

IGOR RIBEIRO DA GLÓRIA

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS CONTENDO FENO DE TIFTON 85 (*Cynodon spp*) E NÍVEIS CRESCENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*) MOÍDO OU EXPANDIDO, EM OVINOS

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia

Área: Nutrição Animal

Orientador: Norberto Mario Rodriguez

Belo Horizonte
UFMG – Escola de Veterinária
2007

G562d Glória, Igor Ribeiro da, 1982 -
Digestibilidade aparente de dietas contendo feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*) e níveis crescentes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) moído ou expandido, em ovinos / Igor Ribeiro da Glória. – 2007.
55 p.:il.

Orientador: Norberto Mario Rodriguez
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Ovino – Alimentação e rações – Teses. 2. Ruminante – Nutrição – Teses. 3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Digestibilidade – Teses. I. Rodriguez, Norberto Mario.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título

CDD – 636.308 5

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e saúde.

Aos meus pais pela total dedicação, apoio, amor e confiança.

Às minhas irmãs pelo carinho e amizade.

À Patrícia pelo amor e paciência.

Ao Professor Norberto pela orientação, ensinamentos e disponibilidade.

Ao Professor Lúcio pela amizade, oportunidade, estímulo e confiança.

Ao Robertinho pelas valiosas contribuições na redação deste trabalho.

Ao Professor Iran pelos ensinamentos e auxílio na análise dos dados.

À Escola de Veterinária e em especial ao Departamento de Zootecnia.

À todos os amigos e colegas que me acompanharam e ajudaram durante este período, em especial ao Tião, Marcelo, Valente, Vinícius, Baby, Tim, Fernanda, Flávia, Diogo, Cristiano, Daniel e Guima.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição pelo auxílio, em especial ao Toninho, Kelly, Marcos e Mateus.

Ao Colegiado de Pós-graduação e suas funcionárias pela colaboração.

Ao CNPq pelos recursos concedidos

À Itambé pelo apoio financeiro

Aos demais colaboradores deste trabalho.

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS.....	7
	LISTA DE GRÁFICOS.....	8
	RESUMO.....	9
	ABSTRACT.....	9
1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1.	UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS DA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	11
2.2.	A CULTURA DO FEIJÃO.....	11
2.2.1.	Aspectos nutricionais do feijão.....	12
2.2.1.1.	Fatores antinutricionais.....	13
2.2.1.1.1.	Lectinas.....	13
2.2.1.1.2.	Inibidores de enzimas digestivas.....	14
2.2.1.1.3.	Taninos.....	14
2.3.	GRAMÍNEAS DO GÊNERO <i>CYNODON</i>	15
2.3.1.	Consumo e digestibilidade do feno de Tifton 85.....	15
2.4.	VALOR NUTRITIVO DOS ALIMENTOS.....	16
2.4.1.	Consumo.....	16
2.4.1.1.	Suplementação e influência no consumo.....	17
2.4.2.	Digestibilidade.....	18
2.4.2.1.	Suplementação e influência na digestibilidade da dieta.....	18
2.4.3.	Eficiência energética.....	19
2.5.	FONTES ENERGÉTICAS TRADICIONAIS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES.....	19
2.5.1.	Amido.....	19
2.5.1.1.	Locais de digestão.....	20
2.6.	FONTES PROTÉICAS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES E SUAS UTILIZAÇÕES.....	21
2.7.	MÉTODOS DE PROCESSAMENTO.....	22
2.7.1.	Expansão como forma de processamento.....	23
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1.	LOCAL E DURAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
3.2.	ANIMAIS.....	25
3.3.	TRATAMENTOS.....	25
3.4.	COLETA E PREPARO DE AMOSTRAS.....	25
3.5.	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	26
3.6.	METODOLOGIA DE CÁLCULOS.....	26
3.7.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	27
3.8.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ENERGIA BRUTA DOS ALIMENTOS E DIETAS UTILIZADAS.....	27
4.2.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ENERGIA BRUTA DAS DIETAS FORNECIDAS.....	29
4.3.	CONSUMOS E COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DA MATÉRIA SECA.....	30
4.4.	CONSUMOS E COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA BRUTA.....	33
4.5.	CONSUMOS E COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DAS FRAÇÕES FIBROSAS.....	35
4.6.	CONSUMO DE ENERGIA BRUTA, DIGESTÍVEL E METABOLIZÁVEL, DIGESTIBILIDADE DA ENERGIA E BALANÇO ENERGÉTICO.....	37
4.7.	BALANÇO DE NITROGÊNIO.....	42
5.	CONCLUSÕES.....	47
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
<hr/> LISTA DE TABELAS <hr/>		
Tabela 1	Análise de variância.....	27

Tabela 2	Composição química, energia bruta, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) dos ingredientes das dietas com base na matéria seca.....	28
Tabela 3	Composição química e energia bruta das dietas oferecidas contendo feno de Tifton 85 e concentrados contendo milho (10%) e feijão moído ou feijão expandido (90%), com os seguintes níveis de inclusão destes concentrados (12, 24, 36 e 47% da dieta), com base na matéria seca.....	29
Tabela 4	Médias do consumo diário ($\text{g/Kg}^{0,75}$) ¹ da matéria seca (CMS) e coeficientes de digestibilidade da matéria seca (DMS) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).....	30
Tabela 5	Médias do consumo diário ($\text{g/Kg}^{0,75}$) da proteína bruta (CPB) e coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CPB) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).....	33
Tabela 6	Médias do consumo diário ($\text{g/Kg}^{0,75}$) da FDN (CFDN), da FDA (CFDA), da hemicelulose (CHEM) e da celulose (CCEL) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).....	35
Tabela 7	Médias dos coeficientes de digestibilidade (%) da FDN (DFDN), da FDA (DFDA), da hemicelulose (DHEM) e da celulose (DCEL) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído ou feijão expandido.....	36
Tabela 8	Médias dos consumos de energia bruta (CEB), energia digestível (CED) e energia metabolizável (CEM) em $\text{Kcal/Kg}^{0,75}$, coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (DEB) e teor energético (Mcal/Kg MS) de energia digestível (TED) e metabolizável (TEM) e das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).....	38
Tabela 9	Balanço de nitrogênio das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Digestibilidade aparente da matéria seca (MS) em função da proporção de concentrado com feijão moído (CFM) ou expandido (CFE) na dieta.....	31
Gráfico 2	Digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) em função da proporção de concentrado com feijão moído (CFM) ou expandido (CFE) na dieta.....	34
Gráfico 3	Consumo de energia digestível ($\text{Kcal/Kg}^{0,75}/\text{dia}$) em função da inclusão de concentrado contendo feijão moído (CFM) ou feijão expandido (CFE) na dieta.....	39
Gráfico 4	Digestibilidade da energia bruta (EB) em função da inclusão de concentrado contendo feijão moído (CFM) ou feijão expandido (CFE) na dieta.....	40
Gráfico 5	Consumo de energia metabolizável ($\text{Kcal/Kg}^{0,75}/\text{dia}$) em função da inclusão de concentrado contendo feijão moído (CFM) ou feijão expandido (CFE) na dieta.....	40
Gráfico 6	Teor de energia digestível (Mcal/Kg MS) em função da proporção de concentrado contendo feijão moído ou expandido na dieta.....	41
Gráfico 7	Teor de energia metabolizável (Mcal/Kg MS) em função da proporção de concentrado contendo feijão moído ou expandido na dieta.....	42
Gráfico 8	Nitrogênio excretado na urina (g/dia) em função da proporção de concentrado com feijão moído (CFM) ou feijão expandido (CFE) na dieta.....	44
Gráfico 9	Balanço de Nitrogênio em função da proporção de concentrado com feijão moído (CFM) ou feijão expandido (CFE) na dieta.....	45
Gráfico 10	Nitrogênio retido (% do consumido) em função da proporção de concentrado com feijão moído (CFM) ou feijão expandido (CFE) na dieta.....	46

Digestibilidade aparente de dietas contendo feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*) e níveis crescentes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) moído ou expandido em ovinos

Resumo

Vinte carneiros adultos foram utilizados na avaliação de níveis crescentes (12, 24, 36 e 47%) de um concentrado contendo 90% de feijão moído ou expandido e 10% de milho moído, tendo como volumoso o feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*). O experimento foi montado seguindo um delineamento inteiramente ao acaso. Foram estudados o consumo e digestibilidade aparente da MS, PB, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e energia bruta. Também foram determinados os balanços de energia e de nitrogênio. O consumo de MS foi controlado para atender as necessidades de manutenção. Com a inclusão dos concentrados nas dietas houve comportamento linear crescente para os consumos de PB, energia digestível e metabolizável. O nível crescente do concentrado contendo feijão moído ou expandido nas dietas aumentou de forma linear a digestibilidade da MS, PB e energia bruta, e não alterou a digestibilidade da FDN e da hemicelulose. Já a digestibilidade da FDA e da celulose apresentaram comportamento quadrático. Os consumos de energia digestível e metabolizável apresentaram comportamento linear crescente com a inclusão dos concentrado nas dietas. O balanço de nitrogênio foi positivo para todas as dietas e aumentou com a inclusão do concentrado. O nitrogênio retido foi superior para as dietas em que se utilizou feijão expandido. O processo de expansão não alterou os teores de energia digestível e metabolizável do feijão, sendo obtidos valores médios de 3,68 Mcal ED/Kg MS e 3,15 Mcal EM/Kg MS para o feijão moído e o expandido.

Palavras chaves: nutrição de ruminantes, expansão, volumoso, concentrado, subprodutos, energia, balanço de nitrogênio

Apparent digestibility of Tifton 85's (*Cynodon spp*) hay diets with increasing levels of ground or expanded kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) in sheep

Abstract

Twenty male sheep were submitted to a randomized experimental design that evaluated increasing levels (12, 24, 36 e 47%) of a concentrate (90% kidney bean ground or expanded and 10% ground corn), to a diet of Tifton 85's hay (*Cynodon spp*). Apparent digestibilities and intakes of DM, CP, NDF, ADF, hemicellulose, cellulose and crude energy were determined. Energy and nitrogen balance were also studied. There were no differences in DM intake as it was controlled for maintenance needs, but there where linear increases in the consumptions of CP, digestible and metabolizable energy. The increasing levels of concentrate in the diets caused linear increase of DM, CP and crude energy digestibilities, but did not alter NDF and hemicellulose digestibilities. ADF and cellulose digestibilities showed quadratic responses. Nitrogen balances were positive for all diets. Nitrogen retentions were superior for diets with expanded kidney bean. Expansion did not alter digestible and metabolizable energies, and mean values were 3,68 Mcal DE/Kg DM and 3,15 Mcal ME/Kg DM of ground and expanded kidney beans.

Keywords: ground or expanded kidney bean, apparent digestibility, energy, nitrogen balance, sheep

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é o setor da economia que tem se destacado como um dos principais responsáveis pelo crescimento do PIB e superávit da balança comercial nacional nos últimos anos. A extensão territorial associada ao clima favorável torna o Brasil um país propício à exploração agropecuária. Esta vocação é consolidada com o apoio da pesquisa contribuindo para o desenvolvimento científico-tecnológico e modernização da atividade. No ano de 2006, o PIB do setor agropecuário nacional atingiu R\$148,31 bilhões, sendo que destes, cerca de 44% é fruto do setor pecuário e o restante devido ao setor agrícola (CNA, 2007).

Os ruminantes têm importante contribuição na conjuntura da pecuária. O país possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, se destacando entre os maiores produtores de leite e como o maior exportador de carne. Aliado a esta situação tem-se o recente crescimento da caprinocultura e ovinocultura.

A alimentação é responsável pela maior fração nos custos de produção dos produtos de origem animal e, associado a este cenário, tem-se também as constantes oscilações de preço dos insumos mais utilizados na alimentação animal como milho e soja. Diante deste panorama, cada vez mais se tem estudado a utilização de subprodutos da agricultura como alternativas de alimentos, visando reduzir os custos de produção, assim como formas de processamento que melhorem o valor nutricional dos alimentos.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é uma cultura de expressão na agricultura nacional sendo destinado principalmente a alimentação humana. Na industrialização desse alimento os grãos sofrem processo de seleção no qual são retirados grãos com defeitos físicos (quebrados, chochos e carunchados). Esse

resíduo da industrialização é popularmente conhecido como “bandinha de feijão” e tem sido utilizado na alimentação animal. Porém, pouco se sabe sobre o seu valor nutricional.

A busca de alimentos com maior aproveitamento dos nutrientes pelo trato gastro-intestinal dos animais tem levado ao desenvolvimento de vários métodos de processamento. A utilização de cada um desses dependerá do alimento a ser processado, dos recursos disponíveis e da relação custo-benefício de cada método.

O processamento de grãos altera o local e a extensão da digestão do nutriente. A interação com os processos físicos, microbiológicos, bioquímicos e fisiológicos devem ser considerados na avaliação dos benefícios do processo. Normalmente, os tratamentos com elevadas temperaturas levam a maior acessibilidade dos microorganismos ruminais ao amido do alimento, melhorando assim a sua digestibilidade. O calor age na proteína do alimento geralmente aumentando a taxa desta que passa intacta ao abomaso, para ali ser digerida. A expansão é um processo que utiliza alta temperatura em curto período de tempo, juntamente com a pressão mecânica aplicada para misturar os alimentos.

Os objetivos deste trabalho foram determinar o consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, frações fibrosas e energia de dietas contendo níveis crescentes feijão moído e feijão submetido ao processo de expansão, assim como o balanço de nitrogênio das dietas utilizadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Utilização de grãos de leguminosas na alimentação animal

As leguminosas estão entre as plantas mais antigas domesticadas pelo Homem, sendo suas sementes utilizadas em todo o mundo na alimentação humana e animal. Nutricionalmente, contém cerca de duas a três vezes o valor protéico comparado aos cereais. Porém, contém certos fatores antinutricionais que inibem a performance animal. Há mais de 1300 espécies da família Leguminosae, sendo que apenas uma pequena fração é usada na alimentação animal (D’Mello e Devendra, 1995), sendo o gênero *Phaseolus* um exemplo de leguminosa que pode ser aproveitado.

2.2. A cultura do feijão

Baseado em estudos arqueológicos, Kaplan (1965) citado por Sgarbieri e Whitaker (1982) sugeriu que os feijões originaram-se no continente americano, especificamente no sul dos Estados Unidos da América, México, América Central, e região norte da América do Sul.

O gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas comercialmente: o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão Ayocote (*P. coccineus*); o feijão tepari (*P. acutifolius*) e o *P. polyanthus*. Os feijões estão entre os alimentos mais antigos remontando aos primeiros registros da história da humanidade. Eram cultivados no antigo Egito e na Grécia, sendo, também, cultuados como símbolo da vida. A maioria dos historiadores atribui a disseminação dos feijões no mundo em decorrência das guerras, uma vez que esse alimento fazia parte essencial da dieta dos guerreiros em marcha. Os grandes exploradores ajudaram a difundir o uso e o cultivo de feijão para as

mais remotas regiões do planeta (EMBRAPA, 2006a).

Em 2004, cerca de 86,1% da produção mundial desta leguminosa ficou restrita a 5 países: Brasil, China, Índia, México e Myanmar, tendo o Brasil contribuído com 23,6%. Estes dados colocam o Brasil como o maior produtor mundial de feijão, sendo também o maior consumidor de feijão comum (EMBRAPA, 2006b). A estimativa para a produção nacional na safra de 2005/2006 é de cerca de 3,5 milhões de toneladas, em uma área de 3,7 milhões de hectares (Conab, 2006). O resíduo conhecido como “bandinha de feijão” corresponde a cerca de 3 a 5% do total processado.

O feijão tem uma ampla adaptação edafoclimática, o que permite seu cultivo durante todo o ano, em quase todos os estados da federação, possibilitando constante oferta do produto no mercado. Outra característica dessa leguminosa é possibilitar a sua produção em diversos ecossistemas tropicais e temperados, em monocultivo e/ou consorciado, o que favorece a diversificação na produção. Considerando a diversidade fisiográfica do país e a adaptação do feijoeiro a diversas condições de clima e solo, é possível explorar a cultura em três épocas diferentes no mesmo ano. Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que o torna uma cultura apropriada para compor desde sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência (EMBRAPA, 2006c).

Cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, o feijoeiro comum reveste-se de grande importância econômica e social. Existem vários tipos de feijão comum, como o

rajado, preto, mulatinho, fradinho e roxo, que apresentam consumos diferenciados dependendo da região do país (IBGE, 2006).

A pesquisa tem trabalhado no desenvolvimento e lançamento de novos cultivares no mercado, sendo que o valor econômico de um novo cultivar depende da produtividade, resistência a doenças, tamanho da semente, composição química, sabor e textura após o cozimento (Koehler et al., 1987).

Esta dissertação abordará apenas aspectos relacionados ao feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), que será tratado como “feijão”.

2.2.1. Aspectos nutricionais do feijão

Uma característica marcante nas sementes de leguminosas é o alto conteúdo protéico. Koehler et al. (1987) avaliando 36 cultivares de feijão observaram variação de 19,6 a 32,2% no teor de proteína bruta. Já Sgarbieri et al. (1979) trabalhando com quatro cultivares nacionais observaram pequena variação (23,4 a 25,8%). A proteína do feijão está principalmente localizada no cotilédone e no eixo embrionário, sendo que a maior parte das proteínas de estocagem dos feijões são globulinas (faseolina), relativamente resistentes à proteólise, sendo responsável pela relativa baixa digestibilidade do grão dessa leguminosa para monogástricos (Philips et al., 1981; Aw e Swanson, 1985).

O perfil aminoacídico da proteína isolada do feijão mostra ser esta rica em lisina, com variações de 5,1 a 8,9% da proteína (Koehler et al., 1987), porém, deficiente em aminoácidos sulfurados. Pusztai et al. (1979) avaliando 13 cultivares encontraram variações de 1,2 – 1,8% da proteína bruta total para metionina e 0,7 – 0,9% para cistina.

De uma forma geral, o feijão contém menos

de 2% de lipídeos e aproximadamente 5% de fibra bruta, 4 a 6% de cinzas e mais de 60% de carboidratos, sendo o amido o principal carboidrato presente (Tobin e Carpenter, 1978). Yoshida et al. (2003) encontraram 38% de amido no feijão em estágio de colheita. Nocek e Tamminga (1991) relataram que somente 14% do amido do feijão é hidrossolúvel, mas que a taxa de desaparecimento do amido incubado no rúmen em sacos de náilon foi de 10%/h, valor este superior ao do milho (4%/h) mas inferior ao da cevada (15,4%/h).

A maioria dos grãos de leguminosas contém metabólitos secundários que constituem formas de defesa importantes da planta contra insetos e herbívoros, e que são resistentes à digestão gástrica e intestinal. Esses são conhecidos como fatores antinutricionais (FAN) e podem interferir com o apetite, digestão e metabolismo. Os níveis desses fatores variam dependendo do cultivar, das condições climáticas e condições de estocagem. Os principais encontrados no feijão são os inibidores enzimáticos, hemaglutininas (lectinas), taninos e polifenóis, fitatos e oligossacarídeos (Van der Poel, 1990; Dixon e Hosking, 1992).

