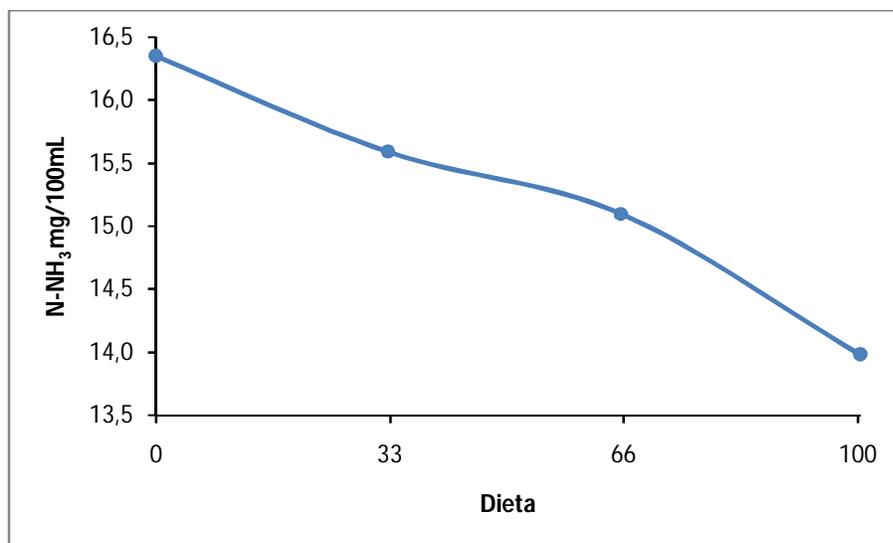


Gráfico 4. Concentração de N-NH₃ no líquido ruminal em função das dietas experimentais

A inclusão de milho expandido em substituição ao milho moído na dieta apresentou comportamento linear na redução dos níveis de N-NH₃ (gráfico 4), demonstrando que a maior disponibilidade de energia metabolizável proveniente da degradação do amido gelatinizado, aumentou significativamente a utilização de N-NH₃ pelos microrganismos na síntese protéica, diminuindo assim seus valores.

4.5.3. Ácidos graxos voláteis

Nas tabelas 19, 20 e 21 estão os dados relativos à produção de ácidos graxos voláteis, em mM/mL e em %, em função dos tempos de coleta, das dietas experimentais e dos ambientes avaliados.

Os ácidos graxo voláteis tendem a manter uma mesma proporção, de acordo com o substrato degradado e a relação entre concentrado:volumoso da dieta. Os níveis médios encontrados neste trabalho se encontram dentro dos padrões de fermentação para dietas contendo relação 50:50 entre concentrado e volumoso apresentado por Berchielli et al. (2006).

Ao observarmos os ácidos graxos voláteis totais (tabela 18), podemos inferir que as dietas experimentais apresentaram baixos valores no tempo 0, devido ao jejum do animal, elevando-se após 2 h e mantendo-se até as 4h, oscilando nos tempos subsequentes. A maior produção de AGV's entre as primeiras duas horas pós-prandias, podendo se estender até quatro horas após a alimentação de acordo com a qualidade e relação volumoso:concentrado do alimento, ocorre pela maior fermentação dos carboidratos não fibrosos, rapidamente degradáveis no rúmen, estabilizando então a partir das 4-6 horas pós-prandias, em função da lenta degradação dos carboidratos estruturais presente na porção volumosa da dieta (Van Soest, 1994).

Tabela 19. Concentração de ácidos graxos voláteis totais, ácido acético, propiônico e butírico, e, mM/100mL de líquido ruminal e em porcentagem, em função dos tempos de coleta

Ácidos Graxos	Tempo					Média	CV
	0	2	4	6	8		
Acético (mM/100mL)	4,27b	7,95a	8,72a	8,27a	8,51a	7,55	29,14
Propiônico (mM/100mL)	1,78b	3,67a	3,59a	3,64a	3,99a	3,33	29,47
Butírico (mM/100mL)	0,67c	1,48a	1,12b	1,18b	1,42a	1,17	36,17
AGV total (mM/100mL)	6,73b	13,11a	13,44a	13,10a	13,93a	12,06	28,23
Acético (%)	63,86c	59,88ab	64,84a	63,15ab	61,44bc	62,53	5,81
Propiônico (%)	26,71 ^a	28,72a	26,86a	27,97a	28,37a	27,73	12,21
Butírico (%)	9,91b	11,38a	8,29c	8,87c	10,17b	9,73	16,25

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas.

CV = Coeficiente de variação

A concentração de ácido acético, na sua maioria pela degradação da porção fibrosa dos alimentos, obtiveram maiores valores absolutos a partir do tempo 2, valor máximo no tempo 4 e mantendo se estável até o tempo 8. Isso pode ser atribuído às características de degradação da celulose, carboidrato estrutural de difícil degradação e principal precursor de acetato, obtendo seu ápice de degradação mais tardio.

O ácido propiônico apresentou aumento significativo nas primeiras duas horas após a alimentação, oscilando durante todos os outros tempos avaliados. Esse grande aumento é atribuído à alta quantidade de carboidratos rapidamente degradáveis no rúmen que compõe a dieta, principalmente o amido, principal precursor desse ácido graxo de cadeia curta.

O ácido butírico, oriundo da degradação de celulose e hemicelulose e síntese de outros compostos da degradação de outras bactérias, acompanhou o comportamento do ácido propiônico, aumentando sua concentração nas duas primeiras horas e oscilando

nos tempos subsequentes. Sua oscilação entre os tempos 2 e 8 podem ser atribuídas à síntese desse ácido através das moléculas de acetato, coincidindo com os resultados obtidos para ácido acético.

