

ALEXANDRE LIMA DE SOUZA

COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA CASCA DE
CAFÉ TRATADA COM AMÔNIA ANIDRA E SULFETO DE SÓDIO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Zootecnia,
para obtenção do título de “Magister
Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
NOVEMBRO - 1999

ALEXANDRE LIMA DE SOUZA

COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA CASCA DE
CAFÉ TRATADA COM AMÔNIA ANIDRA E SULFETO DE SÓDIO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Zootecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 23 de março de 1999.

Prof. Odilon Gomes Pereira
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof. Mauro Fonseca Paulino

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho

Prof. Rasmô Garcia
(Orientador)

À minha mãe e à minha irmã,

À minha esposa,

Aos meus avós,

Aos meus sogros e às minhas cunhadas,

A todas as pessoas que, de maneira especial, me ajudaram,

À minha filha Carolina, razão de tudo que eu faço.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida, ... por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé Ltda., em Guaxupé, MG, e à BELQUÍMICA Ltda., de Belo Horizonte, MG, pelo financiamento parcial desta pesquisa.

Ao professor Rasmão Garcia, pela orientação, pelo apoio, pela confiança e pela amizade durante o Curso.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pelo auxílio, pela amizade e pelo apoio.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelo auxílio na confecção das análises de estatísticas.

Aos professores Sebastião de Campos Valadares Filho e Mário Fonseca Paulino, pela colaboração nesta pesquisa, pelos ensinamentos e pela amizade.

À Celeste, secretária da Pós-Graduação em Zootecnia, e aos funcionários Raimundo e Joelson, pela amizade, pela paciência e pela boa vontade.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Faustino Monteiro, Fernando, Vera, Valdir e Wellington, pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

Aos meus amigos: Aureliano, Aldrin, Daniela, Daniele, Glaucon, Maurício, Ricardo, Rivelino e Toninho, pelo apoio e pelo auxílio na montagem do experimento e nas posteriores análises de estatísticas e laboratoriais.

Ao meu amigo Lucio Gonçalves Coimbra, pela dedicação na editoração deste trabalho.

À minha mãe, pelo carinho especial e pelo amor sincero que sempre me dedicou.

À memória de meu pai, porque hoje, mais do que nunca, sinto sua presença, pois a minha saudade o traz de volta, posto que não morre quem no outro vive.

À minha irmã Adriana, pelo incentivo, pelo apoio e pelo carinho.

Aos meus avós, pelo apoio nesta conquista.

À minha esposa Luciana e à minha filha Carolina, pelo carinho, pelo estímulo quando veio o desânimo, pelos momentos importantes em que suportaram a minha ausência e por terem respeitado o meu sentimento nos meus dias de fracasso.

À minha madrinha Neide e ao meu padrinho Escolápio, por terem-me ajudado a crescer e atingir meus objetivos.

Ao meu sogro Sebastião, à minha sogra Maria das Graças e às minhas cunhadas Cláudia e Daniela, pela força e pelo incentivo, o que, muito contribuiu para este momento.

Aos meus tios, às minhas tias e aos meus primos, que de alguma forma, contribuíram para esta vitória.

Enfim, o meu sincero agradecimento e a minha sincera gratidão a todos aqueles que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Alexandre Lima de Souza, filho de Antônio Carlos de Souza e Maria Rita Lima de Souza, nasceu em 9 de maio de 1973, em Muriaé, Minas Gerais.

No período 1988 a 1990, cursou o 2º grau no Centro Educacional de Muriaé, em Muriaé, MG.

Em 1992, ingressou no Curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, colando grau em fevereiro de 1997.

Em março de 1997, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia na UFV, área de Forragicultura e Pastagem, submetendo-se à defesa de tese em março de 1999.