Vários fatores tais como o baixo conteúdo de aminoácidos sulfurados; estrutura compacta de proteínas nativas de feijões, que podem resistir à proteólise; e compostos antinutricionais que podem modificar a digestibilidade e alterar a liberação dos aminoácidos, podem interferir para a baixa utilização biológica das proteínas do grão desta leguminosa (Wu et al., 1995). Porém, esses ensaios são baseados em experimentos direcionados aos monogástricos, o que pode não refletir quando utilizados na alimentação de ruminantes.

2.2.1.1 Fatores antinutricionais do feijão

O papel e mecanismos fisiológicos dos fatores antinutricionais do feijão tem sido extensivamente pesquisados para monogástricos, sendo observado que as lectinas, os taninos e os inibidores de proteases estão extensamente distribuídos e são de grande importância nutricional (Van der Poel, 1990). De acordo com alguns pesquisadores (Romero e Ryan, 1978; Sgarbieri et al., 1979), a baixa digestibilidade da proteína do feijão e baixa disponibilidade de alguns aminoácidos são uma das principais causas do baixo valor nutritivo desta leguminosa. Trabalhando com quatro cultivares de feijão, Sgarbieri et al. (1979) encontraram variações na digestibilidade aparente da proteína do feijão de 52 a 69,5% em ratos. Neste mesmo trabalho, foi relatado que a disponibilidade de metionina variou de 29,3 a 40,6%.

A fermentação ruminal pode modificar muitos desses FAN ingeridos a formas geralmente menos tóxicas ao metabolismo dos mamíferos (James et al., 1975). Porém, faltam informações a respeito da capacidade e extensão dessas modificações e consequências para a digestão pós-rúmen. O número limitado de experimentos disponíveis onde se tem realizado partição da digestão entre rúmen e pós-rúmen suportam a hipótese que os grãos de leguminosas são extensamente fermentados no rúmen (Dixon e Hosking, 1992).

2.2.1.1.1. Lectinas

Lectinas são proteínas com afinidade característica por certas moléculas de açúcares e glicoproteínas presentes nas membranas de muitas células animais, inclusive aquelas da mucosa intestinal. Lectinas também reagem *in vitro* com hemácias causando aglutinação, sendo reconhecida e detectada por este

procedimento (D'Mello e Devendra, 1995). Baseados em estudos com feijão (King et al., 1983), foi postulado que estas substâncias exercem seus efeitos deletérios através da redução da absorção de nutrientes devido a extensas lesões estruturais e funcionais nas microvilosidades dos enterócitos. Lectinas de diferentes variedades de feijões mostraram exercer diferentes níveis de toxicidade (Jaffé, 1968). Alguns estudos mostraram que as lectinas são absorvidas e transferidas intactas ao sistema circulatório (Pusztai et al., 1989b), causando efeitos no tamanho do pâncreas e fígado, além de uma depleção nas reservas de lipídeos, glicogênio e proteínas (Grant et al., 1987). Além disso, pode ocorrer também resposta imunológica às lectinas circulantes (Pusztai, 1989a).

As lectinas são inativadas por tratamentos térmicos, sendo que a duração e temperatura do tratamento afetam o grau desta inativação. O aquecimento a vapor parece ser mais eficiente do que o aquecimento a seco. No entanto, o vapor aplicado na peletização de alguns tipos de feijões não foi eficiente em produzir alguma redução na atividade hemoaglutinante (Gatel, 1994).

Woldetsadick et al. (1991) avaliando a influência de altos níveis de lectinas de feijão na dieta de ovinos, observaram que o efeito das lectinas na absorção intestinal foram de pouca importância. Já Willians et al. (1984) encontraram efeitos adversos quando altos níveis de feijão foram incluídos na dieta de novilhos de alto desempenho. Dixon e Hosking (1992) comentaram que grande parte da atividade das lectinas parece ser inativada pela fermentação ruminal. Porém, quando se tem alta taxa de passagem do alimento pelo rúmen, alguma fração parece passar sem sofrer inativação.

2.2.1.1.2. Inibidores de enzimas digestivas

São encontrados nos feijões dois tipos de inibidores de enzimas digestivas. Estes são os inibidores das enzimas proteolíticas e de α -amilases. Sgarbieri e Whitaker (1982) revisando sobre as propriedades físicas, químicas e nutricionais do feijão enfocaram os inibidores de proteases, particularmente a inibição da tripsina.

Inibidores de proteases são proteínas com atividades específicas antitripsínicas e antiquimiotripsínicas. No caso dos feijões, estão localizados principalmente nos cotilédones, sendo que nestes a atividade é cerca de 13 vezes maior do que na casca (Valdebouze et al., 1980). Os efeitos dessas proteínas estão principalmente na inibição da atividade das enzimas e digestão, sendo geralmente seguido por depressão de moderada a severa na performance animal (D'Mello e Devendra, 1995).

Os inibidores de proteases podem ser inativados pelo calor, e a extensão no qual esses são afetados depende do teor inicial, temperatura, tempo de aquecimento, tamanho da partícula, umidade, espécie e variedade do feijão (Gatel, 1994).

Hoffman et al. (2003) trabalhando com farelo de soja mostraram que os inibidores de tripsina são funcionalmente inativados assim como fisicamente degradados durante a fermentação ruminal, sendo que a inativação ocorre de uma forma mais rápida do que a degradação. Se algum inibidor de tripsina passa sem ser degradado ao intestino, é provável que já tenha perdido sua atividade, suportando a idéia de que o tratamento térmico não é essencial a esta finalidade quando grãos de leguminosas são oferecidos a ruminantes.

2.2.1.1.3. Taninos

Os taninos são compostos fenólicos com

alto peso molecular, sendo capazes de formar ligações com proteínas e outras macromoléculas como os carboidratos, sendo os taninos classificados em dois grupos: os hidrolisáveis (carboidrato central com ligações de ácidos fenólicos carboxílicos) e os condensados (mistura de polímeros flavanóides) (Van Soest, 1994). Os principais efeitos anti-nutricionais são: redução no consumo voluntário, redução na digestibilidade dos nutrientes, efeitos adversos sobre o metabolismo ruminal e toxicidade. Os taninos podem complexar com proteínas no rúmen, e essa ligação com proteínas alimentares e sistemas enzimáticos microbianos reduzem a atividade dos microorganismos ruminais e, conseqüentemente, a digestão dos substratos dietéticos (Mangan, 1988; D'Mello e Devendra, 1995).

A digestibilidade parece reduzir à medida que o conteúdo de pigmentos nas sementes aumenta, sendo que esses pigmentos são compostos fenólicos. Para monogástricos, a baixa digestibilidade e utilização biológica das proteínas de cultivares de feijão altamente pigmentados tem sido relacionados diretamente ao conteúdo de taninos desses grãos, sendo que os taninos estão localizados principalmente na testa desses (Elias et al., 1979; Aw e Swanson, 1985).

A degradação dos taninos condensados por microorganismos anaeróbicos, e dos taninos hidrolisáveis por microorganismos ruminais foi demonstrada, indicando o potencial dos microorganismos em reduzir os efeitos deletérios dos taninos (Murdiati et al., 1987). Segundo Marinho (1984), a tolerância dos microorganismos ruminais em relação à presença de taninos é variável. Se alguns microorganismos são susceptíveis, outros são capazes de suportarem elevadas concentrações e até mesmo degradá-los. Embora o tanino pareça proteger a proteína da digestão microbiana no rúmen, o seu efeito posterior

na nutrição dos ruminantes depende da sua disponibilidade para o animal.

2.3. Gramíneas do Gênero *Cynodon*

A qualidade de uma planta forrageira depende de seus constituintes químicos, sendo estes variáveis entre espécies, dentro de uma mesma espécie, de acordo com a idade e parte da planta, fertilidade do solo, fertilização recebida, dentre outros (Van Soest, 1994). Esta qualidade influencia a produtividade animal, já que o espaço ocupado pelos materiais fibrosos ou volumosos e o tempo de permanência destes materiais no rúmen podem alterar a dinâmica da fermentação ruminal, como também a velocidade de passagem do alimento por este compartimento (Rodrigues, 1998).

Dentre as forrageiras mais bem adaptadas à produção de feno, as do gênero *Cynodon* destacam-se por apresentarem elevado potencial de produção de forragem de boa qualidade. As plantas do gênero *Cynodon* são gramíneas perenes, rasteiras, com estolões abundantes, cujos nós enraizam com muita agressividade quando em contato com o solo, formando relvados densos com forragens de bom valor nutricional e boa aceitabilidade pelos animais (Evangelista et al., 2006).

O híbrido Tifton 85 (*Cynodon* spp.) surgiu do cruzamento da sul africana PI 290884 e o Tifton 68, sendo caracterizado pela alta produção de matéria seca e alta digestibilidade (Burton et al., 1993), quando produzido em condições adequadas. Este híbrido apresenta porte alto, rápida taxa de crescimento e boa relação lâmina/colmo, quando comparado aos outros cultivares do gênero *Cynodon* (Hill et al., 1993).

2.3.1. Consumo e digestibilidade do feno de Tifton 85

O consumo e a digestibilidade das diferentes frações da forragem estão ligados à idade da planta, pois, com o avanço no estágio de desenvolvimento, as forrageiras apresentam maiores teores de matéria seca, baixos teores de proteína e de energia disponíveis e, conseqüentemente, altos teores de parede celular (Van Soest, 1994).

Hill et al. (1993) avaliaram cultivares de *Cynodon*, em parcelas, com quatro cortes, a cada seis semanas, e encontraram valores para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 60,3 e 54,3% para o Tifton 85 e Coastal bermuda, respectivamente.

Gonçalves et al. (2003) avaliando feno de Tifton 85 em diferentes idades de corte (28, 42, 63 e 84 dias) encontraram valores de DIVMS variando de 59 a 54,5% para 28 e 84 dias de idade ao corte respectivamente. Houve decréscimo linear à medida que se aumentou a idade de corte, para o consumo de MS e para a digestibilidade aparente da MS, PB e FDN, utilizando-se ovinos em crescimento tendo-se um valor máximo (2,4% PV) de consumo de MS aos 28 dias e mínimo (1,96% PV) aos 84 dias de idade.

Ataide Jr. et al. (2001) avaliando o consumo e digestibilidade aparente em bovinos recebendo dietas contendo feno de Tifton 85 (35, 42 e 56 dias de rebrota) e milho (60%V:40%C), encontraram que o avanço da idade de rebrota do capim Tifton 85 produziu comportamento linear decrescente para consumos de MS, variando de 1,93 a 1,86% do PV e que o coeficiente de digestibilidade de MS (59,6%) e FDN (41,5%) não foram influenciados pela idade de rebrota do feno de capim-tifton 85.

2.4. Valor nutritivo dos alimentos

A avaliação do valor nutritivo dos alimentos é um desafio constante aos nutricionistas. Segundo Raymond (1969), o valor nutritivo é convencionalmente classificado como a resultante da interação de três fatores: digestibilidade, consumo do alimento e eficiência energética. Van Soest (1994) colocou que os alimentos não possuem a mesma capacidade de sustentar as funções de manutenção, crescimento, reprodução e produção dos animais, sendo que energia e proteína são geralmente os fatores mais limitantes aos ruminantes. Fatores como densidade calórica, tamanho de partícula, solubilidade no rúmen, capacidade de tamponamento, propriedades das partículas de fibra (ex: capacidade de hidratação e troca catiônica) e processamento podem influenciar a fermentação e digestibilidade do alimento no trato gastrointestinal.

De acordo com Mertens (1994), o desempenho animal é função direta do consumo de matéria seca digestível. Neste contexto, 60 a 90% do desempenho decorrem de variação do consumo, enquanto 10 a 40% advêm de flutuações na digestibilidade. Para Jarrige (1981), a avaliação nutricional dos alimentos pode ser feita a partir da composição bromatológica e através da fração digestível de seus nutrientes, sendo que é essencial se quantificar a participação da microflora ruminal no processo digestivo.

2.4.1. Consumo

As teorias que explicam o controle do consumo voluntário nos ruminantes admitem que este mecanismo é produto da ação integrada ou isolada de alguns fatores. Mertens (1992) dividiu esses fatores em três mecanismos: o fisiológico, em que a regulação do consumo é determinada pelo balanço nutricional; o psicogênico, que envolve a resposta do animal a fatores

inibidores ou estimuladores ligados ao alimento ou ao ambiente; e o físico, associado à capacidade de distensão do rúmen, que pode ser relacionado ao teor de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta. Se a densidade energética da ração for alta, isto é, com baixa concentração de fibra em relação às exigências do animal, o consumo será limitado pela demanda energética e o animal poderá deixar de ingerir alimentos, mesmo que o rúmen não esteja repleto. Por outro lado, se a dieta tiver baixa densidade energética, com dietas a base de volumosos de baixa qualidade nutricional, o consumo será limitado pelo enchimento e distensão ruminal. Porém, se a disponibilidade do alimento for limitada, nem o enchimento nem a demanda energética serão importantes para prever o consumo (Mertens, 1994; Forbes, 1995).

Conrad et al. (1964) mostraram a correlação entre a ingestão voluntária de MS e a digestibilidade da dieta, sendo que à medida que a digestibilidade se elevou de 52 até 67%, houve aumento na ingestão. O aumento da digestibilidade acima desse limite resultou em decréscimo da ingestão, e, a partir daí, a ingestão de energia digestível manteve-se constante, passando a ingestão a ser regulada por mecanismos quimiostáticos. Dessa forma, Conrad et al. (1964) concluíram que a ingestão e a digestibilidade podem ser positiva ou negativamente correlacionadas entre si, dependendo da qualidade da dieta. A correlação é positiva quando se utilizam dietas de baixa qualidade, pois, o volume ocupado pela fração de baixa digestibilidade reduz a ingestão. Por outro lado, a ingestão e a digestibilidade são negativamente correlacionadas quando se trata de dietas de alta qualidade, em que a fração fibrosa é pequena e, provavelmente, não afeta a ingestão. Neste caso o consumo será controlado pela necessidade energética do animal.

Características físicas e químicas dos ingredientes dietéticos e suas interações – conteúdo de fibra, facilidade de hidrólise do amido e da fibra, fragilidade e tamanho de partículas, produtos de fermentação das silagens, quantidade e degradação ruminal da proteína dietética – podem ter grande efeito no consumo (Allen, 2000).

2.4.1.1. Suplementação e influência no consumo

O consumo de alimentos em ovinos é influenciado pelo peso corporal, idade, tipo de alimento e densidade energética da dieta (Lu e Potchoiba, 1990). Sendo a suplementação alimentar uma forma de se aumentar a densidade energética da dieta, esta pode alterar o consumo voluntário dos animais.

Trabalhando com ovinos de 8 meses de idade e média de 30 Kg de peso vivo, e avaliando níveis crescentes de concentrado (150, 250, 350 e 450 g/dia) na dieta tendo como volumoso base o caule desidratado da planta de milho, Liu et al. (2005) observaram aumento de consumo do volumoso até o tratamento de 350 g/d de concentrado. Já Deng et al. (2000), em experimento semelhante ao anterior mas com níveis de concentrado de 300, 650, 850 e 1100g/dia, observaram que níveis de 300 a 1100 g/d de concentrado provocaram redução linear no consumo do volumoso. Estes dados mostram que o efeito da suplementação na ingestão do volumoso depende do nível do concentrado utilizado na dieta.

Costa et al. (2005) estudando três níveis de concentrado (5, 35 e 65%) e avaliando o consumo de MS em novilhos em confinamento observaram que o consumo expresso em kg/dia e em % do PV apresentaram efeitos quadráticos em função dos níveis de concentrado, sendo os consumos máximos estimados de 8,2 Kg/dia e 2,5 %PV, observados com 45,6 e

47,4% de concentrado, respectivamente. Outros autores (Véras et al., 2000a; Ítavo et al., 2002) também encontraram efeito quadrático para o CMS, expresso em kg/dia, quando estudaram diferentes níveis de concentrado na dieta. Pereira et al. (2004) trabalhando com níveis de 20 a 65% de concentrado na dieta de bovinos encontraram aumento linear para consumo de MS, fato também relatado por Souza et al. (2002) e Silva (2003). Pereira et al. (2004) atribuíram este resultado à maior densidade energética das dietas com maiores níveis de concentrado.

Burguer et al. (2000) não observaram efeito do nível de concentrado (30, 45, 60, 75 e 90%) no consumo alimentar de bezerras com cerca de 6 meses de idade, fato também relatado por Strack et al. (2001) e Moraes et al. (2002).

Ítavo et al. (2002), trabalhando com bovinos em fases de recria e terminação, avaliaram o efeito de quatro níveis de concentrado (20, 40, 60 e 80%) e dois níveis de PB (15 e 18%) no consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas, tendo como volumoso o feno de Tifton 85. Foi observado que o consumo de MS apresentou comportamento quadrático, observando-se valor máximo com 45,94% de concentrado. O consumo das frações fibrosas apresentou redução linear com o aumento do nível de concentrado na dieta. Segundo os autores tal fato era esperado, uma vez que a porcentagem de FDN reduziu com o aumento da quantidade de concentrado. Não houve efeito dos teores de PB sobre os consumos dos nutrientes. Cavalcante et al. (2005) também não relataram efeito do nível de proteína da dieta sobre o consumo.

Pina et al. (2006) não observaram efeito da fonte protéica (farelo de soja, farelo algodão 28, farelo de algodão 38, farelo de soja + uréia) no consumo voluntário de matéria seca, tendo silagem de milho como

volumoso. Segundo Van Soest (1994), concentrações de PB acima de 7% não influenciam o consumo. Porém, ocorre redução na ingestão de MS quando se utiliza dieta com menos de 7% de PB na MS total, o que foi confirmado em estudo realizado por Valadares et al. (1997a). Esses autores, utilizando dietas contendo 7,0; 9,5; 12,0 e 14,5% de PB na MS, observaram que a dieta contendo 7% de PB apresentou menor consumo de MS que as demais, que não diferiram entre si. Contudo, deve ser considerado que este valor de 7,0% é apenas uma média, podendo mudar conforme a degradabilidade da proteína da dieta e seu tempo de retenção ruminal.

2.4.2. Digestibilidade

O valor potencial dos alimentos pode ser determinado mediante análise química, mas o valor real para os animais só pode ser conhecido depois de saber a quantidade de perdas inevitáveis que se produzem durante a digestão, absorção e metabolismo. Dentre os fatores que afetam a digestibilidade de um alimento pode-se destacar a composição química do alimento e da ração (efeitos associativos), o processamento dos alimentos, fatores ligados ao animal, o nível nutricional, dentre outros (McDonald, 1988). Segundo Coelho da Silva e Leão (1979), digestibilidade é característica do alimento e indica a porcentagem de cada nutriente de um alimento que o animal pode utilizar.

Os estudos de digestão são importantes na determinação da eficiência de utilização dos nutrientes pelo animal. Segundo Van Soest (1994), o balanço do material perdido na passagem pelo trato digestivo e consequentemente digestibilidade dos nutrientes, é uma mensuração que serve para qualificação dos alimentos quanto ao seu valor nutritivo. As fezes não contêm somente material indigestível mas também produtos metabólicos incluindo bactéria e

perdas endógenas do metabolismo animal, sendo considerada portanto como digestibilidade aparente o balanço entre alimento ingerido e produção fecal. Proteínas e lipídios sempre têm perdas fecais metabólicas. Porém, para fibra não há perdas endógenas metabólicas e a digestibilidade aparente é igual à digestibilidade verdadeira.