Tabela 20. Concentração de ácidos graxos voláteis totais, ácido acético, propiônico e butírico, e, mM/100mL de líquido ruminal, em função dos tempos de coleta e ambientes térmicos

Tempo	Acético (mM/100mL)		Propiônico (mM/100mL)		Butírico (mM/100mL)		AGV Total (mM/100mL)	
	Conf	Estr	Conf	Estr	Conf	Estr	Conf	Estr
0	4,72Ca	3,83Ab	1,92Ca	1,64Ca	0,68Ca	0,66Ca	7,33Ca	6,14Ca
2	10,68Aa	5,23Ab	4,80Aa	2,54Bb	1,90Aa	1,06Bb	17,39Aa	8,84Bb
4	8,81Ba	8,63Aa	3,29Ba	3,90Aa	0,80Cb	1,43Aa	12,91Ba	13,98Aa
6	7,78Ba	8,77Aa	3,28Bb	4,00Aa	0,93Cb	1,42Aa	12,00Ba	14,20Aa
8	8,53Ba	8,49Aa	3,82Ba	4,15Aa	1,35Ba	1,49Aa	13,72Ba	14,14Aa
Média	8,10 ^a	6,99b	3,42 ^a	3,25a	1,13a	1,21a	12,67a	11,46b
CV	29,14		29,47		36,17		28,23	

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas.

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre linhas.

CV = Coeficiente de variação; Conf = conforto; Estr = estresse.

Avaliando tempo em cada ambiente com temperatura distinta, registra-se diferença (P<0,05) para todos os AGV's avaliados.

O ácido acético, propiônico e butírico, em função do tempo das coletas dentro do período de conforto, obtiveram maiores valores durante as duas primeiras horas pós-prandial, com uma redução significativa nos tempos subsequentes (Tabela 19). Segundo Van Soest (1994), tal fato pode ser atribuído a uma ingestão normal do alimento imediatamente após seu fornecimento, apresentando comportamento normal de fermentação ruminal.

Tabela 21. Concentração de ácidos graxos voláteis totais, ácido acético, propiônico e butírico, em mM/100mL de líquido ruminal, em função das dietas experimentais

Dieta	Acético (mM/100mL)		Propiônico (mM/100mL)		Butírico (mM/100mL)		AGV Total (mM/100mL)	
	Conf	Estr	Conf	Estr	Conf	Estr	Conf	Estr
0	7,72	7,08	3,03	3,40	1,10Ba	1,26Aa	11,60	11,75
33	7,88	6,95	3,40	3,13	0,95Cb	1,27Aa	12,24	11,35
66	8,66	6,76	3,35	3,31	1,38Aa	1,14Aa	13,40	11,22
100	8,16	7,16	3,91	3,14	1,10ABa	1,19Aa	13,18	11,50
CV	29,14		29,47		36,17		28,23	

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas.

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre linhas.

CV = Coeficiente de variação

Por sua vez, a concentração de AGV's durante o período de Estresse térmico, se demonstrou de comportamento linear, aumentando gradativamente a partir do momento de ingestão do alimento (tempo 0). Isso pode ser evidenciado pela regulação do consumo voluntário em animais sob estresse calórico que, além de reduzir a ingestão de alimento, fracionam o consumo em diversas horas do dia na tentativa de reduzir o incremento calórico gerado pela fermentação do alimento no rúmen. A única exceção foi o ácido acético, que não diferenciou a sua produção em função do tempo.

As concentrações de ácidos graxos voláteis não diferiram em função das dietas avaliadas, em exceção ao ácido butírico.

4.6. Parâmetros clínicos das ovelhas

Os ovinos são animais domésticos que apresentam mecanismos anatomofisiológicos propícios à sobrevivência em regiões de altas temperaturas. Por possuírem ampla faixa de termoneutralidade, na qual o esforço termorregulatório é mínimo, a eficiência produtiva pode não ser comprometida. No entanto, a raça Santa Inês apesar de resistente ao estresse calórico, obteve resposta minimizada neste ensaio, devido ao excesso de calor ao qual foi submetida.

4.6.1. Frequência cardíaca das ovelhas

A frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm) em função dos tratamentos avaliados neste ensaio se encontra na tabela 22.

O aumento dos níveis de milho expandido na dieta não obteve efeito ($P>0,05$) no aumento da frequência cardíaca dos animais, resultado não esperado, uma vez que tal variável, assim como a frequência respiratória, participam ativamente no processo termorregulatório do animal (Johnson et. al.,1991; Elvinger et. al. ,1992), para dissipação do incremento calórico gerado pela degradação da dieta.

A frequência cardíaca dos animais submetidos ao período de estresse obteve valores significativamente maiores do que quando comparado aos animais submetidos ao período de conforto. Faria (2010) em estudos a campo, Nauheimer-Thoneick et. al. (1988) e Ferreira (2005), trabalhando em câmara climatizada, observaram aumento na frequência cardíaca dos animais, atribuído possivelmente à redução do volume sanguíneo circulante.

Tabela 22. Frequência cardíaca, em batimentos por minuto (bpm), dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas			
	0	33	66	100
Conforto	82,12	80,12	79,70	78,66
Estresse	86,87	83,79	80,68	77,83
Manhã	84,77	84,16	80,77	79,29
Tarde	84,22	79,75	79,62	77,20
Média	84,50	81,95	80,19	78,25

Turno	Ambientes	
	Conforto	Estresse
Manhã	79,34 Aa	85,15 Aa
Tarde	80,96 Aa	79,43 Aa
Média	80,15b	82,29 ^a

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas
 Coeficiente de variação = 15,55%.

Bianca (1965) relatou ser contraditório a relação frequência cardíaca em resposta ao estresse calórico, sendo essa variável positivamente relacionada com a taxa metabólica do animal (Ferreira, 2005).

Maciel et al. (2009a), avaliando diferentes fontes de carboidratos em dietas para ovinos submetidos à estresse térmico em câmara climática, observou redução dos batimentos cardíacos em animais sob estresse calórico, o que, juntamente com Kadzere et al. (2002), que associa tal redução com uma taxa reduzida de produção de calor em resposta a temperaturas ambientais elevadas.

Sendo assim, é sugestivo postular que a frequência cardíaca não é um parâmetro confiável para determinação de estresse pelo fato de ser afetada e alterada por diversos fatores intrínsecos e extrínsecos, tais como temperatura ambiente, idade, individualidade, categoria animal, temperamento, exercício físico, estágio fisiológico, volume do plasma sanguíneo e o grau de excitação do animal, conforme bem descrito por Silva e Gondim (1971) e Santos et al. (2006).

4.6.2. Frequência respiratória das ovelhas

A frequência respiratória (FR) em movimentos por minuto (mpm) em função dos tratamentos avaliados neste ensaio se encontra na tabela 23.