CONTEÚDO

| | Página |
|---|--------|
| EXTRATO..... | viii |
| ABSTRACT | x |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Efeito da amonização sobre o conteúdo de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio | 3 |
| 2.2. Efeito da amonização sobre os constituintes da parede celular .. | 7 |
| 2.3. Efeito da amonização sobre a digestibilidade “in vitro” e a degradabilidade “in situ” da matéria seca e dos constituintes da parede celular | 10 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| 3.1. Experimento I - Efeito da amonização na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café .. | 15 |
| 3.1.1. Local e material utilizado no experimento | 15 |
| 3.1.2. Delineamento experimental | 17 |
| 3.1.3. Aplicação da amônia anidra | 17 |
| 3.1.4. Coleta e preparo das amostras | 18 |
| 3.2. Experimento II - Efeito da amônia anidra e do sulfeto de sódio na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café com alta umidade | 19 |

| | Página |
|---|--------|
| 3.2.1. Local e material utilizado no experimento | 19 |
| 3.2.2. Delineamento experimental | 19 |
| 3.2.3. Aplicação da amônia anidra | 19 |
| 3.2.4. Coleta e preparo das amostras | 20 |
| 3.3. Análises químico-bromatológicas | 20 |
| 3.4. Análises estatísticas | 21 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 22 |
| 4.1. Experimento I - Efeito da amonização na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café .. | 22 |
| 4.1.1. Matéria seca | 22 |
| 4.1.2. Proteína bruta e retenção de nitrogênio | 23 |
| 4.1.3. Nitrogênio insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido | 27 |
| 4.1.4. Fibra em detergente neutro e hemicelulose | 29 |
| 4.1.5. Fibra em detergente ácido, celulose e lignina | 31 |
| 4.1.6. Digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN) | 32 |
| 4.2. Experimento II - Efeito dos níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café com alta umidade | 34 |
| 4.2.1. Matéria seca | 34 |
| 4.2.2. Proteína bruta e retenção de nitrogênio | 35 |
| 4.2.3. Nitrogênio insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido | 38 |
| 4.2.4. Fibra em detergente neutro e hemicelulose | 40 |
| 4.2.5. Fibra em detergente ácido, celulose e lignina | 42 |
| 4.2.6. Digestibilidade “in vitro” da matéria seca | 44 |
| 5. RESUMO E CONCLUSÕES | 47 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 50 |

EXTRATO

SOUZA, Alexandre Lima, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1999. **Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio.** Orientador: Rasmô Garcia. Conselheiros: Odilon Gomes Pereira e Paulo Roberto Cecon.

Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos da amonização sobre a composição químico-bromatológica e a digestibilidade “in vitro” da casca de café. No primeiro experimento, a casca de café com baixa (16%) e alta (30%) umidade foi tratada com amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2% na matéria seca), ao passo que no segundo foi avaliado o efeito de diferentes combinações de amônia e sulfeto de sódio (0,0; 2,1; 3,1; e 4,1%) sobre a casca de café com 30% de umidade. No Experimento I, constatou-se que os teores de proteína bruta (PB) aumentaram em função dos níveis crescentes de amônia anidra, enquanto a retenção de nitrogênio (RN) diminuiu. Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e (NIDA/NT), respectivamente, foram sensivelmente reduzidos em função dos níveis crescentes de amônia, independentemente do teor de umidade. Com relação à digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e à fibra em detergente neutro (DIVFDN), não foi verificado efeito de níveis de amônia em ambas as variáveis. No Experimento II, verificou-se que os teores de PB aumentaram em função dos níveis crescentes de amônia, sendo, porém, pouco alterados pelos níveis de sulfeto. A RN

diminuiu com os aumentos dos níveis de amônia e de sulfeto. Os teores de NIDN/NT e NIDA/NT foram sensivelmente reduzidos em função dos níveis crescentes de amônia, sendo, porém, pouco afetados pela adição de sulfeto. A DIVMS não foi alterada em função das diferentes combinações de amônia e sulfeto utilizadas. Verificou-se também que os constituintes da parede celular da casca de café, em ambos os experimentos, foram pouco alterados, uma vez que a amplitude de variação sobre cada um dos componentes foi pequena. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a amonização promoveu efeitos benéficos no conteúdo de nitrogênio total, melhorando o valor nutritivo da casca de café. Todavia, a amonização e a aplicação de sulfeto de sódio não promoveram efeitos benéficos quantitativos sobre os constituintes da parede celular e sobre a digestibilidade “in vitro” da casca de café.