2.4.2.1. Suplementação e influência na digestibilidade da dieta

Uma das formas de otimizar a digestibilidade de um volumoso e consequentemente da dieta consumida, é a prática da suplementação com alimentos ricos em energia e/ou proteína. Liu et al. (2005), em trabalho citado acima, observaram que a suplementação da dieta de ovinos com até 350 g/dia de concentrado provocou efeito benéfico na digestibilidade dos nutrientes da dieta, sendo que acima deste nível houve decréscimo na digestibilidade das frações fibrosas.

Ítavo et al. (2002) trabalhando com bovinos recebendo quatro níveis de concentrado (20, 40, 60 e 80%), tendo como volumoso o feno de Tifton 85, observaram que a digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) apresentou comportamento quadrático (valor máximo com 59,7% de concentrado), mas a digestibilidade da FDN (DFDN) não foi influenciada pela dieta. Não houve, portanto, efeito associativo ou influência das quantidades de amido da dieta sobre a digestão da fibra. Já Costa et al. (2005) encontraram efeito linear para a DMS em função do aumento do nível de concentrado nas dietas, assim como Cardoso et al. (2000) e Dias et al. (2000). Já para a DFDN, Costa et al. (2005) encontraram que esta diminuiu de forma linear com a adição de concentrado à ração. Sabe-se que a adição de concentrado às dietas de ruminantes pode provocar redução na digestibilidade ruminal da fibra, em decorrência do aumento nas proporções dos

carboidratos prontamente fermentáveis e da conseqüente redução do pH do ambiente ruminal, que pode reduzir sensivelmente a atividade das bactérias fibrolíticas. Considerando esta premissa verdadeira, os autores concluíram que a queda na digestibilidade da fração FDN pode ser justificada pelo aumento de carboidratos prontamente fermentáveis.

Resende et al. (2001) estudaram dietas que variaram de 15 a 75% de concentrado em novilhos, tendo como volumoso o feno de capim tanzânia. A análise de regressão, em função do nível de concentrado na dieta, apresentou efeito quadrático sobre os coeficientes de DMS e DFN, obtendo-se ponto máximo de digestibilidade com 54 e 28% de concentrado respectivamente. Segundo Valadares Filho et al. (1987), carboidratos não-estruturais possuem coeficiente de digestibilidade aparente total acima de 90% e carboidratos estruturais próximos de 50%, o que reflete na maior digestão da MS nas rações com menores teores de carboidratos estruturais e de maior teor de concentrado, o que ocorreu no experimento de Resende et al. (2001). Já para a DFDN, os autores atribuíram o decréscimo deste a partir de 28% de concentrado na dieta ao efeito depressor deste sobre a digestibilidade da fibra.

Segundo Owens et al. (1991), a suplementação protéica em dietas de baixa qualidade (menos de 7% de PB) pode otimizar a performance animal, aumentando o consumo e digestibilidade da dieta consumida, por fornecer fontes nitrogenadas suficientes para um funcionamento adequado da microbiota ruminal.

2.4.3. Eficiência energética

A eficiência com que o animal utiliza os nutrientes da dieta transformando-os em produtos é uma das formas de se avaliar a qualidade nutricional da dieta. Da energia

bruta ingerida há perdas na forma de fezes, gases e da energia absorvida parte é perdida na forma de urina. Quando se subtrai a energia consumida dessas perdas acima citadas o balanço é chamado de energia metabolizável (EM), que é a energia efetivamente disponível para o metabolismo animal. A relação entre energia metabolizável e energia bruta da dieta é conhecida como metabolizabilidade, sendo observado que o aumento na quantidade de fibra diminui a metabolizabilidade da dieta (Resende e Teixeira, 2006). Portanto, os fatores que afetam a digestibilidade do alimento e conseqüente produção fecal, além dos fatores alterando a produção de metano e perdas urinárias interferem no teor de energia metabolizável do alimento.

2.5. Fontes energéticas tradicionais na nutrição de ruminantes

O aumento da densidade energética das rações é uma das formas de se melhorar a resposta produtiva dos rebanhos comerciais, envolvendo portanto a suplementação da dieta com fontes energéticas. O amido é o principal nutriente utilizado para se conseguir esta otimização e melhoria na eficiência produtiva. As principais fontes de amido utilizadas são os grãos de cereais como cevada, milho e sorgo (Theurer, 1986). Porém, algumas leguminosas como o feijão possuem quantidades consideráveis de amido, podendo ser utilizados como fonte deste na alimentação animal.

2.5.1. Amido

O amido é um polissacarídeo de reserva das plantas. É composto de duas partes: amilose e amilopectina. A amilopectina é um polímero da glicose que apresenta ligações α -1, 4 e ramificações com ligações α -1,6 a cada cerca de 20 unidades de glicose. Já a amilose é a parte mais solúvel, sendo um polímero de glicose com ligação α -1,4 e raras ramificações, não chegando a 20 por

molécula. O amido é acumulado em grânulos no endosperma dos grãos e é depositado em camadas com várias proporções de amilose e amilopectina (Buléon et al., 1998).

A relação amilose/amilopectina é controlada geneticamente e aumenta com a maturidade da planta. Nos alimentos de uma forma geral, a amilose representa cerca de 20% e amilopectina 80% do amido total (Parker e Ring, 2001), sendo relatado por Yoshida et al. (2003) um teor de 27% de amilose em amostras de feijão. Segundo Van Soest (1994), a qualidade do grânulo do amido é afetado pelo tipo do amido presente.

O tamanho do grânulo é importante para as propriedades funcionais do amido, sendo relatado que esta característica varia entre cultivares, sugerindo certo controle genético (Peterson e Fulchner, 2001). As condições ambientais, como temperatura durante o enchimento dos grãos, parecem afetar o tamanho dos grânulos e algumas propriedades do amido (Tester et al., 1995). Yoshida et al. (2003) avaliaram amostras de feijão e relataram que os grânulos são ovais e similares aos da batata e de tamanhos similares aos do trigo e da cevada.

A estrutura do amido é altamente organizada, sendo que as moléculas de amilose e amilopectina são unidas por pontes de hidrogênio, o que faz com que os grânulos íntegros apresentem baixa capacidade de absorção de água. Diversos tipos de processamentos são aplicados aos grãos com a finalidade de romper essas pontes de hidrogênio dentro dos grânulos de amido, melhorando a sua capacidade de hidratação, tornando-se assim mais susceptível à digestão enzimática (Antunes e Rodriguez, 2006).

Os grânulos de amido são “pseudo cristais” que contém regiões organizadas de forma cristalina (principalmente amilopectina) e

também áreas amorfas pouco organizadas. A região cristalina é resistente à infiltração de água, enquanto a água penetra facilmente na região amorfa, o que reflete em maior facilidade de acesso das enzimas e conseqüente maior digestibilidade (French, 1973; Dixon e Milligan, 1985). O aquecimento dos grânulos de amido associado à presença de água rompe as pontes de hidrogênio fazendo com que os grânulos percam a cristalinidade da estrutura nativa tornando-os mais disponíveis à digestão. Esse fenômeno é conhecido como gelatinização do amido. A temperatura de gelatinização do amido varia com o tipo de grão, o que pode refletir as diferenças na composição bioquímica do amido e a interação desse com a matriz protéica (Van Soest, 1994).

A reassociação das moléculas de amido separadas após a gelatinização é conhecida como retrogradação. Há o restabelecimento das pontes de hidrogênio entre amilose e amilopectina, mas a estrutura nativa do amido não será restabelecida. O grau de aquecimento e de inclusão de água no meio afeta esta tendência (Rooney e Pfugfelder, 1986).

2.5.1.1. Locais de digestão

A taxa e extensão da digestão do amido no rúmen são determinadas por interrelações entre vários fatores, incluindo fonte do amido, composição do amido, quantidade consumida por unidade de tempo, alterações mecânicas (processamento do grão, mastigação), alterações químicas (grau de hidratação, gelatinização) e grau de adaptação da microbiota ruminal à dieta (Huntington, 1997).

O rúmen é o local de maior digestão do amido. No entanto, quando fontes de amido lentamente degradáveis são fornecidas, grande quantidade do amido da dieta pode escapar da fermentação ruminal e se tornar disponível para a digestão e absorção no

intestino delgado, para a fermentação microbiana no intestino grosso e até mesmo passar às fezes sem ser digerido. Esta insuficiente degradação ruminal do amido pode reduzir a digestibilidade deste e limitar a produção de proteína microbiana. No entanto, a excessiva degradação ruminal do amido pode reduzir a digestibilidade ruminal e total da fibra e reduzir a absorção de glicose no intestino (Nocek and Tamminga, 1991). A digestão do amido no intestino é mais eficiente energeticamente do que a digestão microbiana ruminal devido às perdas que acontecem neste com calor e metano (Owens et al., 1986).

A taxa fracional de fermentação ruminal do amido e a magnitude do efeito do processamento na utilização do amido variam extensivamente entre grãos e métodos de processamento (Theurer, 1986). Vários desses métodos têm sido utilizados para melhorar a utilização dos grãos pelos ruminantes. Alterando o tamanho e estrutura dos grãos pelo processamento pode-se alterar a disponibilidade do amido e da proteína, as características da fermentação ruminal, taxa de passagem pelo rúmen, disponibilidade das fontes de carboidratos e, principalmente, alterar o local de digestão (Malcolm e Kiesling, 1993).

O amido que escapa da degradação ruminal e chega ao intestino delgado é digerido até glicose assim como nos monogástricos. A enzima pancreática α -amilase hidrolisa a amilose e amilopectina até dextrinas e oligossacarídeos lineares de 2 ou 3 unidades de glicose. O processo é completado pelas oligossacaridasas de superfície da mucosa intestinal (ex: maltase e isomaltase) (Harmon, 1993). Porém, segundo Owens et al. (1986) há uma capacidade limite de digestão do amido pelo intestino, que se deve a alguns fatores como: atividade limitada da amilase, maltase e isomaltase; absorção limitada da glicose liberada; tempo insuficiente para a

hidrólise completa do amido; acesso inadequado das enzimas aos grânulos de amido devido à insolubilidade ou impenetrabilidade ao grânulo de amido. Segundo Orskov (1986), ovinos de 30 Kg são capazes de digerir de 100 a 200 g de amido no intestino delgado, diariamente.

A fermentação do amido no rúmen é acompanhada por perdas inevitáveis como calor e metano, sendo esta perda estimada em 12 a 20% da energia ingerida (Hungate, 1966). Segundo Owens et al. (1986) para uma máxima eficiência energética da utilização do amido, a digestão no intestino deve ser preferida considerando-se que estas perdas são amenizadas. Porém, as limitações da digestão do amido no intestino delgado assim como a redução na produção de proteína microbiana no rúmen faz com que o aumento do amido sobrepassante possa ser desvantajoso. Os métodos de processamento aumentam a digestão do amido por todo o trato digestivo, otimizando assim a eficiência alimentar.

2.6. Fontes protéicas na nutrição de ruminantes e suas utilizações

Dentre os alimentos concentrados protéicos utilizados na nutrição de ruminantes tem-se os grãos, farelos e tortas de leguminosas, concentrados protéicos de origem animal e compostos nitrogenados não protéicos (McDonald, 1988). A proteína contida nos alimentos é composta de uma fração degradável no rúmen (PDR) e uma fração não degradável no rúmen (PNDR). Os fatores que afetam a degradabilidade protéica no rúmen são a composição química e física da PB, a atividade proteolítica microbiana, o acesso microbiano à proteína, o tempo de retenção do alimento no rúmen, o pH ruminal, o processamento do alimento e a temperatura ambiente. As fontes protéicas que chegam ao intestino são a proteína microbiana, a

PNDR e a proteína endógena (Santos, 2006).

Na tentativa de se manipular as proporções de PDR e PNDR fornecida aos animais, alguns métodos podem ser utilizados, como a manipulação química, tratamento térmico, proteção utilizando taninos ou formaldeído. Variações na quantidade de proteína microbiana produzida estão relacionados à taxa de fermentação, taxa de diluição ruminal dentre outros fatores. Para assegurar uma máxima síntese de proteína microbiana, é necessário uma sincronização do N liberado à disponibilidade energética, assegurando que o nitrogênio não seja limitante ao crescimento microbiano, para posteriormente assegurar o fornecimento de PNDR (Orskov, 1986).

O processamento térmico dos grãos normalmente diminui a degradabilidade da PB, formando complexos entre a proteína e carboidratos (reação de Maillard), ou aumento na presença de pontes de dissulfeto. O objetivo do processamento é diminuir a degradabilidade ruminal da proteína. As variáveis tempo e temperatura, devem ser controladas para não prejudicar a digestibilidade intestinal da PNDR. Ensaio de metabolismo mostraram que o sucesso com a suplementação de fontes ricas em PNDR dependem de um correto balanceamento da ração em PDR, para não limitar a síntese microbiana, e do perfil aminoacídico da PNDR (Santos, 2006). Segundo Moscardini et al. (1998), mensurações de N plasmático uréico e N uréico no leite são bons indicadores do balanceamento entre N ruminal e balanço energético.

Prado et al. (2004) avaliaram ovinos adultos recebendo níveis crescentes de PDR (47, 52, 57 e 62% da PB) e fonte de carboidrato de alta degradabilidade ruminal (farinha de varredura de mandioca). As rações continham 14%PB e 71% de NDT. Foi observado que houve aumento linear da

digestibilidade da matéria seca da dieta podendo indicar uma melhor fermentação ruminal provocada pela sincronização entre os níveis crescentes de PDR e a fonte de amido de alta degradabilidade ruminal. O balanço de nitrogênio não foi afetado pelo aumento do teor de PDR.

Chandramoni et al. (1999) observaram que, ao aumentar a proporção de concentrado (8, 50 e 70%) na dieta de ovinos adultos, houve maior balanço de nitrogênio, o que significou uma melhor utilização da proteína dietética. Esta melhora foi atribuída a uma maior disponibilidade de energia no rúmen, que contribuiu para que os microorganismos pudessem utilizar o nitrogênio liberado, aumentando assim a digestibilidade desta fração da dieta. Rodrigues (2002) também observou melhora na retenção de nitrogênio à medida que se aumentou a proporção de milho na dieta de ovinos.

2.7. Métodos de processamento

Na tentativa de otimização da utilização dos alimentos pelos ruminantes muitos métodos de processamento têm sido utilizados (Theurer, 1986). Esses métodos podem ser divididos em: a frio, calor seco e hidrotérmico. Os objetivos dos processamentos a frio são romper o pericarpo do grão e expor o endosperma à digestão. Dentre os processos a frio pode-se citar a moagem fina e grossa, extrusão, laminação, peletização, dentre outros. Durante o processo, algum calor pode ser produzido pela fricção de passagem do alimento. Particularmente nos casos da extrusão e da peletização, podem ser considerados métodos a calor seco. A micronização e *popping* são outros exemplos de processamentos a calor seco. A expansão através de *popping* consiste na exposição dos grãos por 30 segundos a temperaturas entre 230 a 240°C, que serão expandidos entre 1,5 e 2 vezes o seu volume original com a ruptura do pericarpo.

A micronização refere-se à exposição dos grãos à radiação infravermelha a 150 – 180°C durante 30 a 60 segundos, seguido de floculação. Os métodos hidrotérmicos, nos quais se encontra a expansão, utilizam o calor úmido com ou sem pressão e secagem após floculação. As interações adequadas entre calor, pressão e umidade estão envolvidas com o processo de gelatinização do grânulo do amido e conseqüentemente na maior susceptibilidade deste aos ataques enzimáticos (Van Soest, 1994). Segundo Theurer (1986), a união dos dois processos, redução do tamanho de partícula e aplicação de vapor, melhora ainda mais a eficiência de digestão, pelos ruminantes, dos alimentos processados. Os processamentos térmicos provocam outras alterações nos alimentos como aumento na proteína sobrepastante e inativação de fatores antinutricionais.

O maior efeito do processamento dos grãos é a mudança do local de digestão do amido do intestino ao rúmen, com concomitante aumento na percentagem digerida em ambos os locais. Quando a capacidade intestinal de digestão do amido é limitante para grãos não processados, parece que o processamento minimiza essas limitações intestinais por reduzir a quantidade de amido que chega ao intestino (Theurer, 1986).

De forma geral, a maioria dos métodos de processamento apresentam melhora na eficiência de utilização dos nutrientes dos alimentos pelos microrganismos ruminais, assim como pelo trato digestivo total, com resultados positivos sobre a conversão alimentar, produção de leite e sobre o desempenho do gado de corte em confinamento (Antunes e Rodriguez, 2006).

A maioria dos amidos gelatinizam em temperaturas acima de 80°C com excesso de água, aumentando a susceptibilidade da degradação devido a perda da estrutura

cristalina. Foi encontrada correlação de 0,96 entre extensão da gelatinização e taxa de digestão total do amido no trato gastrointestinal (Holm et al., 1988). Durante o condicionamento para peletização, até 20% do amido é gelatinizado. Já a expansão, consegue uma variação entre 22 e 35%. A extrusão consegue uma desintegração dos grânulos de amido e gelatinização de maior intensidade que a peletização e a expansão (Svihus et al., 2005).

2.7.1 Expansão como forma de processamento

No início dos anos 80, uma série de tecnologias foram desenvolvidas e testadas em países do norte da Europa, particularmente na Dinamarca, com a finalidade de melhorarem a qualidade dos alimentos e durabilidade dos pellets (IDP). As pesquisas continuaram e os objetivos destas sempre estavam focados nas necessidades das indústrias, que aumentaram no final da década o uso de ingredientes líquidos (ex: óleos, melaço), subprodutos da agroindústria, dentre outros ingredientes que afetam negativamente a qualidade dos pellets. Diante deste cenário, foi desenvolvida no norte da Europa a tecnologia da expansão, no final da década (Fancher et al., 1996).

No início dos anos 90, regulamentos governamentais nessa região da Europa requisitaram que os alimentos manufaturados fossem submetidos a processos que destruíssem espécies de Salmonella nos alimentos destinados à alimentação animal. Como a extrusão é um processo que exige alto investimento e tem elevados custos operacionais, a expansão recebeu maior atenção das indústrias. Cresceu-se então a utilização deste processo na Europa e América do Norte para melhoria do IDP e possibilidade de adição de ingredientes líquidos em ração de aves e suínos (Fancher et al., 1996).

O expansor consiste em uma rosca resistente dentro de uma seção equipada com aberturas ajustáveis, com a finalidade de controlar a pressão e o vapor. A rosca direciona o material colocado no equipamento e, através da adição de vapor e fricção do alimento no equipamento, eleva-se a pressão e temperatura no ambiente. Ao passar pelo percurso da rosca, o material chega ao meio externo e, ao entrar em contato com a pressão atmosférica, o alimento sofre a expansão, e grande parte da água presente no alimento é vaporizada e perdida. A expansão é um processo HTST (alta temperatura em um curto espaço de tempo) que é primariamente usado para pré-tratamento do alimento antes da peletização. O processo HTST é realizado pela transferência da energia mecânica à energia térmica, resultando em uma temperatura de até 126°C e uma pressão que pode ser superior a 1200 P.S.I. ou 83 ATM. Um pré-condicionamento é necessário para a entrada do material no expansor, devendo a temperatura estar entre 70 e 88°C e conter cerca de 16 a 18% de umidade (Fancher et al., 1996).

A redução da contagem de germes, incluindo Salmonella, é um dos efeitos bastante investigados. Consegue-se em temperaturas entre 115 e 125°C, que são obtidas com o processo de expansão, uma taxa de descontaminação bacteriana muito efetiva (Heidenreich, 1994).