O emprego de milho expandido não afetou a frequência respiratória das ovelhas ($P>0,05$), no entanto, independente do momento do dia, o ambiente mais calórico apresentou maiores níveis dessa resposta ($P<0,05$). Observou-se aumento do ritmo respiratório quando avaliado entre os ambientes, sendo os maiores valores atribuídos ao período de estresse, com 86,85 mpm, ao passo que o período de conforto se observou 30,20mpm médio nos animais.

Esse último achado, pode encontrar sustentação na afirmativa de que a frequência respiratória é regulada pelo hipotálamo, constituindo-se em um parâmetro muito sensível ao calor ambiental, sendo a primeira resposta visível ao aumento da temperatura ambiente (Yassen, 1977), acontecendo após mecanismos de vasodilatação e sudorese, elevando-se antes da temperatura retal (Baccari Jr, 2001; Faria, 2010).

Tabela 23. Frequência respiratória, em movimentos por minuto (mpm), dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas			
	0	33	66	100
Conforto	31,58	31,02	29,47	28,72
Estresse	94,45	90,14	89,75	73,06
Manhã	62,33	53,47	56,29	53,27
Tarde	63,70	67,68	62,93	48,52
Média	63,02	60,58	59,61	50,89
Turno	Ambientes			
	Conforto	Estresse		
Manhã	30,77Aa	81,91Aa		
Tarde	29,63Aa	91,79Aa		
Média	30,20b	86,85a		

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P<0,05$) entre colunas
Coeficiente de variação = 31,83%.

Os valores obtidos nos dois ambientes (tabela 23) corroboram com dados de Maciel et al. (2009), e Castro et al. (2010), que ao avaliar o efeito do estresse calórico sobre os parâmetros clínicos de ovelhas Santa Inês em câmara climática, observaram aumento da frequência respiratória durante o período de estresse (35°C), sendo na grandeza de 80,56 e 74,43 movimentos por minuto, respectivamente.

Souto et al. (1990a), verificando as reações fisiológicas de ovinos em câmara climática, verificou aumento da frequência respiratória em função do aumento da temperatura ambiente, resultado também observado por Souza et. al. (2005), estudando a mesma variável em caprinos no semi-árido.

Para Silva (2000) a frequência respiratória é mecanismo fisiológico termorregulatório compensatório de maior eficiência, usado pelos animais com o intuito de trocar calor com o meio ambiente, minimizando o efeito do estresse calórico e visando o conforto térmico. Muito embora, em se tratando de animais deslanados, as ovelhas da raça Santa Inês, assim como a maioria dos mamíferos, tem na sudção sua forma mais eficiente de perda de calor, como apontado por McDowell (1974).

4.6.3. Movimento ruminal das ovelhas

O movimento ruminal médio (movimentos a cada 3 minutos), em função das dietas, ambientes térmicos e horários avaliados, são demonstrados na tabela 24.

Não se constatou alteração nos movimentos ruminais quando se avaliou o grau de substituição do milho normal pelo expandido ($P>0,05$). Também não se verificou efeito em função da temperatura ambiental estudada. Por outro lado, os horários avaliados impuseram diferenças nesse ritmo de movimentos, que foi maior ($P<0,05$) pela manhã. Isso se deu em função dos horários de alimentação dos animais e do horário da coleta dos dados, sendo a coleta do período da manhã ocorria uma hora e meia após o fornecimento do alimento aos animais, enquanto que a coleta de dados no período da tarde ocorria 10 horas após o fornecimento da primeira alimentação, e 2 horas antes da segunda alimentação do dia.

Tabela 24. Movimento ruminal (movimento a cada 3 minutos) dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas			
	0	33	66	100
Conforto	2,85	2,85	2,79	3,02
Estresse	2,77	2,83	2,79	2,81
Média	2,81	2,84	2,79	2,91
Turno	Ambientes			Média
	Conforto	Estresse		
Manhã	3,02	2,93		2,97A
Tarde	2,73	2,66		2,70B
Média	2,88	2,80		

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P<0,05$) entre linhas
Coeficiente de variação = 15,34%.

O movimento ruminal pode ser definido como movimentos sistêmicos do retículo-rúmen a fim de promover a mistura do conteúdo ruminal, esvaziamento, eructação dos gases e ruminação dos animais (Cunninghan, 1999).

McDowell (1974), avaliando vacas leiteiras em condições de estresse calórico, observou redução no consumo de volumoso, porém mantendo o de concentrado. Dessa forma, o autor afirma haver um grande aumento na produção de ácidos graxos de forma descompensada, tendo no aumento dos movimentos ruminais uma tentativa de maior homogeneização da ingesta.

Ao contrário dos valores apresentados por este autor, o menor consumo de alimento observado neste ensaio durante o período de estresse, e a relação concentrado:volumoso presente nas dietas avaliadas, provavelmente proporcionaram menor movimentação ruminal durante tal período, talvez não pelo desbalanço da relação concentrado:volumoso da dieta ingerida, ocasionado pela alta seletibilidade dos ovinos, mas sim em função da menor quantidade de substrato presente no rúmen através da redução do consumo em si.

4.6.4. Parâmetros glicêmicos

Os parâmetros glicêmicos dos animais (mg/dL) avaliados em cinco tempos distintos de coleta em função dos tratamentos são descritos na tabela 25.

Não se detectou efeitos da substituição do milho normal pelo expandido nas rações das ovelhas, independentemente do momento de amostragem sanguínea ($P>0,05$). Nesse sentido, Gonzáles e Silva (2003) relataram que na digestão de ruminantes pouca glicose é proveniente do trato alimentar, entrando na corrente sanguínea. Assim, a dieta tem pouco efeito sobre a glicemia em função dos mecanismos homeostáticos, exceto em animais com severa desnutrição.

Segundo Contreras et al. (2000) e Maciel et al, (2009b), o teor de glicose sanguínea possui pouca variação, em função dos eficientes mecanismos homeostáticos do organismo, os quais envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon sobre o glicogênio e dos glicocorticóides sobre a gliconeogênese, mantendo constantes as concentrações de glicose no sangue.

Apesar de não ter demonstrado significância ao ser avaliada por regressão, a taxa glicêmica média em função do tempo de coleta demonstrou um comportamento cúbico,

iniciando com valores basais no tempo 0, aumentando no tempo 3 e oscilando nos tempos consecutivos, reduzindo no tempo 6, aumentando no tempo 9, e reduzindo novamente no tempo 12, onde os animais receberam nova alimentação.