ABSTRACT

SOUZA, Alexandre Lima, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November, 1999. **Chemical-bromatologic compound of coffee peel treated with anhydrous ammonia and sodium sulphide.** Adviser: Rasmô Garcia. Committee Members: Odilon Gomes Pereira and Paulo Roberto Cecon.

Two experiments were conducted to evaluate the effects of ammonization on chemical-bromatologic compound and digestibility “in vitro” of coffee peel. In the first experiment the coffee peel with low (16%) and high (30%) moisture was treated with anhydrous ammonia (0.0, 2.2, 3.2, 4.2% by weight of dry matter), and in the second experiment was evaluated the effect of different combinations of ammonia and sodium sulphide (0.0, 2.1, 3.1, 4.1%), in the coffee peel with 30% moisture. In the first experiment the content of crude protein (CP) increased probably due to the crescent level of anhydrous ammonia, while the nitrogen retention (NR) decreased. The content of insoluble nitrogen in neutral detergent and insoluble nitrogen in acid detergent related to the total nitrogen (NDIN/TN) and (ADIN/TN), respectively, were greatly reduced in function of the crescent level of ammonia, independent from the moisture content. Regarding the digestibility “in vitro” of dry matter (IVDMD) and fiber in neutral detergent (IVNDFD) it was not verified ammonia level effect to both variables. In the second experiment the CP content increased due to the crescent levels of ammonia, however, they were little altered by the sulphide levels. The NR decreased as the ammonia and sulphide levels increased. The NDIN/TN and

ADIN/TN content were greatly reduced in function of crescent level of ammonia, however, they were little affected by the addition of sulphide. The IVDMD was not altered in function of the different combinations of ammonia and sulphide used. It was also verified that the components of the cell wall, of the coffee peel, in both experiments, were little altered once the variation amplitude on each one of the components was small. Based on the results obtained, it was concluded that the ammonization provided benefic effects in the total nitrogen content, improving the nutritious value of coffee peel. Nevertheless, the ammonization and the sodium sulphide application did not provided quantitative benefic effects on the components of the cell wall and digestibility “in vitro” of coffee peel.

1. INTRODUÇÃO

A baixa produção de forragens no Brasil-Central, durante o período de abril a setembro, tem sido responsável, dentre outros fatores, pela reduzida produtividade dos bovinos. Visando amenizar os problemas causados pela escassez de forragens de boa qualidade nesse período, diversas opções têm sido propostas, dentre elas o aproveitamento de resíduos da agroindústria.

A casca de café, resíduo proveniente do beneficiamento do grão, representa grande potencial de utilização na alimentação dos ruminantes. Todavia, pouco se conhece sobre sua composição químico-bromatológica, níveis de utilização e formas de melhorias de seu valor nutritivo.

Segundo dados da FAO (1997), o Brasil é o principal produtor de café do mundo, e, de acordo com os dados do ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL (1996), Minas Gerais é o maior produtor nacional de café, com 931.983 toneladas. O café em coco, forma como o grão é colhido, após secado, resulta em proporções semelhantes de café beneficiado e casca. Na casca estão contidos a polpa, a mucilagem e o pergaminho, ou casquinha (CAIELLI, 1984; VEGRO e CARVALHO, 1994).

A utilização “in natura” de restos de culturas e subprodutos da agroindústria na alimentação animal, em geral, tem como principais limitações os baixos valores de compostos nitrogenados, minerais e energia disponíveis, além dos elevados teores dos chamados fatores antiqualitativos, como lignina e

compostos fenólicos, dentre outros. Essas características contribuem para diminuir a palatabilidade e digestibilidade, reduzindo o consumo e o desempenho animal (GARCIA e NEIVA, 1994; PAIVA, 1992).