Dentre os efeitos físicos do processo de expansão tem-se a gelatinização do amido. Os efeitos nos grânulos de amido começam imediatamente após o material passar pelo misturador e ser adicionado vapor no equipamento. Os grânulos absorvem água e perdem a forma original da sua estrutura cristalina. As leguminosas começam a gelatinizar entre 55 e 75°C. À medida que o material passa pelo expansor, há um rápido aumento de temperatura e o processo de gelatinização continua. Porém, o passo de

maior efeito na modificação da estrutura do amido é quando o material entra em contato com o ambiente, e a queda repentina de pressão faz com que o grânulo sofra um maior grau de gelatinização. Também o tipo e a intensidade do processamento interferem no grau de gelatinização do amido, sendo conseguido graus de 30, 55 e 90% de gelatinização à expansão com temperaturas de 110, 130 e 160°C, respectivamente (Peisker, 1992). Segundo Fancher et al. (1996) o processo de expansão aumenta a quantidade de proteína sobrepassante.

Prestlokken (1999) avaliou cevada, aveia, farelo de soja e farelo de canola submetidos ao processo de expansão sob três diferentes intensidades (130, 150 e 170°C). Foi observado que o tratamento reduziu eficientemente a degradação protéica no rúmen, especialmente para a cevada e aveia, sendo esta redução menos pronunciada para o farelo de soja e sem efeito aparente para o farelo de canola. Os tratamentos não tiveram efeito negativo na digestibilidade intestinal da proteína dos alimentos estudados, parecendo ser mínimo o risco de super-proteção da proteína no tratamento de expansão, mesmo a temperaturas de 170°C.

Tothi et al. (2003) estudaram o efeito da expansão na digestibilidade ruminal e intestinal do amido de grãos de milho e cevada. Foi relatado que a degradação ruminal *in situ* do amido do milho foi aumentada mas a da cevada não alterou com a expansão. Estudos *in vivo* mostraram que a taxa fracional de degradação do amido foi aumentada em ambos os cereais pelo tratamento térmico.

Rodrigues (2002) avaliou três níveis de inclusão de milho e milho expandido na dieta (19, 37 e 62%) e verificou aumento de 36% no teor de energia digestível do milho expandido em relação ao milho moído. Este

aumento energético leva a maior síntese de proteína microbiana, sendo que mais proteína digestível fica disponível para o animal. Os coeficientes de digestibilidade da FDN e FDA foram reduzidos com o aumento da inclusão de milho expandido, possivelmente devido à queda no pH ruminal, mostrando o aumento da disponibilidade do amido processado pela expansão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e duração do experimento

O ensaio de digestibilidade aparente foi conduzido nas dependências do departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte-MG, nos meses de junho a agosto de 2004. Foram realizados quatro períodos experimentais. Cada período experimental teve 15 dias de adaptação e 7 dias de coleta.

3.2. Animais

Dez carneiros adultos, castrados, caudectomizados, tosquiados, sem raça definida (SRD), com peso médio de 51 kg \pm 8,7 (erro padrão da média) foram utilizados nesse ensaio. A média do peso metabólico dos animais foi de 19,11Kg. Em cada período experimental 5 animais receberam concentrado contendo feijão moído e 5 receberam o concentrado que continha feijão expandido, e um mesmo nível de inclusão deste concentrado.

Para a determinação da digestibilidade aparente os animais foram previamente vermifugados, casqueados e alojados em gaiolas metabólicas individuais, com piso ripado, dispondo de bebedouro e comedouro em aço inoxidável e saleiro. Para a coleta de urina foram utilizados funis acoplados às gaiolas e baldes, e para a coleta de fezes, caixas plásticas dispostas abaixo dos funis de coleta de urina.

3.3. Tratamentos

Foram avaliadas oito dietas experimentais com níveis crescentes (12, 24, 36 e 48%) de adição de concentrado, tendo como volumoso base o feno de Tifton 85 picado. Os concentrados foram compostos de 90% de feijão moído ou expandido, e 10% de fubá.

3.4. Coleta e preparo de amostras

Os animais tiveram livre acesso a água e mistura mineral. O feno e o concentrado foram oferecidos em cochos separados. A dieta foi dividida em duas refeições iguais, oferecidas às 07:00 e às 16:00 h. As sobras foram colhidas diariamente e pesadas, antes do fornecimento da refeição pela manhã. A quantidade de alimento (feno e concentrado) oferecida baseou-se no valor das sobras do feno, sendo calculado o necessário para que se mantivessem 20% de sobras de feno e que se fosse conseguido o nível desejado de inclusão do concentrado na dieta consumida, e para que o consumo estivesse próximo à manutenção. Foram colhidas amostras de feno oferecido e sobras diárias, sendo reunidas em pool. Foram moídas em moinho dotado de peneira de 1 mm. Estas foram armazenadas em potes plásticos até as análises laboratoriais.

Para a conservação da urina, foram utilizados diariamente 100ml de ácido clorídrico 2N em cada balde, como forma de se evitar fermentação, degradação e perdas de nitrogênio. A quantidade total de urina por ovino foi mensurada uma vez ao dia, pelas manhãs. Uma alíquota de 10% do volume total produzido foi amostrada e armazenada em garrafas plásticas. As amostras de urina permaneceram congeladas até as análises.

No recolhimento das fezes foram utilizadas caixas de polietileno, de onde eram retiradas

e pesadas diariamente, amostrando-se 20% do total defecado. As fezes foram embaladas em sacos plásticos e armazenadas em câmara frigorífica a temperatura de -17°C . Posteriormente, foram descongeladas, peneiradas de forma a homogeneizar as fezes totais, colocadas em bandejas de alumínio, pesadas e levadas em estufa de ventilação forçada a 60°C para determinação da matéria pré-seca. Em seguida, foram moídas a 1 mm e colocadas em potes plásticos para análises laboratoriais.

3.5. Análises laboratoriais

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, adotando-se os seguintes procedimentos:

- a) Pré-secagem: determinada em estufa de ventilação forçada a 60°C (amostras de fezes);
- b) Matéria seca (MS): determinada em estufa a 105°C segundo A.O.A.C. (1980) para as amostras de oferecido, sobras e fezes;
- c) Matéria orgânica (MO): incineração em mufla a 600°C até peso constante (amostras de oferecido);
- d) Proteína bruta (PB) e conteúdo de nitrogênio total: método de Kjeldahl, segundo A.O.A.C. (1995) para as amostras de oferecido, sobras, fezes e urina;
- e) Extrato etéreo (EE): extração de lipídios feita no aparelho tipo “Goldfish” segundo A.O.A.C. (1995) para as amostras de oferecido;
- f) Energia Bruta (EB): usou-se um calorímetro tipo PARR 2128 (segundo A.O.A.C., 1995). No caso particular da urina, esta foi previamente desidratada em copos de plástico para permitir sua combustão na bomba calorimétrica

(amostras de oferecido, sobras, fezes e urina);

- g) Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL), lignina (LIG) e sílica: conforme o método seqüencial descrito por Robertson e Van Soest (1981) realizadas para as amostras de oferecido, sobras e fezes;
- h) Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) determinados pelo método de Kjeldahl segundo A.O.A.C. (1995); (amostras do material oferecido).

3.6. Metodologia de cálculos

O teor de carboidratos não fibrosos foi calculado por diferença, sendo seguido a fórmula abaixo:

$$\text{CNF} = 100\% - [\text{PB}\% + (\text{FDN}\% - \text{PBFDN}\%) + \text{EE}\% + \text{Cinzas}\%]$$

Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram calculados conforme as fórmulas abaixo:

$$\text{ED} = \text{EB consumida} - \text{EB fezes}$$

$$\text{EM} = \text{ED} - (\text{EB urina} + \text{EB metano})$$

Para cálculo das perdas em metano (cm) ao nível de manutenção, foi utilizada a fórmula sugerida por Blaxter e Clapperton (1965) em que $\text{cm} = 3,67 + 0,062\text{D}$, e D representa a digestibilidade aparente da energia bruta do alimento.

A avaliação do consumo voluntário da MS das silagens foi determinada pela diferença entre a quantidade de material fornecido aos animais e as sobras nos cochos. Os valores de digestibilidade aparente foram obtidos através da fórmula:

$$DA = \frac{(Kg \text{ cons } x \% \text{ cons}) - (kg \text{ fz } x \% \text{ fz})}{(Kg \text{ cons } x \% \text{ cons})} \times 100$$

3.7. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo cinco animais para cada nível de inclusão do FC (feijão comum) e cinco para o FE (feijão expandido), num fatorial 2x4, dois alimentos e quatro níveis de inclusão na dieta, (12, 24, 36 e 47%), ao longo do tempo, perfazendo um total de 40 observações. Nos quatro períodos os mesmos animais consumiram os mesmos tratamentos.

3.8. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (tabela 1) e as médias dentro de mesmo nível de inclusão de feijão foram comparadas entre si pelo teste SNK, com diferença mínima significativa de 5%. Foi utilizado o programa estatístico SAEG (versão 7.0).

Análises de regressão foram realizadas para permitir a estimativa dos coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FDN, FDA, HCEL, CEL e energia bruta (EB) para os níveis de concentrado contendo feijão moído e este expandido.

Tabela 1: Análise de variância

Fontes de variação	Graus de liberdade
Animais	39
Tratamentos	7
Erro	32

Os dados foram analisados conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + I_j + P*I_{ij} + e_{ijk}$$

Em que,

Y_{ijk} = observação “k” no processamento “i” para nível de inclusão “j”;

μ = média geral;

P_i = efeito do procesamento “i”, (i = feijão comum ou expandido)

I_j = efeito do nível de inclusão de concentrado “j”, (j = 12, 24, 36 e 47);

$D*G_{ij}$ = efeito da interação do processamento “i” com o nível de inclusão “j”;

e_{ijk} = erro experimental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição química e energia bruta dos alimentos e dietas utilizadas

A composição química e a energia bruta do feno de Tifton 85, feijão moído, feijão expandido e milho moído com base na matéria seca constam na Tabela 2.

Tabela 2: Composição química, energia bruta, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) dos ingredientes das dietas com base na matéria seca.

Componentes	Feijão moído	Feijão expandido	Milho moído	Feno Tifton 85
Matéria seca (%)	87,12	86,62	88,29	88,33
Proteína Bruta (%)	24,26	24,89	10,19	12,45
Cinzas (%)	4,06	4,19	1,63	4,67
Fibra detergente neutro (%)	18,65	19,30	14,16	79,76
Fibra detergente ácido (%)	9,77	9,26	7,77	38,45
Hemicelulose (%)	8,88	10,04	6,39	41,31
Celulose (%)	3,43	1,78	6,67	33,14
Lignina (%)	6,34	7,48	1,10	8,17
Extrato etéreo (%)	1,52	1,49	5,54	0,57
Energia bruta (Kcal/g)	4,38	4,45	4,53	4,57
Carboidratos não fibrosos (%)	55,57	54,32	70,11	7,22
NIDN (%N Total)	11,72	5,71	-	56,46
NIDA (%N Total)	5,47	4,92	-	18,72

As composições químicas dos feijões moído e expandido são parecidas, indicando que o processo de expansão não provocou alterações químicas no material expandido.

Os valores obtidos de MS, tanto para o feijão moído quanto para o expandido são menores que os encontrados por Koehler et al. (1987), que avaliaram 36 cultivares de feijão. Foi observado variação de 89,4 a 91,8% de MS por esses autores, mas sabe-se que o ponto de colheita e a forma de armazenamento do alimento podem afetar este valor.

Os resultados de proteína bruta (PB), extrato etéreo e cinzas dos feijões moído e expandido são equivalentes aos obtidos por Sgarbieri et al. (1979), sendo que estes autores avaliaram composição química de quatro variedades de feijão. Os resultados percentuais variaram de 23,37 a 25,77, 1,25 a 2,12 e 3,58 a 4,20 para PB, extrato etéreo e cinzas respectivamente. Os resultados de PB, extrato etéreo e fibra em detergente ácido (FDA) citado por Nunes (1998) foram de 24,7, 1,5 e 6% respectivamente.

Segundo Van Soest (1994), o teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) nos alimentos é aumentado pelo

aquecimento, que promove desnaturação de albuminas, mas não necessariamente se aumenta o teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), que requer a ocorrência de reação de Maillard. O NIDA presente nas forrageiras é relativamente indigestível e pobremente utilizado pelos ruminantes, enquanto o NIDA presente nos grãos apresenta alguns resultados controversos com relação à sua disponibilidade. Encontra-se normalmente variações de 3 a 15% de nitrogênio insolúvel em relação ao nitrogênio total em alimentos de uma forma geral.

Os resultados de NIDN dos feijões moído e expandido divergiram do que a literatura coloca em relação ao processamento de alimentos utilizando aquecimento (Van Soest, 1994). Foi observado que o feijão moído apresentou valor de NIDN superior ao encontrado para o feijão submetido ao tratamento térmico. Os resultados de NIDA foram semelhantes entre o feijão moído e expandido, estando dentro da variação normal colocada por Van Soest (1994). Isso mostra que o processamento térmico não provocou reações que pudessem levar à indisponibilidade da proteína bruta presente no alimento.

A análise química do milho mostra valores próximos aos da literatura. Galyean et al. (1979) observaram variação de 85,50 a 89,07% em teor de MS e de 11,2 a 11,8% de PB, sendo que estes avaliaram milho moído em diferentes tamanhos. Os valores de FDN e FDA encontrados foram semelhantes aos observados por Rodrigues (2002), avaliando milho moído e milho expandido.

A composição química do feno de Tifton 85 apresentou valores de MS, PB, FDN e EE semelhantes aos resultados encontrados por Ataíde Júnior et al. (2001), avaliando feno de Tifton 85 em diferentes idades de rebrota. Os autores encontraram variação de 12,2 a 17% de PB, sendo que o valor de 12,2% foi encontrado para o material cortado com 56 dias após a rebrota, sendo que nesta idade de corte o teor de FDN encontrado foi de 80,5%. Gonçalves et al. (2003) também avaliando feno de Tifton 85

em diferentes idades de corte observaram teores de PB, FDN, FDA e lignina de 8,15, 78,46, 47,93 e 8,85% respectivamente. O teor de PB encontrado por estes autores foi menor que os encontrados neste experimento. Os teores de NIDN e NIDA em relação ao nitrogênio total encontrados por Cavalcante et al. (2005) foram de 50,81 e 31,10% respectivamente para o feno de Tifton 85. Porém, neste experimento foi relatado que o capim encontrava-se em estágio de florescimento pleno antes do corte. No presente experimento, o valor encontrado de 18,72% de NIDA em relação ao nitrogênio total está acima da variação de 3 a 15% observada por Van Soest (1994).

4.2. Composição química e energia bruta das dietas fornecidas

A composição química e energia bruta das dietas constam na Tabela 3.

Tabela 3: Composição química e energia bruta das dietas oferecidas contendo feno de Tifton 85 e concentrados contendo milho (10%) e feijão moído ou feijão expandido (90%), com os seguintes níveis de inclusão destes concentrados (12, 24, 36 e 47% da dieta), com base na matéria seca.

Tratamentos	Componentes	12	24	36	47
Feijão moído	Matéria seca (%)	88,20	88,07	87,94	87,81
	Proteína Bruta (%)	13,67	14,90	16,19	17,36
	Cinzas (%)	4,57	4,47	4,36	4,27
	Fibra detergente neutro (%)	72,57	65,25	57,65	50,70
	Fibra detergente ácido (%)	35,08	31,64	28,08	24,82
	Hemicelulose (%)	37,49	33,61	29,57	25,88
	Celulose (%)	29,71	26,21	22,58	19,27
	Lignina (%)	7,90	7,62	7,32	7,06
	Extrato etéreo (%)	0,73	0,89	1,06	1,21
	Energia bruta (Kcal/g)	4,55	4,53	4,51	4,49
Carboidratos não fibrosos (%)		13,04	18,96	25,11	30,73
Feijão expandido	Matéria seca (%)	88,15	87,97	87,78	87,60
	Proteína Bruta (%)	13,73	15,04	16,39	17,63
	Cinzas (%)	4,58	4,50	4,41	4,32
	Fibra detergente neutro (%)	72,64	65,39	57,86	50,97
	Fibra detergente ácido (%)	35,02	31,53	27,91	24,60
	Hemicelulose (%)	37,62	33,85	29,95	26,38
	Celulose (%)	29,53	25,86	22,05	18,57
	Lignina (%)	8,01	7,86	7,69	7,54
	Extrato etéreo (%)	0,72	0,88	1,05	1,20
	Energia bruta (Kcal/g)	4,56	4,55	4,53	4,52
Carboidratos não fibrosos (%)		12,91	18,69	24,71	30,20

Pelo ajuste do fornecimento de feno e concentrado realizados diariamente com objetivo de se conseguir os níveis de inclusão desejados de concentrado na dieta consumida, respeitando os 20% de sobras de volumoso no cocho, e em função da seletividade dos animais, os níveis de inclusão de concentrado obtidos foram de 12, 24, 36 e 47%, semelhantes aos almejados ao início do experimento.

O teor de matéria seca variou de 87,60 a 88,20%. O teor de PB variou de 13,7 a 17,50%, relativos às dietas com 12 e 47% de concentrado respectivamente. Isso mostra que não houve limitação protéica na dieta oferecida, estando todas com valores acima do mínimo recomendado para uma fermentação ruminal adequada (7%).

A crescente inclusão do concentrado na alimentação dos animais reduziu a porção fibrosa da dieta. Isso é resultante do menor

teor dos constituintes fibrosos no concentrado em relação ao feno de Tifton 85. O teor de carboidratos não fibrosos aumentou com a inclusão de concentrado, fato ocorrido principalmente devido ao elevado teor de amido dos alimentos que compuseram o concentrado (feijão e milho). Houve aumento no teor de extrato etéreo da dieta à medida que se aumentou o concentrado.

4.3. Consumos e coeficientes de digestibilidade da matéria seca

Os consumos médios diários de matéria seca (MS) por unidade de tamanho metabólico e coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca das dietas correspondentes aos diferentes níveis de inclusão de concentrado e às formas de processamento do feijão (feijão moído e expandido) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Médias do consumo diário ($\text{g/Kg}^{0,75}$) da matéria seca (CMS) e coeficientes de digestibilidade da matéria seca (DMS) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).

Frações analisadas	Inclusão concentrado (%)				CV %
	12	24	36	47	
CMS FM	64,35 A	63,21 A	65,49 A	67,86 A	12,96
CMS FE	61,11 A	63,76 A	65,13 A	66,56 A	
DMS FM	59,34 C	61,13 C	63,8 B	68,87 A	3,78
DMS FE	59,96 C	61,13 C	64,62 B	68,25 A	

A Médias com letras iguais na mesma linha para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p > 0,05$).