Tabela 25. Parâmetros glicêmicos (mg/dL) coletados em cinco tempos distintos em função da condição ambiental e das rações utilizadas

Glicemia	Dietas			
	0	33	66	100
T0	65,00	64,56	62,68	62,87
T3	66,25	69,68	67,18	67,18
T6	69,31	65,12	60,06	66,06
T9	71,00	69,00	68,56	68,00
T12	68,56	66,93	68,56	66,06

Glicemia	Ambientes			Média
	Conforto	Estresse		
T0	64,84	62,71		63,78B
T3	68,25	66,90		67,57 AB
T6	67,31	62,96		65,14B
T9	70,81	67,46		69,14A
T12	67,90	67,15		67,53AB
Média	67,82°	65,44b		

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre colunas.

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, $P < 0,05$) entre linhas.

Coefficiente de variação = 13,21%

Tal resposta pode ser evidenciada pela alta degradabilidade do concentrado da dieta nas primeiras horas, oscilando conseqüentemente por causa da extensão da digestão da porção fibrosa da dieta no rúmen. Como resultados dessa fermentação ruminal são produzidos grandes quantidades de ácidos graxo, dentre eles o ácido propiônico, principal precursor de glicose nos ruminantes.

Como pode se observar na tabela 25, os menores valores glicêmicos são encontrados durante o período de estresse, diferindo dos resultados encontrados por Maciel et al., (2009b). O autor sugere que, animais submetidos a qualquer agente estressor, sendo nesse caso, a temperatura, sofrem ativação do eixo hipotálamohipófise-adrenais, o qual lança na circulação hormônios glicocorticóides, apresentando na sua composição o cortisol que tem a capacidade de aumentar a taxa de glicose sanguínea pela neoglicogênese.

O estresse calórico crônico, gerado não pela temperatura acima do ponto crítico dos animais (temperatura crítica superior), o que não foi alcançado no tratamento, mas sim pelo excesso de temperatura em uma constância de 24 horas, durante todo o período

de estresse, pode ter acarretado aos animais uma demanda constante na utilização da glicose, para manutenção dos mecanismos termorregulatórios durante os períodos diurnos e noturnos, desequilibrando a homeostasia glicêmica por balanço negativo de glicose disponível no sangue do animal.

4.6.5. Temperatura retal das ovelhas

Não houve interação ou diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados sobre a temperatura retal (TR) dos animais, o que permite inferir que houve manutenção da homeotermia, mesmo quando estes foram submetidos a 35°C, durante o período de estresse, e aos diferentes níveis de inclusão de milho expandido na dieta (Tabela 26). Os resultados corroboram com os encontrados por Titto et al. (1998), demonstrando a eficiência da termólise evaporativa no processo de termorregulação pelos animais.

A temperatura retal é um parâmetro fisiológico que reflete o real equilíbrio térmico corporal, entre a quantidade de calor produzida e a dissipada ao meio externo (Baccari Jr, 1987; Ferreira, 2005; Faria, 2010). É influenciada pela atividade muscular, raça, sexo, idade, comprimento da lã, estação do ano, radiação solar e temperatura ambiente (Hassanin et al., 1996).

Tabela 26. Temperatura retal dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas			
	0	33	66	100
Conforto	38,8	38,8	38,7	38,7
Estresse	38,8	38,1	38,8	38,8
Manhã	38,7	38,7	38,7	38,7
Tarde	38,8	38,1	38,8	38,8
Média	38,8	38,4	38,7	38,8
	Ambientes			Média
	Conforto	Estresse		
Manhã	38,7	38,8		38,7
Tarde	38,8	38,5		38,6
Média	38,8	38,6		

Coeficiente de variação = 2,71%

Cesar et al. (2004), Neiva et al. (2004) e Andrade, et al. (2007) em trabalhos com ovinos submetidos ao estresse calórico, evidenciaram que o turno influenciou a TR dos animais, sendo observada a maior média no turno da tarde em relação ao da manhã em animais à

campo. Tais resultados não se assemelham aos encontrados neste trabalho por causa da constância da temperatura na câmara climática, e da completa ausência da radiação solar sobre os animais, resultando em valores mais homogêneos para temperatura real.

Verificando as reações fisiológicas de ovinos em câmara climática, submetidos a temperaturas ambiente entre 22-25°C e 32-35°C, e umidade relativa em torno de 75%, alimentados com dietas de quatro níveis de energia, Souto et al. (1990a) não observaram efeito da interação nível de energia da dieta x faixa de temperatura retal, em função do aumento da temperatura ambiente.

4.6.6. Taxa de sudação

A taxa de sudação dos animais, em $\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, em função das dietas e ambientes avaliados se encontram na tabela 27.

Tabela 27. Taxa de Sudação ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$) dos animais em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	Dietas			
	0	33	66	100
Conforto	163,0	210,3	152,6	172,4
Estresse	130,0	147,3	115,7	140,8
Manhã	139,0	188,6	122,5	149,1
Tarde	149,1	169,0	145,8	164,1
Média	146,5	178,8	134,2	156,6
Ambientes				
Turno	Conforto		Estresse	
Manhã	167,3		132,3	
Tarde	181,8		134,6	
Média	174,6		133,5	

Coefficiente de variação = 65,8%

A taxa de sudação não se mostrou influenciada pelos tratamentos avaliados neste ensaio. Silva (1990), trabalhando com ovinos deslanados em temperaturas de 25 e 35°C demonstrou que essa diferença pode ser atribuída aos maiores valores de URA encontrado nesse ensaio. Staling (2002) reportou taxas de sudação bem variáveis em seu trabalho, indo de 35 a 265 $\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ em ovelhas Suffolk.

De acordo com Faria (2010), a perda de calor latente evaporativo, através das glândulas sudoríparas, é um dos mecanismos de adaptação ao estresse calórico dos animais, podendo ser afetado pelo ambiente. Quando o meio se apresenta seco e quente,

ocorre uma maior sudorese por parte do animal. Porém, quando a temperatura e a umidade relativa do ar é alta, o organismo animal passa a lançar mão de outros meios termorregulatórios mais eficientes, tais como a evaporação respiratória, que tem alta correlação com o aumento da frequência respiratória.