Na tentativa de melhorar o valor nutritivo dos volumosos em geral, vários tratamentos químicos têm sido testados. Diversos resultados de pesquisa têm evidenciado que a amonização, utilizando amônia anidra ou uréia, pode melhorar, de maneira significativa, a qualidade de gramíneas forrageiras em estágio avançado de maturidade, palhadas e resíduos diversos.

Na busca para melhorar a efetividade da amonização sobre a preservação e o valor nutritivo dos materiais tratados, a aplicação de dióxido de enxofre e o aumento da umidade do material são procedimentos que têm sido utilizados.

Diante do volume de casca de café que anualmente é produzido no Brasil e das poucas informações científicas sobre tratamentos químicos que possam melhorar a qualidade desse resíduo, conduziram-se dois experimentos, objetivando:

- Avaliar os efeitos de diferentes doses de amônia anidra, em casca de café, com ou sem umidade, sobre os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN/NT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA/NT), retenção de nitrogênio (RN), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade “in vitro” da fibra em detergente neutro (DIVFDN).

- Avaliar os efeitos de várias doses de amônia anidra e sulfeto de sódio da casca de café, que tiveram seu teor de umidade reconstituído, sobre os teores de MS, PB, NIDN/NT, NIDA/NT, RN, FDN, FDA, hemicelulose, celulose, lignina e DIVMS.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeito da amonização sobre o conteúdo de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio

O aproveitamento de capins velhos, restos de cultura e outros subprodutos da agroindústria na alimentação animal é, muitas vezes, prejudicado pelo baixo teor de nitrogênio, aliado à sua baixa disponibilidade no rúmen. Esses fatores limitam o crescimento satisfatório dos microrganismos do rúmen, comprometendo a digestão da fibra e o desempenho dos animais (GARCIA e NEIVA, 1994).

Diversos trabalhos de pesquisa realizados com vários tipos de alimentos têm evidenciado aumentos significativos no conteúdo de nitrogênio em materiais tratados com amônia anidra, uréia e amônia líquida (HERRERA-SALDANA et al., 1982; ØRSKOV et al., 1983; FERREIRA et al., 1990; REIS et al., 1990a, b; BEN SALEM et al., 1994; PIRES et al., 1998). Todavia, alguns fatores como doses de aplicação de amônia, períodos de amonização e aeração, temperatura ambiente, umidade e qualidade do material, dentre outros, podem ser responsáveis por diferentes respostas ao aumento do teor de proteína bruta (PB) e à retenção de nitrogênio (RN) do material tratado.

SUNDSTØL et al. (1979) verificaram relação inversa entre os fatores temperatura ambiente e período de amonização. Elevando-se a temperatura de

15 para 30°C, o tempo de tratamento da palhada foi reduzido de quatro para uma semana. Esses autores verificaram melhor eficiência da amonização quando o conteúdo de umidade foi elevado de 12 para 50%.

Em estudo desenvolvido com palhada de cevada tratada com 3,5% de amônia anidra em épocas distintas do ano e durante os períodos de outono (7°C) e verão (38°C), ALIBES et al. (1984) verificaram que o conteúdo de PB foi 83% maior no material tratado no verão.

GROTHER et al. (1986), utilizando fenos de *Cynodon dactylon* L. cv. Coastal com alta (35%) e baixa (9%) umidade, tratados com 0, 2, 4% de amônia anidra (base MS) durante uma, três ou seis semanas, verificaram que os maiores teores de PB foram obtidos três semanas após o tratamento, à medida que se elevaram as doses de amônia e o teor de umidade do feno.