O consumo de MS foi parcialmente limitado pois, por definição, os teores de energia digestível e energia metabolizável devem ser determinados com consumo em nível de manutenção ou ligeiramente superiores (AFRC, 1993). A razão disso é que à medida que se aumenta o nível de alimentação, altera-se a dinâmica da fermentação ruminal e velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo, aumentando as perdas de energia nas fezes, urina e metano. Isto reduz a porção

metabolizável da energia bruta consumida. Além disso, houve controle diário para que se fossem conseguidos os níveis de inclusão de concentrado desejados, considerando que o feno era fornecido em separado. Não foi observado, portanto, diferenças no consumo de MS à medida que se elevou a participação do concentrado na dieta. Embora o controle da ração fornecida possa limitar que sejam avaliadas eventuais limitações de consumo devido aos fatores antinutricionais presentes no feijão, como o

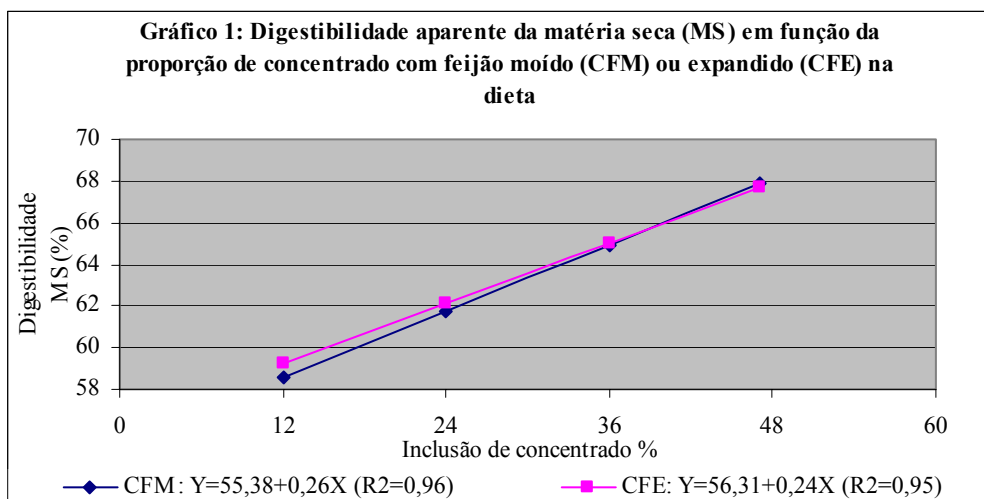
tanino, no tratamento com 47% de concentrado os animais ingeriram em média 540g/dia de feijão, que representa mais de 1% do peso vivo. Isto leva a pensar que não existe tal limitação. Nunes (1998) comenta sobre a baixa palatabilidade do feijão para alimentação animal. Magalhães et al. (2006a) observaram redução no consumo de MS de vacas em lactação, que tiveram níveis crescentes de substituição do farelo de soja pela “bandinha de feijão”, sendo atribuída esta observação à baixa palatabilidade deste resíduo em consequência da presença de taninos. Os níveis de feijão nas dietas foram 0, 5,2, 10,4 e 15,6%, inferiores aos utilizados no presente experimento.

Rodrigues (2002) trabalhando com níveis crescentes de milho na dieta de ovinos, tendo como volumoso base o feno de Tifton 85, obteve consumo médio diário de MS de 80,44 g/Kg^{0,75}. Já Rodriguez (1984) trabalhando com diferentes níveis de substituição de capim braquiária (*Brachiaria* sp.) por farelo de arroz obteve consumo médio de 60,97 g/Kg^{0,75}. De acordo com o NRC (1985), a exigência nutricional de manutenção de ovinos adultos é de 53,19 gramas de MS/Kg^{0,75}/dia, sendo

este valor apenas um referencial pois depende também da composição da dieta e de sua digestibilidade. A média deste experimento (64,68g/Kg^{0,75}) está 21% acima da recomendação para manutenção pelo NRC (1985).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS (DMS) apresentaram crescimento com a inclusão do concentrado. Os tratamentos com 12 e 24% de concentrado foram inferiores na DMS em relação ao tratamento com 36%, sendo que o tratamento com 47% foi superior aos tratamentos anteriores. Este aumento na digestibilidade da dieta deve-se principalmente à redução da participação dos carboidratos fibrosos na dieta e conseqüente aumento da participação dos carboidratos não estruturais, estes mais digestíveis, com a inclusão do concentrado. O processo de expansão não teve efeito significativo na DMS em comparação ao tratamento sem o processamento (p>0,05).

As análises de regressão para predição dos valores de digestibilidade da MS dos concentrados contendo feijão moído ou expandido seguem um comportamento linear, que pode ser observado no gráfico 1.



As equações de regressão linear mostram que houve aumento no coeficiente de DMS para dietas com concentrados contendo

feijão moído ou expandido até no nível de 47%, o que corresponde a 42,3% de feijão na dieta. Portanto, até neste nível a inclusão

de feijão pode ser realizada sem causar efeitos deletérios na DMS.

Costa et al. (2005) avaliando níveis crescentes (5, 35 e 65%) de concentrado na dieta de novilhos observaram efeito linear para a DMS, sendo que no tratamento com 35% de concentrado a DMS foi de 68,03%, resultados semelhantes aos encontrados por Cardoso et al. (2000) e Dias et al. (2000). Burger et al. (2000) também observaram efeito linear positivo para a DMS com a inclusão de concentrado, sendo encontrado para o tratamento com 45% de concentrado um valor médio de 58,83% de DMS. Vêras et al. (2000b) observaram comportamento quadrático para DMS com inclusão crescente de concentrado, sendo relatado um valor máximo de 69,3% para um teor de 56,4% de concentrado, valores semelhantes aos encontrados por Resende et al. (2001). Rodrigues (2002) trabalhando com milho moído e este expandido na dieta de ovinos relatou que o valor máximo de inclusão destes na dieta de ovinos para não afetar a DMS é de 38,47 e 33,89% respectivamente. Este decréscimo na DMS é atribuído principalmente ao efeito inibitório de níveis elevados de concentrados ricos em amido na dieta, que inibem a microflora celulolítica, reduzindo assim a digestibilidade da fibra e conseqüentemente da dieta. Os níveis de concentrado utilizados no presente experimento provavelmente não foram suficientes para causar este efeito negativo na microbiota ruminal. Pelos valores das interceptas das equações a digestibilidade da matéria seca do feno teve um valor médio de 55,85%, o que em geral é condizente com a composição química do mesmo observada na tabela 1.

Magalhães et al. (2006b) observaram que até o nível máximo testado de inclusão de feijão na dieta de vacas em lactação (15,6%) em substituição ao farelo de soja, a digestibilidade da matéria seca não foi alterada. Os diversos fatores

antinutricionais (FAN) encontrados no feijão e que podem interferir na digestão, parece não ter provocado efeitos deletérios no presente experimento. Portanto, parece ter sido a fermentação ruminal eficiente em modificar estes FAN transformando-os em metabólitos menos tóxicos, até no nível máximo testado de inclusão de feijão (42,3%).

Wernersbach Filho et al. (2006) não observaram efeito da extrusão na DMS da dieta em relação ao tratamento controle, trabalhando com vacas em lactação. Yang et al. (2000) avaliando cevada laminada observaram melhoria na digestibilidade da matéria orgânica em relação à cevada não tratada. Já Shabi et al. (1999) não encontraram diferença na digestibilidade aparente da matéria orgânica para dieta utilizando milho moído ou este extrusado. Rodrigues (2002) trabalhando com milho moído ou expandido não encontrou diferença para a DMS entre as dietas. Tothi et al. (2003) avaliaram o processo de expansão para cevada e milho e observaram que a digestibilidade do amido da cevada não foi afetada pelo tratamento térmico, enquanto a digestibilidade do amido do milho aumentou de 84 para 96%. Neste experimento a expansão aumentou a degradabilidade do amido do milho no rúmen, mas não afetou esse parâmetro quando se avaliou a cevada. Prestlokken e Harstad (2001) avaliando cevada peletizada ou expandida em dietas de vacas em lactação não observaram diferenças significativas na digestibilidade aparente da MS. Segundo Svihus et al. (2005) o processo de expansão provocar um baixo grau de gelatinização do amido, não sendo assim observado efeito considerável na digestibilidade deste. Ljøkjel et al. (2003) não observaram efeito positivo da expansão na degradação ruminal do amido de trigo e cevada, mas encontraram efeito positivo para a aveia. Foi concluído pelos autores que a estrutura do amido e interações com outros componentes do endosperma,

juntamente com as condições do processamento, afetam a digestibilidade do amido e consequentemente da dieta fornecida.

O tipo de alimento utilizado, nível de alimentação e processamento utilizado afetam a resposta do animal em relação ao alimento processado. Em vista disso e considerando os resultados da literatura, a expansão pouco tem sido eficiente em elevar a digestibilidade total das dietas, sendo encontrado pequenas variações entre os tipos de grãos. No presente experimento a falha do processamento em elevar a DMS das dietas retrata um resultado normal citado na literatura. Pode ser que haja uma maior taxa de degradação ruminal do amido

vindo do feijão processado, o que tem sido relatado na literatura para alimentos expandidos, mas o experimento em questão não permite este tipo de afirmação.

4.4. Consumos e coeficientes de digestibilidade da proteína bruta

Os consumos médios diários de proteína bruta (PB) por unidade de tamanho metabólico e coeficientes de digestibilidade aparente da PB das dietas correspondentes aos diferentes níveis de inclusão de concentrado e às formas de processamento do feijão estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Médias do consumo diário ($\text{g/Kg}^{0,75}$) da proteína bruta (CPB) e coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CPB) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).

Frações analisadas	Inclusão concentrado				CV %
	12	24	36	47	
CPB FM	9,04 B	9,55 B	10,76 A	11,84 A	12,73
CPB FE	8,63 B	9,63 B	10,93 A	11,87 A	
DPB FM	70,62 C	70,65 C	77,74 B	81,11 A	4,03
DPB FE	71,54 C	71,36 C	80,39 B	83,13 A	

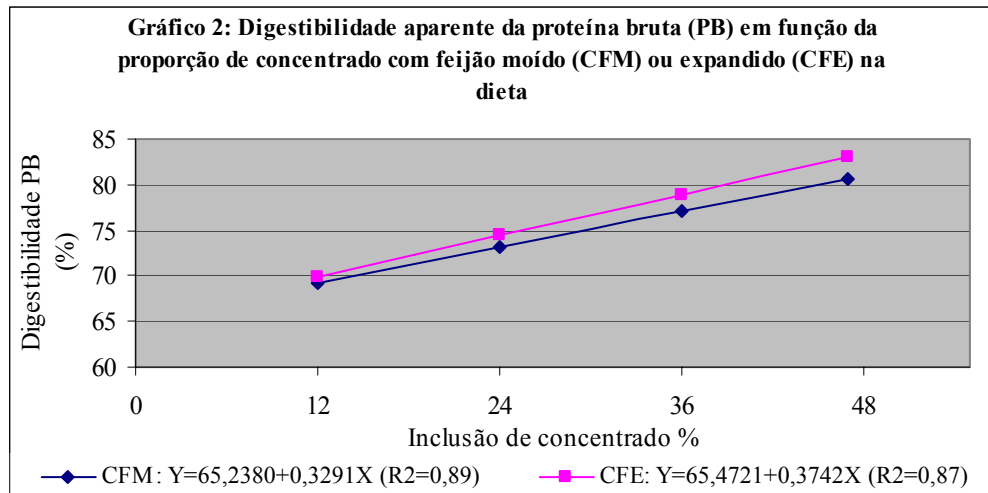
A Médias com letras iguais na mesma linha para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p > 0,05$).

O consumo de PB ($\text{g/Kg}^{0,75}$) aumentou com o aumento da inclusão de concentrado na dieta, o que pode ser explicado pelo maior teor deste nutriente no concentrado em relação ao feno e, consequentemente, maior participação na dieta à medida que se aumentou o concentrado na dieta. O tratamento com 12% de concentrado teve um consumo médio de 8,84g/dia enquanto o tratamento com 47% teve consumo médio de 11,85g/dia de PB. Não houve diferença para o consumo de PB comparando as dietas com feijão moído e expandido. A análise bromatológica mostrou que os teores de PB foram semelhantes entre o feijão processado e o não processado.

aumentou o teor de concentrado na dieta dos animais. Os tratamentos com 12 e 24% de concentrado foram semelhantes mas inferiores ($p < 0,05$) ao tratamento com 36%, sendo que o tratamento com 47% foi superior aos demais. A expansão do feijão não teve efeito significativo na digestibilidade aparente da proteína bruta.

As médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da PB tiveram um comportamento crescente à medida que se

As equações de regressão indicaram que as respostas da digestibilidade aparente da proteína bruta aos níveis crescentes dos concentrados foram lineares (gráfico 2). Os coeficientes de regressão foram de 0,32 e 0,37 unidades de aumento da digestibilidade para cada unidade percentual de aumento do concentrado contendo feijão moído ou expandido respectivamente na dieta.



Cavalcante et al. (2005) avaliando níveis crescentes de proteína bruta (10,5, 12, 13,5 e 15%) na dieta de novilhos observaram crescimento linear na digestibilidade da PB da dieta, variando de 62,31 a 75,6%. Valadares et al. (1997b) também observaram efeito positivo linear para a digestibilidade do nitrogênio ingerido, considerando os níveis crescentes de PB na dieta, assim como Lima (1986), Costa et al. (2005) e Resende et al. (2001). Este comportamento pode ser atribuído em parte à redução na proporção do nitrogênio endógeno nos compostos nitrogenados fecais, em relação ao aumento da ingestão total de nitrogênio com o maior teor de concentrado na dieta, reduzindo assim a importância relativa destas perdas endógenas.

No presente experimento a digestibilidade da PB média entre os níveis de inclusão variou de 71,08 a 82,12% para o tratamento com 12 e 47% de concentrado respectivamente, médias próximas às observadas por Resende et al. (2001), que encontraram coeficientes de 73,41 e 74,33% para 15 e 45% de inclusão de concentrado na dieta. Alves et al. (2003) avaliaram ovinos recebendo três níveis de energia em dietas isoprotéicas e observaram

que o aumento no nível energético não afetou a digestibilidade da PB. Magalhães et al. (2006a) observaram que a substituição do farelo de soja por feijão na dieta de vacas em lactação ocasionou depressão na digestibilidade da PB das dietas, sendo atribuído tanto à melhor qualidade protéica do farelo de soja quanto à possível interferência dos taninos presentes no feijão na disponibilidade da proteína desta leguminosa.

A menor participação do feno na dieta com o aumento da inclusão de concentrado pode também ser uma das causas da maior digestibilidade da PB em função do concentrado. Pode-se observar pela composição bromatológica dos ingredientes da dieta que o feno em questão apresentou um alto valor de NIDA (18,72%), em comparação aos valores encontrados para o feijão (5,47 e 4,92 para o feijão moído e expandido respectivamente), sendo esta fração considerada indigestível para o animal (Van Soest, 1994), além da fração fibrosa do feno poder aumentar as perdas de nitrogênio nas fezes por descamação epitelial.

4.5. Consumos e coeficientes de digestibilidade das frações fibrosas

Os consumos médios diários da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA), da hemicelulose

(HEM) e da celulose (CEL) por unidade de tamanho metabólico das dietas correspondentes aos diferentes níveis de inclusão de concentrado e às formas de processamento do feijão (feijão moído e expandido) estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Médias do consumo diário ($\text{g/Kg}^{0,75}$) da FDN (CFDN), da FDA (CFDA), da hemicelulose (CHEM) e da celulose (CCEL) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).

Frações analisadas	Inclusão concentrado				CV %
	12	24	36	47	
CFDN FM	46,96 A	41,35 AB	37,78 BC	34,60 C	13,20
CFDN FE	44,52 A	41,74 AB	37,89 BC	34,11 C	
CFDA FM	22,73 A	20,1 AB	18,26 BC	17,00 C	13,26
CFDA FE	21,47 A	20,2 AB	18,2 BC	16,52 C	
CHEM FM	24,22 A	21,25 AB	19,52 BC	17,6 C	13,16
CHEM FE	23,05 A	21,54 AB	19,69 BC	17,59 C	
CCEL FM	19,32 A	16,77 B	14,74 C	13,27 C	13,36
CCEL FE	18,21 A	16,64 B	14,48 C	12,51 C	

A Médias com letras iguais na mesma linha para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p > 0,05$).

Pode-se observar que houve queda no consumo das frações fibrosas na medida que se aumentou a participação do concentrado nas dietas. Esse comportamento deve-se ao menor teor dos componentes fibrosos do concentrado em relação ao feno utilizado, podendo ser observado na tabela 3. O controle de consumo de MS realizado com a finalidade de se manter próximos à manutenção, além do controle para que fossem conseguidos os níveis de inclusão de concentrados desejados limitaram uma exploração mais minuciosa sobre o comportamento de consumo dos animais.

Para as seguintes frações avaliadas (FDN, FDA e hemicelulose) houve um comportamento de consumo semelhante. O tratamento com 12% de concentrado foi o que apresentou os maiores valores numéricos, com consumos médios diários

de 45,74, 21,1 e 23,64 $\text{g/Kg}^{0,75}$ respectivamente. O tratamento com 12% de concentrado não foi superior ao tratamento com 24%, mas foi superior aos demais. O tratamento com 47% de concentrado foi inferior aos tratamentos com 12 e 24%, sendo observado valores médios de 34,35, 16,76 e 17,60 $\text{g/Kg}^{0,75}$ para os consumos diários de FDN, FDA e hemicelulose respectivamente. Para a celulose, o comportamento de redução no consumo das frações fibrosas com o aumento do concentrado seguiu um padrão semelhante.

A tabela 7 mostra os coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA), da hemicelulose (HEM) e da celulose (CEL) correspondentes aos diferentes níveis de inclusão de concentrado e às formas de processamento do feijão.

Tabela 7: Médias dos coeficientes de digestibilidade (%) da FDN (DFDN), da FDA (DFDA), da hemicelulose (DHEM) e da celulose (DCEL) das dietas com diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído ou feijão expandido.

Frações analisadas	12	24	36	47	CV %
DFDN FM	59,73 A	57,86 A	56,94 A	59,06 A	6,01
DFDN FE	59,97 A	57,89 A	57,00 A	59,80 A	
DFDA FE	56,98 AB	56,39 AB	53,31 B	58,4 A	9,01
DFDA FM	57,44 AB	57,41 AB	50,37 B	59,56 A	
DHEM FM	62,30 A	59,23 A	60,34 A	59,7 A	5,72
DHEM FE	62,32 A	58,32 A	63,13 A	60,03 A	
DCEL FM	67,29 A	61,63 AB	60,99 B	63,03 AB	9,10
DCEL FE	66,06 A	63,06 AB	56,87 B	61,18 AB	

A Médias com letras iguais na mesma linha para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p > 0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade da FDN não foram afetados pelo nível de inclusão de concentrado nas dietas, nem pelo tratamento térmico do feijão oferecido, apresentando um valor médio de 58,53%. A digestibilidade da FDA se comportou de forma diferente, sendo que os tratamentos com 12, 24 e 36% de concentrado não apresentaram diferenças significativas, mas o tratamento com 47% de concentrado foi superior ao tratamento com 36%, mas não diferiu dos demais. O tratamento com 36% de concentrado apresentou um valor médio de 51,84% para a digestibilidade da FDA, enquanto o tratamento com 47% teve média de 59,98%. A digestibilidade da hemicelulose teve comportamento semelhante ao da FDN, não sendo afetado significativamente pelo nível de inclusão de concentrado na dieta. Já a digestibilidade da celulose teve um comportamento que se aproxima ao da FDA pois é o principal componente desta fração, o que pode ser observado na tabela 2, de composição química dos ingredientes utilizados nas dietas. O tratamento com 12% de concentrado não apresentou diferenças significativas em relação aos tratamentos com 24 e 36%, mas foi superior ao tratamento com 36% de concentrado. Os valores médios encontrados para a digestibilidade da celulose com 12 e 36% foram de 66,68 e 58,93% respectivamente. A expansão do feijão não alterou

significativamente os resultados de digestibilidade das frações fibrosas.