4.6.7. Temperaturas cutâneas

As temperaturas cutâneas da fronte, cernelha e jarrete, descritas na tabela 28, não apresentaram interação entre os tratamentos, nem diferença significativa em relação à temperatura de superfície do pelo dentre as dietas avaliadas ou entre os horários avaliados.

Isso demonstra que a inclusão do milho expandido na dieta não tem efeito sobre o processo de dissipação de calor dos animais durante o processo de termoregulação nesses pontos específicos.

Esses dados corroboram com Huertas et al. (1974), tendo ocorrido pela uniformidade de temperatura e umidade entre os períodos diurno e noturno (24 horas) dentro da câmara climática, pela uniformidade da idade e do estágio fisiológico dos animais e pela ausência de incidência de raios solares nos animais.

Observando a temperatura cutânea da fronte, cernelha, virilha e jarrete verifica-se que as diferenças de temperatura entre período de Estresse e Conforto foram significativas, mesmo quando considerado os horários de coleta de dados, demonstrando maiores valores de temperatura em período de estresse. Isso se dá pelo processo de termólise, onde a dissipação de calor se dá também pela troca com o meio através da superfície cutânea do animal (Cunningham, 1999).

Considerando a temperatura cutânea da virilha em função dos horários de coleta de dados, podemos observar uma maior temperatura no período matutino, apenas nas médias entre os tratamentos térmicos e no período de conforto.

Tal diferença pode ser atribuída ao incremento calórico gerado durante o processo de fermentação ruminal, que atinge seu ápice de meia a uma hora e meia após a ingestão do alimento pelo animal, coincidindo com o horário da coleta de dados.

Não houve diferença entre os horários de coleta de dados durante o período de estresse possivelmente por causa da baixa ingestão voluntária de alimento, gerando assim menor incremento calórico.

Tabela 28. Médias das temperaturas cutâneas da frente (TCF), cernelha (TCC), Jarrete (TCJ) e Virilha (TCV) em graus Celsius, em função da condição ambiental e das rações utilizadas

	TCF				TCC				TCJ				TCV			
	0	33	66	100	0	33	66	100	0	33	66	100	0	33	66	100
Conforto	29,3	29,5	29,2	29,2	26,4	26,8	26,6	25,7	29,7	29,8	29,6	29,4	32,8	33,0	32,6	32,5
Estresse	34,9	35,0	34,8	34,9	35,0	35,3	34,9	34,9	35,7	34,8	35,6	35,4	36,4	36,1	36,5	36,2
Manhã	32,0	32,1	31,8	32,0	30,7	30,9	30,7	30,2	32,8	32,8	32,7	32,5	34,9	34,9	34,6	34,6
Tarde	32,1	32,4	32,2	32,1	30,7	31,2	30,8	30,3	32,6	31,8	32,4	32,4	34,3	34,3	34,4	34,0
Média	32,1	32,3	32,0	32,1	30,7	31,0	30,7	30,3	32,7	32,3	32,6	32,4	34,6	34,6	34,5	34,3
CV	2,63				6,98				4,22				1,93			

Turno	Ambientes			Conforto	Estresse	Média	Conforto	Estresse	Média	Conforto	Estresse	Média
	Conforto	Estresse	Média									
Manhã	29,0	34,9	32,0	26,3	34,9	30,6	29,9	35,5	32,7	33,3Ab	36,3Aa	34,7A
Tarde	29,5	34,9	32,2	26,4	35,1	30,7	29,4	35,2	32,3	32,2Bb	36,3 Aa	34,2B
Média	29,3b	34,9a		26,4b	35,0a		29,6b	35,4a		32,7 b	36,3 a	

Letras minúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre colunas.

Letras maiúsculas indicam diferença significativa (SNK, P<0,05) entre linhas.

CV = Coeficiente de variação

5. Considerações Finais

O emprego de milho expandido alterou positivamente o consumo da porção fibrosa das dietas, reduziram as concentrações de nitrogênio amoniacal e de ácido butírico declinaram com o aumento de milho expandido nas rações e não alteraram os parâmetros fisiológicos dos animais.

Ovelhas sob condições de estresse térmico por calor demonstraram maiores valores de digestibilidades, menores consumos, e valores de pH e N-NH₃ reduzidos, além de promover alterações nos demais parâmetros fisiológicos, exceto para movimentos ruminais e temperatura cutânea. As temperaturas ambientais avaliadas não afetaram a temperatura retal das ovelhas, independente das dietas empregadas.

Os movimentos ruminais foram menos intensos pela tarde e, juntamente com os parâmetros glicêmicos e ruminais, mostraram-se influenciados pelos momentos de colheita.

6. Referências bibliográficas

- AGUILAR, C.A.L. *Efeitos da forma física e da granulometria da ração sobre a digestibilidade, desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte*. 2004. 50f. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- ANDRADE, I.S., SOUZA, B.B., PEREIRA FILHO, J.M. ET. AL. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos santa inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e a Suplementação em pastejo 1. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 540-547, 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 1997.
- ASP, N.G.; VAN AMELSVOORT, J.M.M.; HAUTVAST, J.G.A.J. Nutrition implications of resistant starch. **N. Res. Rew.**, 9:1, 1996.
- BACCARI Jr., F. A temperatura corporal dos bovinos. *Gado Holandês*, n.51, p.15-19, 1987.
- BACCARI JR, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 142p., 2001.
- BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.151-182, 583p., 2006.