PAIVA et al. (1995a) avaliaram o efeito da aplicação de três doses de amônia anidra (0, 2 e 4% base MS) em combinação com três períodos de amonização (7, 21 e 35 dias) sobre o teor de nitrogênio total (NT) e retenção de nitrogênio (RN) na palhada de milho, bem como as possíveis alterações dessas variáveis no decorrer do período de aeração (0, 14, 28 e 42 dias). Eles observaram que o aumento no teor de NT variou de 120% com doses de 2% e sete dias de amonização a 220% com a dose de 4% de amônia anidra e 35 dias de amonização. Os tratamentos com 2% de amônia apresentaram maior RN em relação aos de 4%, sendo a RN maior em ambos os níveis com o aumento do período de amonização. Entretanto, o teor de NT não variou com os períodos de aeração.

A adição de amônia em níveis mais elevados muitas vezes não correspondem a aumentos proporcionais na retenção de nitrogênio na forragem tratada. A maioria dos trabalhos de pesquisa tem mostrado diminuição na recuperação do nitrogênio à medida que as doses de amônia anidra ou uréia são aumentadas. Devido a essas perdas, o custo por unidade de N adicionado pode aumentar em função dos níveis crescentes de amônia. Em palhada de milho tratada com 2,0; 3,0; e 3,2% de amônia anidra, observaram-se que a RN foi da ordem de 77,5; 42,5; e 48,4%, respectivamente (SAENGER et al., 1982). Já FERREIRA et al. (1990), trabalhando com palha de arroz tratada com 2 e 4% de

amônia anidra (base MS), verificaram uma RN de 35,4 e 23,9%, respectivamente.

Na busca de melhoria da efetividade da amonização sobre a preservação e o valor nutritivo de materiais tratados, o aumento da umidade e a aplicação de dióxido de enxofre no material são procedimentos que têm sido utilizados.

Utilizando fenos tratados com amônia anidra (2, 4, 8% base da MS) com 20 ou 40% de umidade, WOOLFORD e TETLOW (1984) constataram que, independentemente das doses de amônia utilizadas, a maior retenção de nitrogênio foi obtida nos fenos com alta umidade. FERREIRA et al. (1993), em estudos com fenos de aveia (*Avena strigosa*, Schreb.) contendo 15 ou 33% de umidade, também observaram maiores retenções de compostos nitrogenados totais nos fenos contendo alta umidade.

DRYDEN e LENG (1986), ao tratarem palha de cevada com 12, 25 e 40% de umidade e três níveis de amônia anidra (0; 2,5; e 4,5%) com e sem dióxido de enxofre (SO₂), verificaram que a retenção de nitrogênio foi mais elevada na palhada tratada com 2,5% de amônia anidra e 40% de umidade, na presença de SO₂. Foi constatado também que o dióxido de enxofre melhorou a ação da amônia anidra, principalmente com doses mais elevadas de amônia.

Resultados semelhantes foram obtidos por NASEEVEN e KINCAID (1992), que, estudando os efeitos das doses (0; 1,75; e 3,5% base MS) de amônia anidra na palha de trigo, sem ou com a adição de dióxido de enxofre, observaram maiores aumentos no teor de proteína bruta da palhada tratada com amônia e SO₂.

Ao tratarem palha de cevada com 0 e 9,5% de amônia anidra (AA) e 9,5% de AA + SO₂ com quantidade suficiente para alvejar a palhada, DRYDEN e LENG (1988) verificaram que o conteúdo de nitrogênio total dessa forragem elevou de 11,1 para 24,1 e 68,4 mg/kg de MS, respectivamente. Segundo esses autores, grande parte do nitrogênio retido após a amonização estava na forma de compostos nitrogenados solúveis em água.

Numa ampla revisão de literatura, SUNDSTØL e COXWORTH (1984) relataram que existem evidências de que o nitrogênio retido na forragem amonizada pode ser utilizado como substrato pelos microrganismos do rúmen na síntese de proteína microbiana, como acontece com outras fontes de nitrogênio.

LINES e WEISS (1996), trabalhando com feno de alfafa tratado com 2% de amônia anidra, ou feno de alfafa suplementado com uréia ou farelo de soja ou uma fonte protéica de origem animal, verificaram que a fonte de nitrogênio não afetou a eficiência global do nitrogênio consumido pelas vacas de leite. Esses autores verificaram ainda que o balanço de nitrogênio e a produção de leite não foram significativamente afetados pelas diferentes dietas.