A celulose foi o componente fibroso mais afetado pelo aumento do concentrado na dieta. Segundo Van Soest (1994), a maior parte da celulose é digerida no rúmen, enquanto uma porção significativa de hemicelulose escapa do rúmen sendo fermentada no trato gastrointestinal posterior. Além disso, sabe-se que a adição de concentrado às dietas de ruminantes pode provocar redução na digestibilidade ruminal da fibra por causar efeito depressivo na atividade das bactérias fibrolíticas, em decorrência do aumento nas proporções dos carboidratos prontamente fermentáveis e da conseqüente redução do pH do ambiente ruminal. Esta redução é limitante ao crescimento das bactérias celulolíticas. O comportamento de queda observado para a digestibilidade da FDA e celulose até 36% de concentrado não foi observado no tratamento com 47%, sendo nestes observadas médias superiores ao tratamento anterior, sendo que para a digestibilidade da FDA chegou a ser superior estatisticamente. Apesar de não ter sido significativo, as médias observadas para a digestibilidade da FDA e celulose para o nível de inclusão de 36% de concentrado foram numericamente inferiores para o tratamento com feijão expandido. Esta observação pode indicar

uma maior disponibilidade ruminal do amido e conseqüente queda mais acentuada do pH ruminal para o concentrado contendo feijão expandido, o que levaria a uma maior depressão na digestibilidade da celulose.

As equações encontradas para a digestibilidade da FDA foram: $Y=63,19-0,59X+0,0103X^2$ ($R^2=0,55$) e $Y=67,99-0,98X+0,0164X^2$ ($R^2=0,41$) para as dietas com feijão moído e expandido respectivamente. Já para a digestibilidade da celulose, as equações encontradas foram: $Y=76,54-0,94X+0,0141X^2$ ($R^2=0,99$) e $Y=76,13-0,93X+0,0128X^2$ ($R^2=0,77$) para as dietas com feijão moído e expandido respectivamente.

Ítavo et al. (2002) avaliaram bovinos recebendo dietas com níveis crescentes (20, 40, 60 e 80%) de concentrado (fubá de milho, farelo de soja e uréia) em substituição ao feno de Tifton 85, sendo avaliado também dois níveis de PB na dieta (15 e 18%). Foi observada redução linear na digestibilidade das frações fibrosas para o tratamento com 18% de PB juntamente com a inclusão de concentrado, sendo que o tratamento com 15% de PB não foi verificado diferenças. Burger et al. (2000) também não relataram efeito do nível do concentrado na digestibilidade da FDN. Alves et al. (2003) avaliando ovinos com idade média de 6 meses recebendo 3 níveis de energia metabolizável nas dietas (2,42, 2,66 e 2,83 Mcal EM/Kg MS) observaram queda na digestibilidade das frações fibrosas com a maior disponibilidade energética. Já Liu et al. (2005) avaliaram níveis crescentes de concentrado (150, 250, 350 e 450 g/dia) para ovinos e observaram que a digestibilidade aumentou até 350 g/dia, tendo queda no último tratamento.

Avaliando vacas em lactação recebendo milho ou este extrusado no concentrado, Shabi et al. (1999) relataram que a digestibilidade ruminal da FDN não foi afetada pelo processamento do milho. Yang et al. (2000) também não observaram influência do processamento da cevada (laminação) na digestibilidade das frações fibrosas da dieta. Já Joy et al. (1997) observaram que vacas alimentadas com milho laminado apresentaram digestibilidade da FDN maior comparado com as que receberam milho floculado. Kung et al. (1992) concluíram que a fermentação do amido no rúmen não está associada com redução na digestibilidade da fibra, se o pH ruminal for mantido a ponto de não inibir as bactérias celulolíticas. Prestlokken e Harstad (2001) avaliando cevada peletizada ou expandida em dietas de vacas em lactação não observaram diferenças significativas na digestibilidade total da FDN.

4.6. Consumo de energia bruta, digestível e metabolizável, digestibilidade da energia e balanço energético

As médias diárias dos consumos de energia bruta (EB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), os coeficientes de digestibilidade da energia bruta e balanço energético das energias digestível e metabolizável referentes aos tratamentos (feijão moído e expandido) e aos níveis de inclusão de concentrado estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Médias dos consumos de energia bruta (CEB), energia digestível (CED) e energia metabolizável (CEM) em Kcal/Kg^{0,75}, coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (DEB) e teor energético (Mcal/Kg MS) de energia digestível (TED) e metabolizável (TEM) das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).

Frações analisadas	Inclusão concentrado				CV %
	12	24	36	47	
CEB FM	292,95 A	286,95 A	296,03 A	304,90 A	
CEB FE	278,38 A	290,71 A	295,89 A	301,76 A	12,92
CED FM	167,82 C	172,63 BC	186,36 AB	207,76 A	
CED FE	160,24 C	173,73 BC	189,78 AB	203,38 A	11,74
DEB FM	57,35 D	60,28 C	63,08 B	68,19 A	
DEB FE	57,74 D	59,94 C	64,24 B	67,48 A	4,07
CEM FM	141,25 B	145,06 B	156,61 B	179,39 A	
CEM FE	135,51 B	146,35 B	158,44 B	172,32 A	11,58
TED FM	2,61 D	2,74 C	2,85 B	3,06 A	
TED FE	2,63 D	2,73 C	2,92 B	3,06 A	4,16
TEM FM	2,20 C	2,30 C	2,40 B	2,65 A	
TEM FE	2,22 C	2,30 C	2,44 B	2,60 A	4,67

A Médias com letras iguais na mesma linha para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p>0,05$).

O consumo diário de energia bruta não diferiu entre os níveis de inclusão de concentrado, nem entre os tratamentos (feijão moído ou expandido). Isto reflete o comportamento encontrado para o consumo de matéria seca, associada às pequenas diferenças numéricas encontrados entre os teores de energia bruta dos ingredientes utilizados nas dietas, que pode ser observado na tabela 2. Já para o consumo diário de energia digestível foi observada tendência de crescimento deste à medida que se aumentou a participação do concentrado nas dietas. O tratamento com 12% de concentrado não diferiu do tratamento com 24%, mas foi inferior aos demais. O tratamento com 47% de concentrado foi superior ao tratamento com 12 e 24%, e não diferiu significativamente do tratamento com 36% de concentrado. Numericamente, o tratamento com 12% de concentrado obteve as menores médias de consumo, 167,82 e 160,24 Kcal/Kg^{0,75}, e o tratamento com 47% de concentrado obteve 207,76 e 203,38 Kcal/Kg^{0,75} para os tratamentos com feijão moído e expandido respectivamente. Segundo o NRC (1985), as exigências de manutenção para ovinos são

de 128,7 Kcal de ED/Kg^{0,75}. Portanto, em todas dietas esta exigência de manutenção foi suprida. Rodrigues (2002) avaliando níveis crescentes de milho na dieta de ovinos observou consumos médios de 265,19 e 317,56 Kcal de ED/Kg^{0,75} para as dietas com 19 e 62% de milho respectivamente. Mas neste experimento, os consumos de MS encontrados foram bastante superiores aos observados no presente experimento.

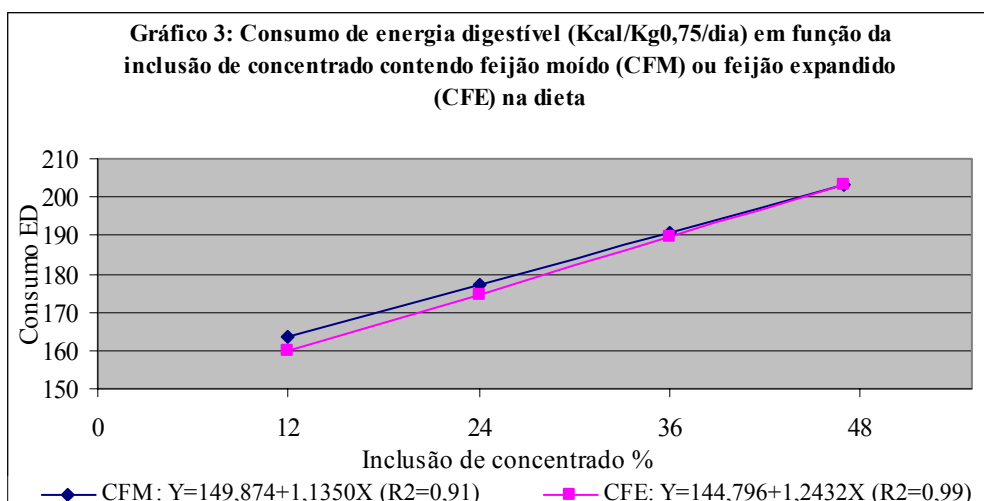
Os coeficientes de digestibilidade da energia bruta aumentaram significativamente com a inclusão de concentrado nas dietas. O tratamento com 12% de concentrado apresentou média de 57,55% e foi inferior ao tratamento com 24% de concentrado (60,11%), sendo este inferior ao tratamento com 36% (63,66%). O tratamento com 47% de concentrado apresentou a maior média para o coeficiente de digestibilidade da energia bruta (67,84%), sendo superior aos demais tratamentos. Este aumento na digestibilidade de energia explica o maior consumo de ED na medida que se aumentou a participação do concentrado nas dietas. Resende et al. (2001), avaliando

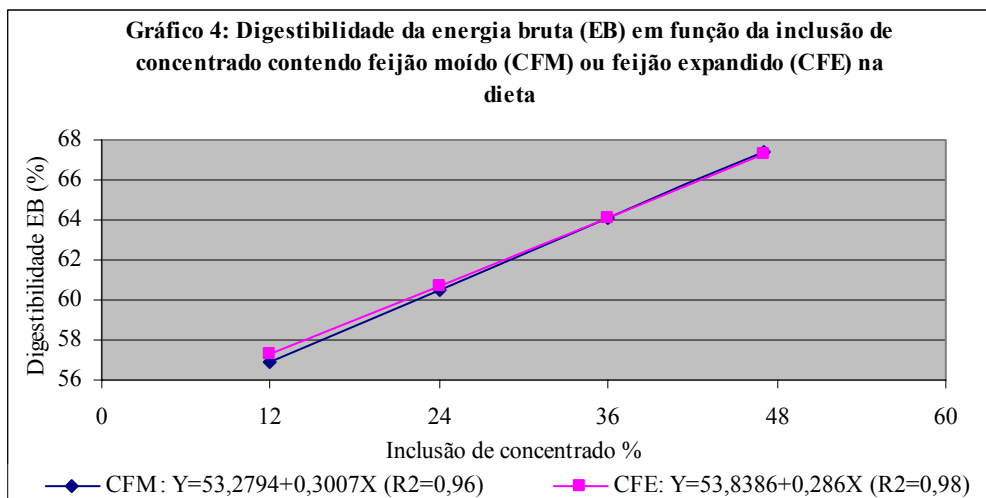
bovinos recebendo níveis crescentes de concentrado (15, 30, 45, 60 e 75%) nas dietas dos animais, observaram que a digestibilidade da energia bruta aumentou de forma quadrática, sendo que a derivação da equação mostrou que o máximo valor encontrado foi de 69%, que corresponde a 77% de concentrado na dieta. Lima (1986) e Gomes et al. (1994) também observaram incrementos nos coeficientes de digestibilidade da energia bruta, ao aumentar o nível de concentrado na dieta.

A expansão do feijão não alterou a digestibilidade da energia bruta, assim

como o consumo de energia digestível. Crocker et al. (1998) avaliaram milho floculado a vapor ou aquecido em sistema de rotação a seco e concluíram que o aumento na disponibilidade de carboidratos no rúmen não tem efeito na digestibilidade da energia bruta.

As equações de regressão encontradas para o consumo de energia digestível e digestibilidade da energia bruta, referentes às dietas com feijão moído e expandido, estão apresentadas nos gráficos 3 e 4 respectivamente.



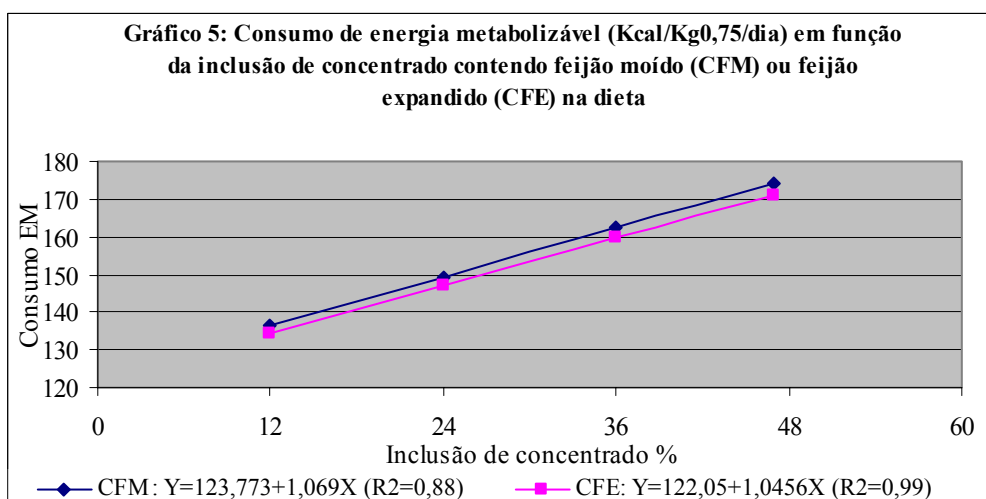


Pode-se observar a tendência do consumo de ED e digestibilidade da EB em aumentar com a inclusão do concentrado, assim como foi discutido acima.

O consumo de energia metabolizável não diferiu significativamente entre os tratamentos com 12, 24 e 36% de concentrado. As médias destes três tratamentos foram de 138,38, 145,71 e 157,53 Kcal de EM/Kg^{0,75}/dia. O tratamento com 47% de concentrado foi estatisticamente superior aos demais, apresentando média de 175,86 Kcal de

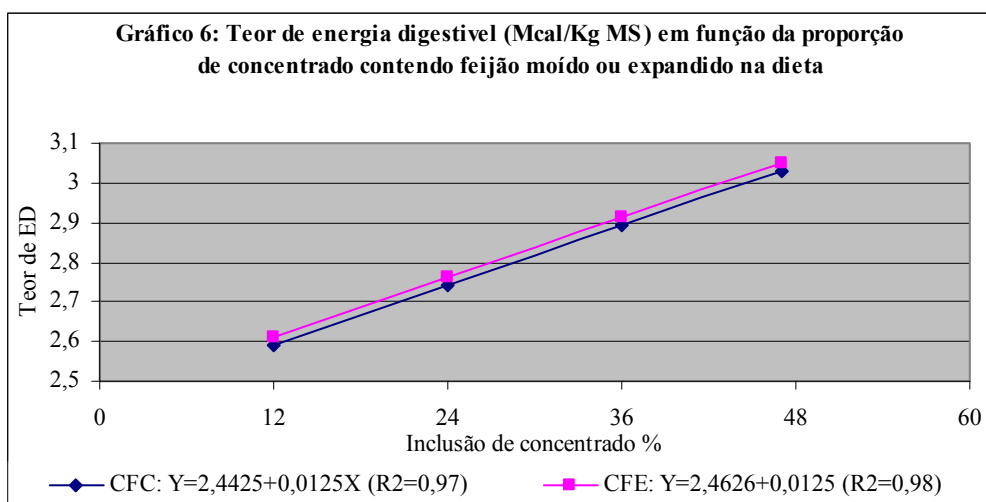
EM/Kg^{0,75}/dia. A expansão do feijão não teve influência no consumo de energia metabolizável pelos animais.

As equações de regressão referentes aos consumos diários de energia metabolizável em função do nível de concentrado e das dietas com feijão moído e expandido, estão apresentadas no gráfico 5. O consumo de energia metabolizável cresceu de forma linear até o nível máximo de inclusão de concentrado utilizado no experimento.



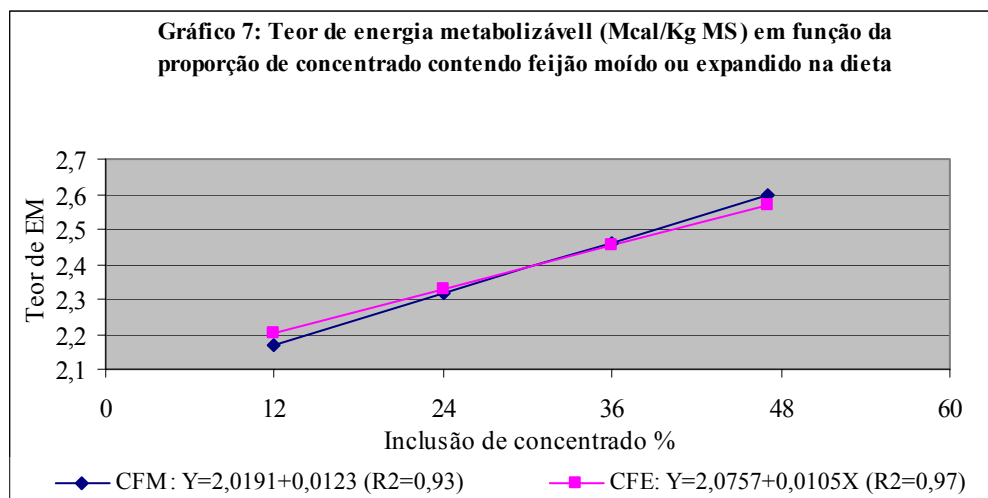
O teor de ED/Kg MS cresceu à medida que incrementou-se os níveis de concentrado nas dietas. O tratamento com 12 e 24% de concentrado não diferiram entre si, mas foram inferiores ao tratamento com 36%. O tratamento com 47% de concentrado apresentou-se superior aos demais tratamentos. Os valores médios variaram de 2,62 a 3,06 Mcal/Kg MS para os

tratamentos com 12 e 47% de concentrado, respectivamente. A expansão não foi eficiente em elevar o teor de energia digestível das dietas. As equações de regressão obtidas para o teor de ED nas dietas até o nível de 47% de concentrado foram lineares, conforme pode ser observado no gráfico 6.



Em função das equações de regressão acima, se a quantidade de concentrado fosse 100%, obtém-se para este um valor energético de 3,69 Mcal de ED/Kg MS para o concentrado com feijão moído e 3,71 Mcal de ED/Kg MS para o concentrado com feijão expandido. Considerando o valor energético do milho como sendo de 3,85 Mcal de ED/Kg MS (NRC, 2001), e considerando que o concentrado tinha 90% de feijão, tem-se que o valor energético do feijão moído é de 3,67 Mcal de ED/Kg MS e o do feijão expandido é de 3,69 Mcal de ED/Kg MS. Pelos valores das interceptas a energia digestível média do feno foi de 2,45 Mcal/kg MS, valor este condizente com a composição química do feno (tabela 2) o qual pode ser considerado um feno de qualidade média.