- BEEDE, D. K., COLLIER, R. J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.*, v.62, p.543-554, 1986.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Phys. Rev.*, 70:567, 1990.
- BHATTACHARYA, A. N., HUSSAIN, F. Intake and utilization of nutrients in sheep fed different levels of roughage under heat stress. *J. Anim. Sci.*, v.38, n.4, p.877-886, 1974.
- BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section A. Physiology. Cattle in a hot environmental. *J. Dairy Res.*, v.32, n.3, p.291-345, 1965.
- BLAXTER, K. L. e CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Brit. J. Nutr.*, v;19, n.4, p.511-522, 1965.
- BORGES, I. *Influência da dieta na degradabilidade in situ do caroço de algodão integral e do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado, na dinâmica da fermentação ruminal e na cinética sanguínea de ovinos.* 1997. 66f. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- BORGES, I., SILVA, A.G.M., FERREIRA, M.I.C, et al. Ambiência nas instalações para caprinos e ovinos. IN: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG. Anais..., Belo Horizonte:FEMPMVZ, 2007.
- BORGES, F.M.O. Processamento de alimentos (expandidos e extrusados vs farelados e peletizados). Vale Verde Comercio e Industria Limitada: Belo Horizonte, MG, p.39, 2000.
- BRIDGES, T.C., TURNER, L.W., STAHLY, T.S., et. al. Modeling the physiological growth of swine. Part I: model logic and growth concepts. Transactions of the ASAE, v.35, n.3, p.1019-1028, 1992.
- CARVALHO, A. U., VALADARES FILHO, S. C., SILVA, J. F. C., et al. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos: Concentrações ruminais de amônia e pH, taxa de passagem da digesta ruminal e degradação *in situ* dos alimentos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, n.5, p.1016-1024, 1997.
- CASTRO, A.G.S.A, GOMES, M.G.T, BORGES, I., et. al. Influência do estresse calórico sobre parâmetros clínicos de ovelhas santa inês alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de semente de linhaça In: XX Congresso Brasileiro de Zootecnia - Zootec 2010, 2010, Palmas.
- CESAR, M. F.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. *Ciê. Agrotec.*, Lavras, v. 28, n. 3, p. 614-620, 2004.

- CHESSON, A., FOSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds). **The Rumen Microbial Ecosystem**, 2 Ed, London: Blackie Academic and Professional, 1997, p. 329-381.
- CHURCH, D.C. El Ruminante – Fisiologia Digestiva y Nutricion . Zaragoza: Acríbia, 641p., 1993.
- CHURCH, D. C. *The ruminant animal - Digestive physiology and nutrition*. New Jersey, Reston, 564p., 1988
- CHURCH, D. C., SMITH, G. E., FONTENOT, J. P., et al. **Digestive physiology and nutrition of ruminants**. Corvallis: [s.n.], v.3, 801p, 1972.
- COLLIER, R.J., BEEDE, D.K. Influences of environment and its modification on the animal health and production. *J. Dairy Sci.*, v.65, n.11, p.2213-2227, 1982.
- CONTRERAS, P.; WITWER, F.; BOHMWALD, H. Uso de perfil metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos. In: Gonzáles, F.H.D.; Barcellos, J.O.; Ospina, H.; Ribeiro, L.A.O. (Eds). **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS. 2000, p.75- 84.
- COSTA, M. J. R. da, SILVA, R. G. da, SOUZA, R. C. de. Effect of air temperature and humidity on ingestive behaviour of sheep. *Int. J. Biometeorol.*, v.36, p.218-22, 1992.
- CROCKER, L.M., DePETERS, E.J., FADEL, J.G., et. al. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. *J. Dairy Sci.*, v.81, n.9, p.2394-2407, 1998.
- CUNNINGHAM, J.G. Tratado de Fisiologia Veterinária. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 454p., 1999
- DEHORITY, B.A. **Classification and morphology of rumen protozoa**. Wooster: Ohio Agricultural Research and Development Center, 1977, 82p.
- DURAND, M., KOMISARCZUK, S. 1988. Influence of major minerals on rumen microbiota. *J. Nutr.*, 118(2):249-260.
- ELSTNER, F. Processed corn of expanded crumbles. *Feed International*. P.26-30, 1996.
- ELVINGER, F., NATZKE, R. HANSEN, P. Interactions of heat stress and bovine somatotropin affecting physiology and immunology of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v.75, p.499-462, 1992.
- FANCHER, B.I., ROLLINS, D., TRIMBEE, B. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. *Applied Poult, Res.*, v.5, p. 386-394., 1996.

- FARIA, W.G. *Aspectos fisiológicos de ovelhas Santa Inês alimentadas com distintas dietas durante dois períodos climáticos em Pedro Leopoldo-MG*. 2010. 84f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.
- FERREIRA, F. *Avaliação clínico-laboratorial de bovinos submetidos ao estresse calórico*. 2005. 104p. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.
- FINCH, V. A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.*, v.62, p.531-542, 1986.
- FORBES, J. M. Minimal total discomfort as a concept for the control of food intake and selection. *Appetite*, v. 33, n. 3, p. 371, 1999.
- FORBES, J.M., MAYES, R.W. Food choice. In: Freer, M., Dove, H. (Ed.), **Sheep Nutrition**. **CAB International**, Wallingford, p. 51–69, 2002.
- FRANCO, A. V. M.; FRANCO, G. L.; ANDRADE, P. Parâmetros ruminais e desaparecimento da MS, PB e FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação seca. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 33, p.1316 – 1324, 2004.
- FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *J. Anim. Sci.*, 37:1048, 1973.
- FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.*, v.52, n.1, p.164-174, 1981.
- GALYEAN, M.L., WAGNER, D.G., JOHNSON, R.R. Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn ration. *J. Anim. Sci.*. V.43.n.5.p.1088-1094, 1976.
- GERON L.J.V. *Produção e Utilização da Silagem do Resíduo da Filetagem de Tilápia na Alimentação de Ruminantes*. 2003. 86p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Produção Animal). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR.
- GILBERT, R. Expanding soybeans minimizes ANFs. *Feed Tech*. v.2 n.6. p.19, 1998.
- GILL, C. HTST equivalent conditioning at lower cost. *Feed Internacional*. P23-27, 1993.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica animal**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do rio Grande do Sul, 198p., 2003.
- HAFEZ, E.S.S. **Adaptación de los animales domésticos**. Barcelona, Labor, 563 p., 1973.
- HASSANIN, H. S., ABDALLA, E. B., KOTBY, E. A., et al. Efficiency of asbestos shading for growth of Barki rams during hot summer. *Small Rumin. Res.*, v.20, p.199-203, 1996.