O fornecimento de nitrogênio (N) da palha de trigo amonizada com amônia anidra ou uréia foi mais eficientemente incorporado à proteína bacteriana que o nitrogênio fornecido na forma de uréia misturada na palhada no momento da alimentação (CHERMITI et al., 1994). Foi observado também que o processo de amonização diminui as perdas de nitrogênio no rúmen, provocando aumento concomitante no fluxo de N para o trato gastrointestinal inferior.

Mesmo com a melhoria do valor nutritivo da palhada amonizada, suplementação energética pode ser necessária para maximizar o nitrogênio adicionado (HERRERA-SALDANA et al., 1982). BRAND et al. (1991), em estudo com carneiros, verificaram que o fornecimento de palhada de milho amonizada junto com fubá de milho proporcionou aumento no balanço de nitrogênio de 0,17 g/dia para 2,78 g/dia, em relação à testemunha.

Outro aspecto importante tem sido relacionado com as formas em que o N se encontra retido nas forragens e sua disponibilidade para os animais. O nitrogênio adicionado via amonização pode ser incorporado em três formas distintas, quais sejam: sais de amônia solúveis em água, nitrogênio não-amoniaco solúvel em água e nitrogênio não-amoniaco insolúvel em água (GORDON e CHESSON, 1983).

Em estudo com palha de cevada tratada com 4% de amônia anidra, DRYDEN e KEMPTON (1984) verificaram que 67,4% do nitrogênio (N) adicionado era solúvel em água (44,1% de N amoniaco e 23,3% de N não-amoniaco), 11,5% estava ligado à parede celular e os outros 21,1% eram insolúveis em água, mas solúveis em detergente neutro. Foi relatado ainda que grande parte do N retido na parede celular encontrava-se ligada à lignina. Já HASSEN e CHENOST (1992), utilizando palhada de trigo tratada com 5% de amônia anidra (base da MS), relataram que somente 37% do N retido na palhada era solúvel em água (14,5% de N amoniaco e 22,5% de N não-amoniaco); 39% estava ligado à

parede celular, dos quais 14% estavam retidos na FDA; e os outros 24% restantes eram insolúveis em água, mas solúveis em detergente neutro.

Vários trabalhos de pesquisa têm evidenciado que parte do N adicionado via amonização aparece retido na fração fibrosa da forragem. Alguns pesquisadores têm utilizado os valores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) como indicadores da quantidade de nitrogênio preso covalentemente aos componentes da parede celular das forragens amonizadas.

O nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, é digestível, sendo, porém, de lenta degradação no rúmen. Já o nitrogênio na forma de NIDA parece ser resistente e praticamente indigestível, estando geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação (VAN SOEST e MASON, 1991; LICITRA et al., 1996).

O aumento no teor de NIDA em volumosos tratados com amônia não é desejável, uma vez que o nitrogênio retido na fibra em detergente ácido é considerado não ser aproveitável pelas bactérias ruminais (VAN SOEST e MASON, 1991; HASSEN e CHENOST, 1992). Todavia, o nitrogênio adicionado via amonização pode promover diminuição da relação NIDA/NT em decorrência do aumento do NT em relação ao teor de NIDA. Nesse contexto, espera-se maior disponibilidade de nitrogênio em volumosos tratados com amônia em relação àqueles não-amonizados.

REIS et al. (1990a), trabalhando com feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), verificaram aumentos nos valores de NIDA de 0,36 para 0,45 e 0,44, respectivamente, com a adição de 1,5 e 3,0% de amônia anidra. Contudo, os fenos nessa mesma ordem apresentaram 0,38; 0,73; e 0,86% de nitrogênio disponível (NT-NIDA). Resultados semelhantes foram obtidos por SOUZA et al. (1998) em subprodutos da cana-de-açúcar tratados com diferentes fontes de amônia.