Avaliando o teor de energia metabolizável (EM/Kg MS), foi observado comportamento semelhante ao encontrado para o teor de ED, ou seja, crescimento deste valor com o acréscimo de concentrado na dieta. As dietas com 12% de concentrado não diferiram significativamente das dietas com 24%, mas foram inferiores às dietas com 36%, que por sua vez, foi inferior à dieta com 47% de concentrado. Os valores médios encontrados para os teores de energia metabolizável das dietas com 12 e 47% de concentrado foram respectivamente 2,21 e 2,63 Mcal/Kg MS. A expansão não foi eficiente em alterar a metabolizabilidade da energia presente no alimento. As equações de regressão obtidas para o teor de EM nas dietas até o nível de 47% de concentrado foram lineares, conforme pode ser observado no gráfico 7.



Em função das equações de regressão acima, se a quantidade de concentrado fosse 100%, o valor de energia metabolizável do concentrado contendo feijão moído seria de 3,25 Mcal/Kg MS, enquanto o do concentrado contendo feijão expandido seria de 3,13 Mcal/Kg MS. Considerando o valor energético do milho como sendo de 3,12 Mcal/Kg MS, e considerando que o concentrado tinha 90% de feijão, tem-se que o valor energético do feijão moído é de 3,26 Mcal de EM/Kg MS e o do feijão expandido é de 3,13 Mcal de EM/Kg MS. ($p>0,05$). Portanto, a expansão não foi efetiva em aumentar o teor de energia metabolizável do feijão. Para efeitos práticos pode ser considerado um valor médio de 3,20 Mcal/Kg MS de feijão moído ou expandido.

Rodrigues (2002) trabalhando com milho moído e expandido observou aumento de 36% na energia digestível do milho quando este foi submetido ao processamento. Segundo Nocek e Tamminga (1991) a taxa de desaparecimento do amido do feijão incubado no rúmen foi superior ao do milho. Yoshida et al. (2003) relataram que os tamanhos dos grânulos do amido do feijão são similares aos do trigo e da cevada, cereais estes que parecem ser pouco

afetados pelo processo de expansão (Tothi et al., 2003). Estas informações nos permitem especular uma possível estrutura e consequente comportamento de digestão do amido do feijão mais se aproximando de cereais como trigo e cevada do que daqueles como o milho, o que pode parcialmente explicar a ausência de resultados significativos quanto a digestibilidade e teor energético das dietas com feijão expandido em relação às dietas com feijão moído.

Como informação adicional, o NDT calculado a partir da composição bromatológica do feijão moído, seguindo a equação proposta por Weiss et al. (1992), foi de 76,65%.

4.7. Balanço de nitrogênio

Os valores médios encontrados para nitrogênio ingerido (g/dia), nitrogênio fecal (g/dia), nitrogênio urinário (g/dia), balanço de nitrogênio e nitrogênio retido (% sobre o N ingerido) correspondentes aos diferentes níveis de inclusão de concentrado e às formas de processamento do feijão (feijão moído e expandido) estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9: Balanço de nitrogênio das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de concentrado contendo feijão moído (FM) ou feijão expandido (FE).

Frações analisadas	Inclusão concentrado				CV %
	12	24	36	47	
Nitrogênio ingerido FM (g/dia)	27,33 C	30,92 BC	35,03 AB	39,04 A	16,53
Nitrogênio ingerido FE (g/dia)	26,49 C	29,75 BC	33,98 AB	38,35 A	
Nitrogênio fecal FM (g/dia)	8,00 A	9,17 A	7,89 A	7,46 A	21,94
Nitrogênio fecal FE (g/dia)	7,50 A	8,50 A	6,58 A	6,45 A	
Nitrogênio urinário FM (g/dia)	9,58 C	12,92 B	16,35 A	19,68 A	19,91
Nitrogênio urinário FE (g/dia)	8,68 C	11,44 B	16,27 A	16,23 A	
Balanço de nitrogênio FM	9,75 B	8,82 B	10,80 AB	11,89 A	28,63
Balanço de nitrogênio FE	10,31 B	9,80 B	11,13 AB	15,67 A	
Nitrogênio retido (% sobre N ingerido) FM	35,20 Ab	28,33 Ab	30,81 Ab	30,27 Ab	17,72
Nitrogênio retido (% sobre N ingerido) FE	37,82 Aa	32,84 Aa	32,70 Aa	40,55 Aa	

A Médias com letras iguais na mesma linha para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p>0,05$).

a Médias com letras iguais na mesma coluna para uma mesma variável não diferem significativamente pelo teste SNK ($p>0,05$).

O nitrogênio diário ingerido pelos animais apresentou tendência a aumentar com a inclusão do concentrado na dieta dos animais. O tratamento com 12% de concentrado foi semelhante ao tratamento com 24% mas inferior ao tratamento com 36%. O tratamento com 47% de concentrado foi o que apresentou o maior valor numérico de nitrogênio ingerido, mas não sendo estatisticamente diferente do tratamento com 36% de concentrado. O NRC (1985) recomenda a ingestão de 15,2 a 16,64 g/dia de N para manutenção de ovinos de 50 a 60 Kg. Todas as dietas utilizadas neste experimento tiveram valores médios de consumo de N superior a esta recomendação. Não houve diferença para o consumo de N comparando as dietas com feijão moído e expandido.

O nitrogênio fecal dos animais não apresentou diferenças nem entre os níveis de inclusão do concentrado nem entre os tratamentos contendo concentrado com feijão processado ou não. Chandramoni et al. (1999) observaram que a excreção de N fecal não foi alterada quando se aumentou

de 50 para 70% de concentrado na dieta de ovinos. Giráldez et al. (1997) avaliaram a influência da matéria orgânica digestível e nitrogênio ingerido nas perdas fecais de N em ovinos. Foi observado que a excreção fecal de N é afetada de forma linear pela ingestão de matéria orgânica digestível. Segundo Orskov (1970) citado por Giráldez et al. (1997), a presença de amido na dieta e chegando parte deste intacto ao intestino grosso, aumenta a perda fecal de N devido à síntese de proteína microbiana, utilizando o N reciclado. No presente experimento, as perdas fecais não foram alteradas com o maior teor de concentrado na dieta mas pode-se especular que o nível de alimentação utilizado (manutenção) não foi suficiente para que uma quantidade elevada de amido chegasse ao intestino, fazendo com que a excreção deste N seja principalmente oriunda do N indigestível e descamação epitelial.

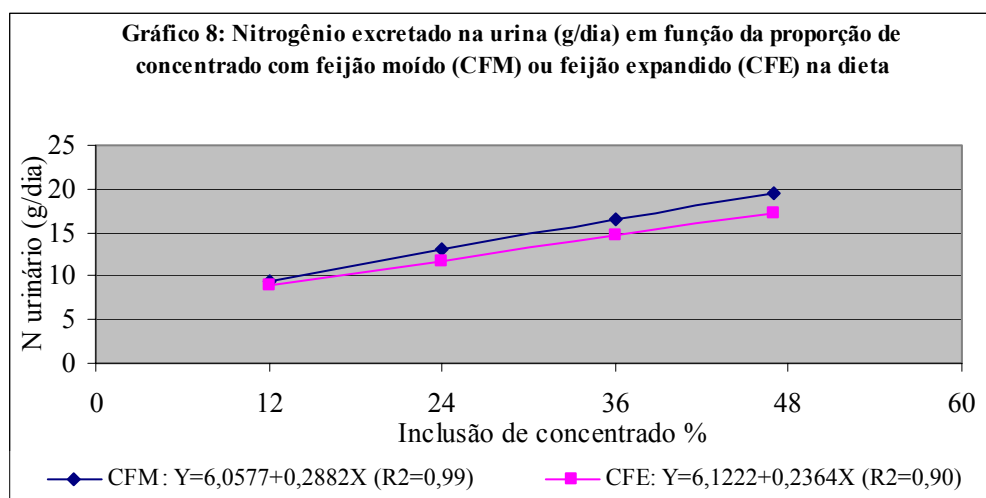
O nitrogênio urinário excretado pelos animais apresentou tendência de aumento à medida que se incluiu concentrado nas dietas. No tratamento com 12% de

concentrado obteve-se a menor excreção diária de nitrogênio, sendo inferior ao tratamento com 24%, que foi inferior ao tratamento com 36%, que não diferiu estatisticamente do tratamento com 47%. Os valores médios encontrados para os níveis de inclusão de 12 e 47% respectivamente foram de 9,13 e 17,96g/dia. Este aumento da excreção urinária de N pode ser explicado pela maior ingestão protéica com a inclusão crescente de concentrado na dieta, além da ingestão de nitrogênio ter sido superior ao recomendado pelo NRC (1985) para alimentação de manutenção. Um excesso de consumo de nitrogênio, tanto vindo de proteína rapidamente degradada quanto de nitrogênio não protéico, pode provocar uma produção de amônia superior às necessidades microbianas e à capacidade de utilização deste, se não for acompanhado de uma fonte de energia prontamente

disponível. O excesso de amônia será então absorvido pela parede ruminal, levado à corrente sanguínea e transformada em uréia no fígado para posterior excreção pelos rins ou reciclagem ruminal (Van Soest, 1994), sendo sugerido assim um certo excesso de proteína dietética.

Rodrigues (2002) avaliando níveis crescentes de milho na dieta de ovinos, com dietas variando de 10,26 a 12,81% de PB, observou valores bastante inferiores para o N urinário, sendo que o valor máximo encontrado foi de 9,36g/dia, sendo este valor semelhante ao encontrado por Rogério (2001), que trabalhou com níveis crescentes de caroço de algodão.

As equações de regressão encontradas para a predição de perdas urinárias são do tipo lineares ascendentes, como pode ser percebido no gráfico 8.



Apesar do processo de expansão não ter sido significativo ($p>0,05$) em alterar a excreção urinária de nitrogênio, na avaliação das médias (tabela 8), o tratamento com expansão apresentou tendência ($p<0,10$) em promover uma menor excreção diária de nitrogênio em

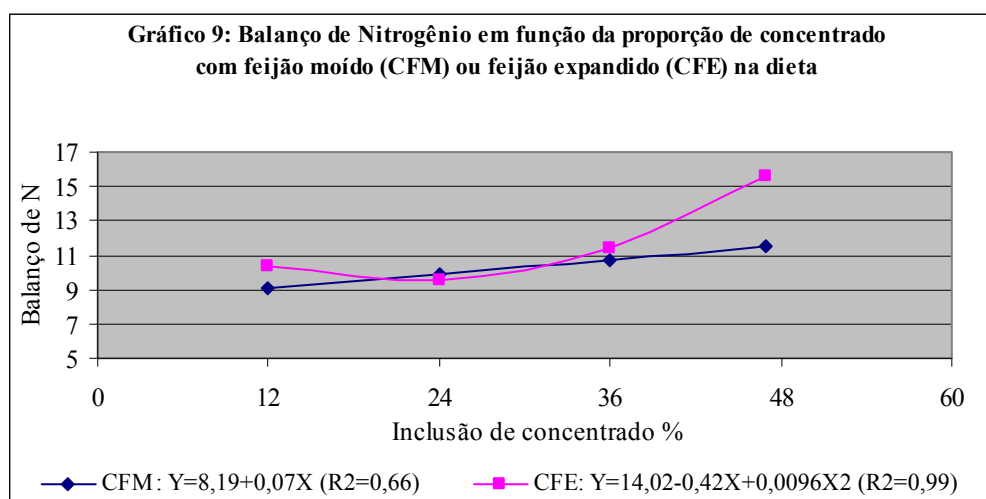
relação ao tratamento sem expansão. Isto pode ser percebido no gráfico acima (8), onde as dietas contendo feijão expandido apresentam menor excreção diária de nitrogênio urinário, sendo exacerbada esta diferença com níveis maiores de inclusão do concentrado na dieta. Pelos coeficientes

de regressão das equações, para cada unidade percentual de inclusão de concentrado aumentou em 0,288 g/dia e 0,236 g/dia o nitrogênio urinário de animais alimentados com feijão moído e feijão expandido, respectivamente.

Todas as dietas apresentaram balanço de nitrogênio positivo, indicando que não houve deficiência deste nas dietas testadas. As dietas com 12, 24 e 36% de concentrado não diferiram significativamente, sendo a dieta com 47% superior às demais. Os valores médios encontrados para a dieta com 12 e 47% foram de 10,03 e 17,96

g/dia. A expansão não alterou significativamente o balanço de nitrogênio em relação ao tratamento sem processamento.

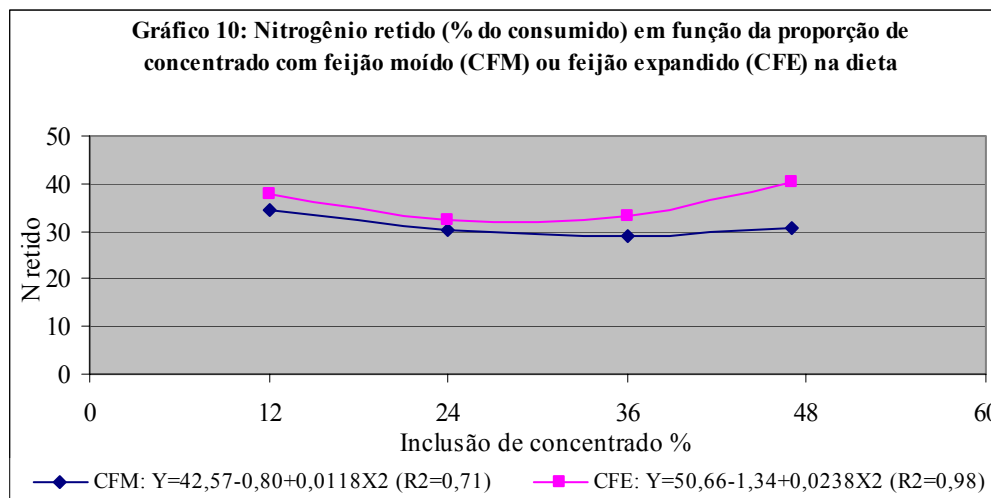
As equações de regressão encontradas para a predição balanço de nitrogênio são do tipo linear para dietas com feijão moído, e quadrática para dietas com feijão expandido, como pode ser visto no gráfico 9. Pode ser observada uma tendência de aumentar a diferença do balanço de nitrogênio entre os tratamentos, com maior teor de concentrado na dieta.



O nitrogênio retido (% em relação ao ingerido) não apresentou diferenças entre os níveis de inclusão de concentrado, mas o processo de expansão afetou este parâmetro, refletindo a tendência do nitrogênio perdido na urina. As dietas em que foram utilizados o concentrado com feijão expandido apresentaram as maiores médias, sendo superior estatisticamente àquelas em que foi utilizado o feijão sem expansão. Conforme visto, o teor de energia metabolizável do feijão e consequentemente das dietas testadas, não foram alteradas pelo processo de expansão. Caso este teor fosse aumentado, poderia explicar esta maior retenção de nitrogênio nas dietas em que foi utilizado feijão

expandido. Outras hipóteses devem ser formuladas na tentativa de explicar o comportamento observado para o balanço de nitrogênio. Teores iguais de energia metabolizável frequentemente produzem diferentes valores de energia líquida. Isto porque a eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção e para ganho de peso varia com a qualidade da dieta (AFRC, 1993). Esta hipótese deverá ser testada em experimentos com determinação da energia líquida em câmaras respirométricas.

No gráfico 10 estão demonstradas as equações obtidas para o nitrogênio retido.



Segundo Van Soest (1994), o aumento na fermentação ruminal do amido, que pode ser encontrado em alimentos tratados termicamente e com maior proporção amido gelatinizado, resulta em aumento na proporção de propionato e reduz a proporção de acetato e butirato no líquido ruminal. Prestlokken e Harstad (2001) comparando cevada peletizada com esta expandida em dietas de vacas em lactação, observaram que o tratamento com o alimento expandido aumentou a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen, reduziu o pH ruminal e houve certa modulação na produção dos AGVs. Foi relatado redução na porcentagem de propionato, isobutirato e valerato, enquanto aumentou-se a participação de butirato e isovalerato, resultado diferente do colocado por Van Soest (1994). Prestlokken e Harstad (2001) propuseram que, o nível de alimentação, a taxa de inclusão e condições do processamento do concentrado, pode interferir no comportamento de digestão e fermentação do amido.

A eficiência de utilização da energia metabolizável presente no alimento para energia líquida varia dependendo da diferença na taxa relativa de absorção de precursores glicogênicos ou lipogênicos. Segundo Van Soest (1994), no metabolismo

intermediário animal há maior eficiência de utilização do propionato em relação ao acetato. No presente experimento, uma possível modulação na produção ruminal de AGV, para uma maior porcentagem de propionato nas dietas em que foi utilizado o feijão expandido, pode ter levado a uma maior disponibilidade de energia líquida nos tecidos, e maior retenção de compostos nitrogenados. No tratamento com 47% de concentrado, a média encontrada para o nível de 47% de concentrado com feijão expandido foi de 40,55 g de N/dia enquanto para o feijão moído a média foi de 30,27. Este comportamento de modulação da produção de AGV comentado acima pode ter sido exacerbado quando se colocou uma quantidade elevada do alimento expandido na dieta, ou seja, no último tratamento. Prestlokken e Harstad (2001), observaram aumento na excreção de N no leite e redução na excreção de N na urina, sem alterar a eliminação de N fecal, para o tratamento com a cevada expandida, sugerindo melhor utilização do N nesta dieta. Viana (2004) trabalhando com cordeiros Santa Inês, observou melhores conversões alimentares para os animais tratados com milho expandido (8,71) em relação ao não tratado (10,76), sugerindo melhor aproveitamento do alimento ingerido para a síntese protéica tecidual.

5. Conclusões

O feijão pode ser utilizado em até 42% na dieta de ovinos, contribuindo positivamente para a otimização da digestibilidade da dieta.

O balanço de nitrogênio sugere haver melhor aproveitamento da energia metabolizável do alimento nas dietas em que se utilizou feijão expandido.

O processo de expansão não alterou os teores de energia digestível e metabolizável do feijão, sendo obtidos valores médios de 3,68 Mcal ED/Kg MS e 3,20 Mcal EM/Kg MS tanto para o feijão moído quanto para o expandido, até no nível máximo testado (42,3%).

6. Referências Bibliográficas

- AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to nutrients. Wallingford, UK. CAB INTERNATIONAL, 1993, 159p.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, p. 1598-1624, 2000.
- ALVES, K. S.; CARVALHO, F. F. R.; VÉRAS, A. S. C. et al. Níveis de Energia em Dietas para Ovinos Santa Inês: Digestibilidade Aparente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6 (supl. 2), p.1962-1968, 2003.
- ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo de carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (editores). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Finep, 2006. p. 229–248.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS International. Official methods of analysis. 16 ed. Washington, D.C.: *Animal feed.*, cap. 4, 1995.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*, 13 ed. Washington, D.C.: AOAC, 1980, 1015p.
- ATAÍDE JÚNIOR, J. R.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo, Digestibilidade e Desempenho de Novilhos Alimentados com Rações à Base de Feno de Capim-Tifton 85, em Diferentes Idades de Rebrotas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n.1, p.215-221, 2001.
- AW, T. L.; SWANSON, B. G. Influence of tannin on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality. *Journal of food science*, v. 50, p. 67-71, 1985.
- BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, v. 19, n.4, p511-522, 1965.
- BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. International. *Journal of Biology Macromolecular*, v. 23, p. 85–112, 1998.
- BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; SILVA, J. F. C. et al. Consumo e Digestibilidade Aparente Total e Parcial em Bezerros Holandeses Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 1, p.206-214, 2000.
- BURTON, G. W.; GATES, R. N.; IELL, G. M. Registration of “Tifton 85” bermudagrass. *Crop Science*, v.33, n.4, p.644-645, 1993.