- HEIDENREICH, E. Operation strategies for expansion cooking. *Feed Mix*, v.2, n.5, p.32-34, 1994.
- HEINDENREICH, E. Benefits and side effects of expanding. In *Expoviga*, 1998.
- HESPELL, R.B., BRYANT, M.P. Efficiency of rumen microbial growth: influence of some theoretical and experimental factors on Y_{ATP} . *J. Anim. Sci.*, 49(6):1640-1659, 1979
- HOLM, J.; LUNDQUIST, I.; BJÖRCK, I. et al. Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch *in vitro* and metabolic response in rats. *Amer. J. Clin. Nutr.*, v.47, p.1010-1016, 1988.
- HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*. 45:253, 2001.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, 69(10):2755-2766., 1986
- HUERTAS, A.A.G.; SILVA, J.F.C.; CAMPOS, O.F. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o consumo, digestibilidade e a retenção dos nutrientes em ovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.3, n.2, p.245-268, 1974.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, 533p., 1966.
- ISRAELSEN, M., VIRSOE, M., HANSEN, I. D. Reducing salmonella efficiently: expander plus pellets press. *Feed International*. p 31-34, 1996.
- JOHNSON, H.D., LI, R., MANALU, W., et. al. Effects of somatotropin on milk yield and physiological responses during summer farm and hot laboratory conditions. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v.74, p.1250-1262, 1991.
- KADZERE, M. R.; MURPHY, N.; SILANIKOVE, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Liv. Prod. Sci.*, [S.l.], v. 77, p. 59-91, 2002.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM, 2002.
- LAURIDSEN, C.L., JENSEN, J.F. Effects of synthetic antioxidants in feed of different technological treatments on the performance of broilers. *Arch. Geflugelkud.* V.59 n.1. p.73-83, 1995.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Commercial poultry nutrition*. 2.ed. Guelph: University Books, 355p. 1997.
- LEHNINGER, A.L. Proteínas. In: *Princípios de Bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 4.ed., 105p., 1998.

- MACIEL, I.C.F., GOMES, M.G.T., SILVA, V., et. al.. Avaliação de parâmetros clínicos de ovelhas santa inês alimentadas com diferentes fontes de carboidratos e submetidas a estresse calórico In: 4º SINCORTE - Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, João Pessoa – PB, 2009a,.
- MACIEL, I.C.F., GOMES, M.G.T., SILVA, V., et. al.. Parâmetros hematológicos e fisiológicos de ovelhas Santa Inês submetidas a estresse calórico e alimentadas com diferentes fontes de carboidratos In: 4º SINCORTE - Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, João Pessoa – PB, 2009b.
- MACKIE, R.I., WHITE, B.A. Recent advance in ruminal microbial ecology and metabolism: potential impact on nutrient output. *J. Dairy Sci*, v.73, p.2971-2995, 1990.
- McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. 1.ed. Zaragoza: Acribia, 692p., 1974.
- MEHREZ, A. Z., Æ RSKOV, E. R., McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.*, v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- MENDES, M. de A., LEÃO, M. I., SILVA, J. F. C. da, et al. Efeito de diferentes níveis de energia em rações para ovinos submetidos a temperatura ambiente elevada (32-35oC), sobre os coeficientes de digestibilidade aparente, consumo e retenção de nutrientes. **Rev. Bras. Zootec.**, v.5, n.2, p.248-258, 1976.
- MENDES, W.S. *Valor nutritivo do milho, sorgo e soja submetidos ou não a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento*. 2002. 49p. Tese (Mestrado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo de soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.56, p.207-213, 2004.
- MENDONÇA, S.S., et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Rev. Bras. Zootec.**, v.33, n.2, p.481-492, 2004.
- MERTENS, D.R. Regulation of Forage Intake. In: FAHEY JR, G.C. Forage quality, evaluation and utilization. Winsconsin: *Amer Soc Agron.*, 1994.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. EMBRAPA CNPC. FERREIRA, A.S, et al. F. Cultivo do Milho. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>> Acessado em: 12/12/2010
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA . Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnico nº.75, Sete Lagoas-MG 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTMLMilho/CultivodoMilho/importancia.html>> Acessado em: 03/01/2011.

- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária municipal**. Rio de Janeiro, v.34, 8p., 2007.
- MOOSE, M. G., ROSS, C. V., PFANDER, W. H. Nutritional and environmental relationships with lambs. *J. Anim. Sci.*, v.29, p619-627., 1969.
- NAGAJARA, T.G., NEWBOLD, C.J., VAN NEVEL, C.J. et. al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N., STEWART, C.S. *The Ruminal Ecosystem*. Blackie Academic & Professional, London, p.523-632, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of sheep*. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 112p., 1985.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirement of small ruminants*: 1 ed. Washington: National Academy Press, 362p., 2007.
- Nauheimer-Thoneick, H., Thomas, C.K., Weniger, J.H. Investigations on energy metabolism of lactating cows under heat stress III. Effects of longterm high environmental temperature on parameters of thermoregulation, food intake and milk yield. *Züchtungsk* v.60, p.376-87, 1988.
- NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S. H. N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004.
- NOCEK, J.E., TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of diary cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* v.74. n.10. p. 3598-3629, 1991.
- ØRSKOV, E. R., Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.63, n.5, p.1624-1633, 1986.
- OWENS, F.N., GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. **The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition**. p145-171, 641p., 1993.
- PADUA, J. T., SILVA, R. G. da. Efeito do estresse térmico sobre o desempenho e características fisiológicas em borregos Ideal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ, v.1, p.657-659, 1996.
- PAES, M.C.D. *Manipulação da composição química do milho: impacto na indústria e na saúde humana*. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/milho/index.htm>. Acessado em: 04/01/2011

- PEISKER, J.C. Physical and chemical changes during the expansion. *Feed International*, v.13, n.2, p.16-34, 1992.
- PHILIPPEAU, C., LANDRY, J., MICHALET-DOREAU, B Influence of the biochemical and physical characteristics of the maize grain on ruminal starch degradation. *J. Agric. Chem.*, v.46, n.10, p.4287-4291, 1998.
- PHILIPPEAU, C., MARTIN, C., MICHALET-DOREAU, B. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *Journal J. Anim. Sci.* v.77.p.1587-1596, 1999.
- PITARELLO, D.J.M. *Estimativa de um Índice de Conforto Térmico à Produção de Suínos utilizando Modelos em Escala*. 1994. 38f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.
- RADOSTITS, O.M.; MAYHEW, I.G.J.; HOUSTON, D.M. *Exame clínico e diagnóstico em veterinária*. 1 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 332–338, 2002.
- RIBEIRO, G.C., GOMES, M.G.T., SILVA, V., et. al.. Influencia de dietas com diferentes fontes de carboidratos e estresse térmico na taxa de sudação. In: 4º SINCORTE - Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 2009, João Pessoa - PB.
- RODRIGUES, E.N. *Digestibilidade aparente de dietas contendo feno de Tifton 85 (Cynnodon spp) e níveis crescentes de milho moído e milho expandido em ovinos*. 2002. 30f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.
- ROONEY, L.W., PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* v.63. p.1607-1623,1986.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2000. 141 p.
- SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 9.0 Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007
- SANTOS, J.E.P. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.151-182, 583p., 2006.
- SANTOS, J.R. SOUZA, B.B., SOUZA, W.H., et. al. Respostas fisiológicas e gradientes termicos de ovinos das raças Santa Ines, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Doper às condições do semiárido nordestino. **Ciên. Agrotec.**, Lavra, v.30, n.5, p.995-1001, 2006.