2.2. Efeito da amonização sobre os constituintes da parede celular

Trabalhos de pesquisa, utilizando capins velhos, palhadas e subprodutos da agroindústria, dentre outros, têm evidenciado efeitos positivos da aplicação de amônia sobre a fração fibrosa desses volumosos.

De modo geral, duas teorias explicam o efeito da amônia sobre os constituintes da parede celular das forragens. A primeira, denominada amonólise, baseia-se no rompimento de ligações ésteres entre a hemicelulose e a lignina com grupos ou moléculas de carboidratos, resultando na formação de amida. A segunda teoria envolve uma hidrólise alcalina, resultante da reação entre o hidróxido de amônia, formado pela alta afinidade entre a amônia e a água, e as ligações do tipo éster entre os carboidratos estruturais (BUETTNER et al., 1982; Knapp et al., 1975, e Sundstøl et al., 1975, citados por CAMPOS, 1995).

Os resultados de diversos trabalhos têm indicado que a amônia provoca significativa redução na fibra detergente neutro (FDN). Essa redução, na maioria das vezes, é associada a uma solubilização parcial da fração hemicelulose do material amonizado (SOLAIMAN et al., 1979; GROTHEER et al., 1985; BIRKELO et al., 1986; FERREIRA et al., 1990; OLIVEROS et al., 1993; ROSA et al., 1998). Entretanto, alguns autores não têm constatado esse fato (DESCHARD et al., 1987; GLENN, 1990; BEN SALEM et al., 1994; DJIBRILLOU et al., 1998), o que pode ser devido aos vários fatores, citados anteriormente, que interferem no processo de amonização.

PAIVA et al. (1995b), estudando os efeitos dos níveis de amônia anidra (0, 2 e 4%, base MS) em combinação com três períodos de amonização (7, 21 e 35 dias) sobre os constituintes da parede celular na palhada de milho, observaram que os valores de FDN e hemicelulose foram reduzidos com os aumentos dos níveis de amônia anidra e dos períodos de amonização. As solubilizações médias foram da ordem de 1,4 e 4,1% para a FDN e de 4,0 e 9,5% para a hemicelulose na palhada tratada com 2 e 4% de amônia anidra, respectivamente.

Em estudos utilizando palha de cevada tratada com 3,56% de amônia anidra e 22,4% de umidade, 5,5% de uréia e 30,5% de umidade e 6,2% de uréia e 30,5% de umidade, JOY et al. (1992) verificaram decréscimos no conteúdo de FDN de 11,9; 7,4; e 5,3 unidades percentuais, respectivamente. Esses autores

relataram ainda que, de modo geral, o tratamento com amônia anidra foi superior aos com uréia.

Já NEIVA et al. (1998a), trabalhando com silagem e rolão de milho tratados com amônia anidra (1,2 e 2,4% base da MS), respectivamente, relataram que os teores de FDN da silagem e do rolão de milho não foram afetados pela amonização.

Quanto aos efeitos da amonização sobre os teores da fibra detergente ácido (FDA), celulose e lignina, os resultados têm sido variados. Resultados de pesquisas têm indicado aumentos nos teores de FDA (BIRKELO et al., 1986; TEIXEIRA, 1990; GROSSI et al., 1993; NEIVA et al., 1998a), celulose (GIVENS et al., 1988; TEIXEIRA, 1990; REIS et al., 1993a) e lignina (GIVENS et al., 1988). Entretanto, também têm-se observado reduções nos teores de FDA (HAI e SINGH, 1993; REDDY et al., 1993; HAI e SINGH, 1994), celulose (GROSSI et al., 1993; PIRES et al., 1998) e lignina (PEREIRA et al., 1993; REDDY et al., 1993; HAI e SINGH, 1994; BROWN e ADJEI, 1995; REIS et al., 1998a). Já outros trabalhos evidenciaram que a amonização não alterou os teores de FDA, celulose e lignina (GROTHER et al., 1985; FERREIRA et al., 1990; REIS et al., 1990a,b; BEN SALEM et al., 1994; PAIVA et al., 1995b; LINES e WEISS, 1996; MOREIRA et al., 1996; PIRES et al., 1996; REIS et al., 1998b).