- CARDOSO, R. C.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, J. F. et al. Síntese microbiana, pH e concentração de amônia ruminal e balanço de compostos nitrogenados, em novilhos F1 limousin x nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1844-1852, 2000.
- CAVALCANTE, M. A. B.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; RIBEIRO, K. G. Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Bovinos de Corte: Consumo, Digestibilidade Total e Desempenho Produtivo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.711-719, 2005.
- CHANDRAMONI, X. X.; JADHAO, S. B.; TIWARI, C. M.; KHAN, M. Y. Carbon and nitrogen balance studies in Muzaffarnagari sheep fed diets varying in roughage and concentrate ratio. *Small Ruminant Research*, v.31, p. 221-227, 1999.
- CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/index.wsp>> Acessado em 13 março 2007.
- COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes*. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- CONAB. Consolidado e Acompanhamento da Safra 2005/2006, 9º Levantamento. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesado em 15 nov. 2006.
- CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I – Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*, v. 47, n. (1), p. 54-62, 1964.
- COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. et al. Desempenho, Digestibilidade e Características de Carcaça de Novilhos Zebuínos Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Concentrado; *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p. 268-279, 2005.
- 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. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 9, p. 2394-2407, 1998.
- DENG, X. D.; LI, W. J.; ZHU, J. Z. The influence of concentrate level on finishing sheep. *Journal Herbivore Research*, v. 2, p. 32– 34, 2000.
- DIAS, H. L. C.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, J. F. et al. Consumo e digestões totais e parciais em novilhos F1 Limousin x Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.2, p.45-554. 2000.
- DIXON, R. M.; MILLIGAN, L. P. Removal of digesta components from the rumen of steers determined by sieving techniques and fluid particulate and microbial markers. *British Journal of Nutrition*, v. 53, p. 347, 1985.
- DIXON, R. M.; HOSKING, B. J. Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nutrition Research Reviews*, n.5, p.19-43, 1992.
- D’MELLO, J. P. F.; DEVENDRA, C. *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. CAB INTERNATIONAL,1995.
- ELIAS, L. G.; DEFERNANDEZ, D. G.; BRESSANI, R. Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean products. *Journal of food science*, v. 44, p. 524, 1979.
- EMBRAPA, 2006a. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/historia.htm>>. Acessado em 12 dez. 2006.

- EMBRAPA, 2006b Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/Abertura.html>> Acessado em 20 dez. 2006.
- EMBRAPA, 2006c. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>> Acessado em 27 nov. 2006.
- EVANGELISTA, A. R.; REZENDE, A. V.; BARCELOS, A. F. Manejo e fenação das forrageiras do gênero *Cynodon*. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdf/extensao/bol_54.pdf> Acessado em 15 dez. 2006.
- FANCHER, B. I.; ROLLINS, D.; TRIMBEE, B. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. *Journal Applied Poultry Research*, v. 5, p. 386-394, 1996.
- FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallington: CAB. 532p., 1995.
- FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *Journal of Animal Science*, v.37, p.1048, 1973.
- GALYEAN, M. L.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *Journal of Animal Science*. V.49, n.1, p.205-210, 1979.
- GATEL, F. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. *Animal feed science and technology*, v. 45, p. 317-348, 1994.
- GIRÁLDEZ F. J.; VALDÉS C.; PELÁEZ R. et al. The influence of digestible organic matter and nitrogen intake on faecal and urinary nitrogen losses in sheep. *Livestock Production Science*, v. 51, p. 183-190, 1997.
- GOMES, B. V.; QUEIROZ, A. C.; FONTES, C. A. A. et al. Estudo das características físico-químicas de fenos e palha. 1. Efeitos sobre a ingestão, digestibilidade aparente e taxa de passagem da matéria seca, pH e concentração de amônia ruminal. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. V. 23, n. 3, p. 352-365, 1994.
- GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T.; JOBIM, C. et al. Determinação do Consumo, Digestibilidade e Frações Protéicas e de Carboidratos do Feno de *Tifton 85* em Diferentes Idades de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p.804-813, 2003.
- GRANT, G.; DE OLIVEIRA, J. T. A.; DORWARD, P. M. et al. Metabolic and hormonal changes in rats resulting from consumption of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) or soybean (*Glycine max*). *Nutritional Reports International*, v. 36, p. 763-772, 1987.
- HARMON, D. L. Nutritional regulation of postruminal digestive enzymes in ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 2102, 1993.
- HEINDENREICH, E. Operation strategies for expansion cooking. *Feed mix*, v.2, n.5, p. 32, 1994.
- HILL, G. M.; GATES, R. N.; BURTON, G. W. Forage quality and grazing steer performance from *Tifton 85* and *Tifton 78* bermudagrass pastures. *Journal of Animal Science*, v.71, p. 3219-3225, 1993.
- HOFFMANN, E. M.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The fermentation of soybean meal by rumen microbes in vitro reveals different kinetic features for the inactivation and the degradation of trypsin inhibitor protein. *Animal Feed Science and Technology*, v. 106, p. 189-197, 2003.

- HOLM, J.; LUNDQUIST, I.; BJORCK, I. et al. Relationship between degree of gelatinisation, digestion rate in vitro, and metabolic response in rats. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 47, p. 1010–1016, 1988.
- HUNGATE, R. E. *The rumen and its microbes*. Academic Press, New York, NY, 1966.
- HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, v. 75, p. 852–867, 1997.
- IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 1996. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acessado em 27 out. 2006.
- ÍTAVO L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. F. et al. Níveis de Concentrado e Proteína Bruta na Dieta de Bovinos Nelore nas Fases de Recria e Terminação: Consumo e Digestibilidade; *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.1033-1041, 2002 (supl.).
- JAFFÉ, W. G. Toxic factors in legumes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 18, p. 205-218, 1968.
- JAMES, L. F.; ALLISON, M. J.; LITLEDIKE, E. T. Production and modification of toxic substances in the rumen. In: DIGESTION AND METABOLISM IN THE RUMINANT (INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY), n.4, 1974, Armindale. *Proced...* Armindale, NSW: University of New England Publishing Unit, p. 576-590, 1975.
- JARRIGE, H. *Alimentación de los ruminantes*. Madrid: Mindial Prensa, 697p., 1981.
- JOY, M. T.; DEPETERS, E. J.; FADEL, J. G.; ZINN, R. A. Effects of Corn Processing on the Site and Extent of Digestion in Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p.2087–2097, 1997.
- KING, T. P.; BEGBIE, R.; CADENHEAD, A. Nutritional toxicity of raw kidney beans in pigs. Immunocytochemical and cytopathological studies on the gut and the pancreas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 34, p. 1404-1412, 1983.
- KOEHLER, H. H.; CHANG, C.; SCHEIER, G.; BURKE, D. W. Nutrient composition, protein quality, and sensory properties of thirty-six cultivars of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of food science*, v. 52, n. 5, p. 1335-1340, 1987.
- KUNG, L., JR.; TUNG, R. S.; CARMEAN, B. R. Rumen fermentation and nutrient digestion in cattle fed diets varying in forage and energy source. *Animal Feed Science and Technology*, v. 39, n. 1, 1992.
- LIMA, F. C. *Digestão total e parcial da energia e proteína em taurinos, zebuínos, seus mestiços e em bubalinos*, 1986. 120p., Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LIU, X.; WANG, Z.; LEE, F. Influence of concentrate level on dry matter intake, N balance, nutrient digestibility, ruminal outflow rate, and nutrient degradability in sheep. *Small Ruminant Research*, v. 58, p. 55–62, 2005.
- LJØKJEL, K.; SKREDE, A.; HARSTAD, O.M. Effects of pelleting and expanding of vegetable feeds on in situ protein and starch digestion in dairy cows. *Journal of Animal Feed Science*, v.12, p. 435–449, 2003.
- LU, C. D.; POTCHOIBA, M. J. Feed intake and weight gain of growing goats fed diets of various energy and protein levels.

Journal of Animal Science, v.68, n.5-6, p.1751-1759, 1990.

MAGALHÃES, A. L. R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A. C. et al. Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em rações para vacas em lactação: 1. consumo e digestibilidade dos nutrientes. In REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006a.

MAGALHÃES, A. L. R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A. C. et al. Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em rações para vacas em lactação: 2. eficiência de alimentação. In REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006b.

MALCOLM, K. J.; KIESLING, H. E. Dry matter disappearance and gelatinization of grains as influenced by processing and conditioning. *Animal feed science and Technology*, v. 40, p. 321-330, 1993.

MANGAN, J. L. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutrition Research Reviews*, v.1, p.209-231, 1988.

MARINHO, A. A. M. Influência dos taninos no comportamento dos microrganismos e suas implicações nas transformações microbianas no trato gastrointestinal dos ruminantes. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v.79, n.469, p.5-21, 1984.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J. F. D. *Nutricion Animal*, 4ª edicion; Editorial Acribia, S. A., Zaragoza; 1988.

MERTENS, D. R. *Regulation of forage intake*. In: Fahey Jr., G.C., (Ed.) Forage

quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.

MERTENS, D. R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. 188 p.

MORAES, S. A.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. et al. Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes, em bovinos recebendo dietas contendo silagem de milho e concentrado em diferentes proporções. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. Anais... Recife: Technomedia, 2002. CD-ROM.

MOSCARDINI, S; WRIGHT, T. C.; LUIJMES, P. H.; MCBRIDE, B. W.; SUSMEL, P. Effects of Rumen-undegradable Protein and Feed Intake on Purine Derivative and Urea Nitrogen: Comparison with Predictions from the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p. 2421-2329, 1998

MURDIATI, T. B.; MCSWEENEY, C. S.; LOWRY, J. B. Hydrolyzable tannins in forages: Metabolism in sheep. In: ROSE, M. (Ed.), *Herbivore Nutrition Research*. Occasional Publication, Australian Society of Animal Production, Brisbane, p. 41-42, 1987

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 359-3629, 1991.

N.R.C. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7ª.ed.

- Washington DC, USA: National Academy Press, 2001. 381p.
- N.R.C. National Research Council. Nutrient Requirements of Sheep. 6.ed. Washington DC, USA: National Academy Press, 1985. 99p.
- NUNES, I. J. *Cálculo e avaliação de rações e suplementos*. FEP-MVZ Editora, Belo Horizonte, MG. 1998. 185p.
- ORSKOV, E. R. *Protein Nutrition in Ruminants*, second edition. San Diego (USA): Academic press, 1986. 175p.
- OWENS, F. N.; GARZA, J.; DUBESKI, P. Advances in amino acid and N nutrition in grazing ruminants. In: PROCEEDINGS SECOND GRAZING LIVESTOCK NUTRITION CONFERENCE, Oklahoma State University Publisher, n. MP 133. Stillwater, OK, p. 109-137, 1991.
- OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIN, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, v.63, p.1634-1648, 1986.
- PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science*, v.34, p.1-17, 2001.
- PEISKER, M. Physical and chemical changes during 'expansion'. *Feed international*, February, p.16, 1992.
- PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; SILVA, B. C. et al. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial dos nutrientes, em bovinos de corte recebendo dietas contendo silagem de sorgo e concentrado em diferentes proporções; In: Reunião Anual da SBZ, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande – MS, 2004.
- PETERSON, D. G.; FULCHNER, R. G. Variation in Minnesota HRS wheats: starch granule size distribution. *Food Research International*, v. 34, p. 357-363, 2001.
- PHILIPS, D. E.; EYRE, M. D.; THOMPSON, A.; BOULTER, D. Protein quality in seed meals of *Phaseolus vulgaris* and heat-stable factors affecting the utilisation of protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 32, p. 323-432, 1981.
- PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.
- PRADO, O. P. P.; ZEOULA, L. M.; GERON, L. J. V. et al. Balanço de nitrogênio e digestibilidade da energia bruta de rações com diferentes níveis de proteína degradável no rúmen e fonte de amido de alta degradabilidade ruminal em ovinos; In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...* 2004, Campo Grande – MS.
- PRESTLOKKEN, E.; HARSTAD, O. M. Effects of expander-treating a barley-based concentrate on ruminal fermentation, bacterial N synthesis, escape of dietary N, and performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v.90, p.227-246, 2001.
- PRESTLOKKEN, E. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acid in barley and oats expander-treated at various intensities. *Animal feed science and technology*, v.82, p.157-175, 1999.

- PUSZTAI, A.; CLARKE, E. M. W.; KING, T. P.; STEWART, J. C. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): chemical composition, lectin content and nutritional value of selected cultivars *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 30, p. 843-848, 1979.
- PUSZTAI, A. Biological effects of dietary lectins. In: HUISMAN, J.; VAN DER POEL, T. F. B.; LIENER, I. E. (Eds) *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. PUDOC, Wageningen, p. 17-29, 1989a.
- PUSZTAI, A.; GREER, F.; GRANT, G. Specific uptake of dietary lectins into the systemic circulation of rats. *Biochemical Society Transactions*, v. 17, p. 481-482, 1989b.
- RAYMOND, W. F. The nutritive value of forage crops. *Advance Agronomy*, v. 21, p. 1-108, 1969.
- RESENDE, F. D.; QUEIROZ, A. C.; OLIVEIRA, J. V. et al. Bovinos Mestiços Alimentados com Diferentes Proporções de Volumoso:Concentrado. Digestibilidade Aparente dos Nutrientes, Ganho de Peso e Conversão Alimentar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 1, p. 261-269, 2001.
- RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (editores). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Finep, 2006. p. 311-331.
- ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to humans foods. In: JAMES, H.P.T., THEANDER, O. (ed). *The analysis of dietary fiber in food*. New York: Marcel Dekker, p.123-158, 1981.
- RODRIGUES, M. T. Uso de fibra em rações de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, Viçosa, 1998. Anais... Viçosa: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, p.139-172, 1998
- RODRIGUES, E. N. *Digestibilidade aparente de dietas contendo feno de Tifton 85 (Cynodon spp) e níveis crescentes de milho moído a milho expandido em ovinos*. 2002, 39p. Dissertação (Mestrado), UFMG – Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- RODRIGUEZ, N. M. *Valor nutritivo do farelo de arroz para ruminantes*. 1984, 127p. Tese (Doutorado), UFMG – Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- ROGÉRIO, M. C. P. *Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio de dietas contendo feno de Tifton 85 (Cynodon spp) e níveis crescentes de caroço de algodão (Gossypium hirsutum) em ovinos*. 2001, 51p. Dissertação (mestrado), UFMG - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- ROMERO, J.; RYAN, D. S. Susceptibility of the major storage protein of the bean, *Phaseolus vulgaris* L., to in vitro enzymatic hydrolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 26, p. 784-788, 1978
- ROONEY, L. W.; PFUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, v. 63, p.1607, 1986
- SANTOS, F. A. P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (editores). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Finep, 2006. p. 255-284.
- SGARBIERI, V. C.; ANTUNES, P. L.; ALMEIDA, L. D. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of food science*, v. 44, p. 1306-1308, 1979.

- SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, chemical, and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. *Advances in food research*, v. 28, p. 93-165, 1982.
- SHABI, Z.; BRUCKENTAL, I.; ZAMWELL, S. et al. Effects of Extrusion of Grain and Feeding Frequency on Rumen Fermentation, Nutrient Digestibility, and Milk Yield and Composition in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 1252-1260, 1999.
- SILVA, B. C. *Silagem de Brachiaria brizantha cv. Marandu e concentrado em diferentes proporções na dieta de bovinos de corte*; 2003, 65p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- SOUZA, V. G. PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo e desempenho de bovinos de corte recebendo dietas contendo silagem de milho e concentrado em diferentes proporções. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. Anais... Recife: SBZ, 2002. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes.
- STRACK, A. G.; MOLLETA, J. L.; PEROTTO, D. et al. Efeito dos níveis de concentrado, sobre características de carcaça de novilhos terminados em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.1239.
- SVIHUS, B.; UHLEN, A. K.; HARSTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 122, p. 303-320, 2005.
- TESTER, R. F.; MORRISON, W. R.; ELLIS, R. H. et al. Effects of elevated growth temperature and carbon dioxide levels on some physicochemical properties of wheat starch. *Journal of Cereal Science*, v. 22, p. 63-71, 1995.
- THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 63, p. 1649-1662, 1986.
- TOBIN, G.; CARPENTER, K. J. The nutritional value of the dry bean (*Phaseolus vulgaris*): a literature review. *Nutrition Abstracts and Reviews*, v. 48, p. 919-936, 1978.
- TOTHI, R.; LUND, P.; WEISBJERG, M. R.; HVELPLUND, T. Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evacuation and in situ techniques. *Animal Feed Science and Technology*, v. 104, p. 71-94, 2003.
- WERNERSBACH FILHO, H. L.; CAMPOS, J. M. S.; ASSIS, A. J. et al. Consumo, digestibilidade aparente e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com concentrado processado de diferentes formas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.1228-1235, 2006 (supl.).
- WILLIAMS, P. E. V.; PUSZTAI, A. J.; MACDEARMID A.; INNES, G. M. The use of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) as protein supplements in diets for young rapidly growing beef steers. *Animal feed science and technology*, v. 12, p. 1-10; 1984/85.
- WOLDETSADICK, F.; DIXON, R. M.; HOLMES, J. H. G. Absorption from the small intestine of sheep fed grain legumes. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, v. 16, p. 210, 1991.

- WU, W.; WILLIAMS, W. P.; KUNKEL, M. E. et al. True protein digestibility and digestibility-corrected amino acid score of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.43, n.5, p.1295-1298, 1995.
- YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M. Effects of Barley Grain Processing on Extent of Digestion and Milk Production of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p. 554–568, 2000
- YOSHIDA, H.; NOZAKI, K.; HANASHIRO, I. et al. Structure and physicochemical properties of starches from kidney bean seeds at immature, premature and mature stages of development. *Carbohydrate Research*, v. 338, p. 463–469, 2003.
- VALADARES FILHO, S. C., COELHO DA SILVA, J. F., LEÃO, M. I. Estudo comparativo da digestão de matéria seca e carboidratos em bovinos e bubalinos alimentados com diferentes rações. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 16, n. 2, p. 120-130, 1987.
- VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, n.26, p.1252-1258, 1997a.
- VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; SAMPAIO, I. B. et al. Níveis de proteína bruta em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanço de compostos nitrogenados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.6, p.1259-1263, 1997b.
- VALDEBOUZE, P.; BERGERON, E.; GABORIT, T.; DELORT-LAVAL, J. Content and distribution of trypsin inhibitors and hemagglutinins in some legume seeds. *Canadian Journal of Plant Science*, v.60, p. 695-701, 1980.
- VAN DER POEL, A. S. B. Effect of Processing on antinutritional factors and protein nutritional value of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). A Review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 29, p. 179-208, 1990.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. London: Comstock Publishing Associates. 1994, 476p.
- VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. et al. Níveis de concentrado na dieta de animais nelore não castrados: I. Consumo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000a. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. et al. Níveis de concentrado na dieta de animais nelore não castrados. II. Digestibilidade aparente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000b. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- VIANA, R. O. *Avaliação do Desempenho de Cordeiros Santa Inês em Confinamento com Milho Expandido em sua Dieta*. 2004. Dissertação - Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.
- WEISS, W. P.; CONRAD H. R.; PIERRE N. R. S. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, v. 39, p. 95– 110. 1992.