- SATTER, L. D., SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.*, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- SCHLEGER, A.V., TURNER, H.G. Swearing rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. *Aust. J. Agric. Res.* 16:92-106, 1965.
- SCOTT, T.A., SWIFT, M.L., BEDFORD, M.R. The influence of feed milling, enzyme supplementation and nutrient regimen on broiler chick performance. *J. App. Pout. Res.* V.6. n.4. p.391-398, 1997.
- SELMİ, B.; MARION, D.; PERRIER CORNET, J.M. et al. Amyloglycosidase hydrolysis of high pressure and thermally gelatinized and wheat starches. *J. Agric. Food Chem.*, v.48, n.7, p.2629-2633, 2000.
- SILANIKOVE, J. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Liv. Prod. Sci.*, v.30, n.6, p.175-194, 1992.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Liv. Prod. Sci.*, [SI], v. 67, p.1-18, 2000.
- SILVA, R.G. Introdução à Bioclimatologia Animal. NOBEL/FAPESP: SP, 286p. 2000.
- SILVA, S. C. *Efeito de bicarbonato de sódio e/ou lasalocida sobre os parâmetros ruminais de bovinos alimentados com bagaço de cana tratado à pressão de vapor.* 1990, 114f Dissertação (Mestrado). ESALQ, Piracicaba-SP.
- SILVA, R. G.; GONDIM, A. G. Comparação entre as raças Sindi e Jersey e seus mestiços, relativamente a tolerância ao calor na região Amazônica. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 6, p. 37-44, 1971.
- SILVA, J. F. C., LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes.* Piracicaba. Livroceres, 380p., 1979.
- SNIFFEN, C.J., ROBINSON, P.H. 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *J. Dairy Sci.*, 70:425-441
- SOUTO, P. R. L., MILAGRES, J. C., SILVA, M. de A. e, SILVA, J. F. C. da. Consumo, digestibilidade, reações fisiológicas e componentes sanguíneos de ovinos submetidos a diferentes temperaturas e a dietas com diferentes níveis de energia. I - Consumo de alimento e ingestão de água. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.25, n.9, p.1247-1251, set.1990a.
- SOUTO, P. R. L., MILAGRES, J. C., SILVA, J. F. C. da. Consumo, digestibilidade, reações fisiológicas e componentes sanguíneos de ovinos submetidos a diferentes temperaturas e a dietas com diferentes níveis de energia. II - Reações fisiológicas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.25, n.9, p.1253-1259, set.1990b.

- SOUZA, E.D., SOUZA, B.B., SOUZA, W.H. et. al. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradientes térmicos de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. *Ciê. Agrotec.*, Lavras, v.29, n.1, p.177-184, 2005.
- STARLING, J.M.C., SILVA, R.G., CERÓN-MUÑOZ, M., et. al. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002
- STERN, M.D., HOOVER, W.H. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. *J. Anim. Sci.*, 49(6):1590-1603, 1979.
- STROBEL, H.J., RUSSEL, J.B. Effects of pH and energy spilling bacteria protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.*, 69:2941, 1986.
- TEIXEIRA, I.A.M.A.; FILHO, J.M.P.; MURRAY P.J. Water balance in goats subjected to feed restriction. *Small Rum. Res.*, v.63, p.20-27, 2006.
- TITTO, E.A.L.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; VELLOSO, L. et al. Thermoregulation in sheep: rectal temperature, respiratory rate and water intake. *Rev. Port. Zootec.*, v.5, n.1, p.59-65, 1998.
- TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo, In: VIEGAS, G. P.; PATERNIANE, E. (Ed.). *Melhoramento e produção do milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 375-409
- VALADARES FILHO, S.C., PINA, D.S. Fermentação Ruminal. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: Funep, p.151-182, 583p., 2006.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: XXXVII Reunião Anual da SBZ. Viçosa-MG, 2000.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock Publ. Assoc. Ithaca, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J.B, LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Anim. Sci.*, 74:3582-3597, 1991.
- VIANA, R.O. *Desempenho de Cordeiros Santa Inês em Confinamento com Milho Expandido*. 2004. 35f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- YASSEN, A.M. Respiratory responses of N'Dama and Boran cattle to climatic conditions in Nigeria. *W. Rev. Anim. Prod.*, v.13, n.2, p.33-41, 1977

- WALDO, D.R. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.37, n.4, p. 1062-1074, 1973.
- WANG, T.L., BOGRACHEVA, T.Y., HENDLEY, C.I. Starch: as a simple as A, B, C? *J. Exp. Bot.*, 49:481, 1998.
- WANG, Y., McALLISTER, T.A. Grain processing for ruminants: latest technologies. In: Twenty-First Western Nutrition Conference, 21, 2000, Winnipeg, Manitoba, *Proceedings...* Winnipeg, p.39-55, 2000.
- WARREN, P.W.; MARTZ, F.A.; ASAY, K.H. et. al. Digestibility and rate of passage by steers fed tall fescue, alfafa and orchardgrass hay in 18 and 32 C ambient temperatures. *J. Anim. Sci.*, v.39, n.1, p.93-96, 1974.
- WILKERSON, V.A., GLENN, B.P., McLEOD, K.R. Energy and nitrogen balance in lactation cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. *J. Dairy Sci.*, v.80p.2487-2496, 1997.
- WERNERSBACH FILHO H.L., et al. Variáveis ruminais, concentração de uréia plasmática e excreções urinárias de nitrogênio em vacas leiteiras alimentadas com concentrado processado de diferentes formas. *Rev Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.1236-1241. 2006
- WEURDING, E., POEL, T. VAN DER. Processing alters starch degradation in dairy feeds. *Feed tech.* v.2, n.5, p.31-33, 1998.