Os aumentos nos conteúdos de FDA, celulose e lignina em volumosos amonizados podem ocorrer devido ao efeito de concentração causado pela diminuição de um ou mais constituintes da parede celular (SOLAIMAN et al., 1979; GIVENS et al., 1988). Aumentos nos teores de FDA e lignina, em forragens tratadas com amônia, ocorrem também devido à reação de Maillard e, ou, à retenção do nitrogênio adicionado a essas frações (VAN SOEST e MASON, 1991; GOTO et al., 1993).

Segundo LEAL et al. (1994), a redução no conteúdo de FDA da palhada tratada com amônia pode estar associada com a solubilização da lignina e celulose, em decorrência do decréscimo da cristalinidade da celulose, além de sua expansão e saponificação das ligações ésteres entre lignina e hemicelulose.

Procurando melhorar os efeitos da amonização sobre os constituintes da parede celular, para facilitar o ataque microbiano, têm-se estudado os efeitos da aplicação de dióxido de enxofre (SO₂) no material tratado.

Em estudos com palha de trigo tratada com 40 g/kg de SO₂, durante 72 horas a 70°C, BEN-GHEDALIA e MIRON (1984) relataram que o SO₂ promoveu uma solubilização parcial da parede celular, reduzindo o seu conteúdo de 78,5 para 55,5%. FAHMY e KLOPFENSTEIN (1994), trabalhando com silagem de pé de milho (60% de umidade) tratada com 5% de SO₂ ou 6,6% de uréia + 5% de SO₂, verificaram reduções nos teores de FDN, hemicelulose e celulose de 10,2 e 9,6%, 14,4 e 9,0% e 33,6 e 32,0%, respectivamente, em relação ao controle.

Já LEAL et al. (1994), tratando palha de sorgo com hidróxido de amônia e, ou, dióxido de enxofre durante 21 dias, relataram que, quando o SO₂ foi utilizado como única forma de tratamento, não houve alteração no conteúdo de FDN. Entretanto, com a aplicação do SO₂, parte do complexo lignocelulósico da palhada foi solubilizada. Relataram também que, em adição à solubilização desses polissacarídios, o dióxido de enxofre também libera alguns compostos fenólicos da parede celular (BEN-GHEDALIA e MIRON, 1984).

Ao utilizarem palha de cevada (40% de umidade) tratada com amônia anidra (0 ou 9,5%, base da MS) sem e com dióxido de enxofre, DRYDEN e LENG (1988) verificaram que, quando utilizado sozinho, o SO₂ não causou nenhum efeito no conteúdo da parede celular. Contudo, as maiores reduções nos teores de matéria orgânica da parede celular, hemicelulose e celulose foram obtidas com o uso concomitante de amônia anidra e SO₂.

PIRES et al. (1998), trabalhando com rebrota de sorgo (20% de umidade) tratada com uréia (0 e 7,5% base MS) e sulfeto de sódio (Na₂S) (0 e 7,5%, base da MS), relataram que a forragem tratada com Na₂S apresentou teores de FDN e celulose inferiores ao da testemunha, mas superiores aos dos tratamentos com uréia + sulfeto. Esses mesmos autores observaram, também, que os tratamentos com uréia ou uréia + Na₂S foram eficazes na redução dos teores de FDA e hemicelulose da forragem, fato esse não constatado quando o Na₂S foi utilizado como única fonte de tratamento.

2.3. Efeito da amonização sobre a digestibilidade “in vitro” e a degradabilidade “in situ” da matéria seca e dos constituintes da parede celular

A fração fibrosa das forragens é composta de uma estrutura dinâmica e complexa formada, principalmente, de celulose, hemicelulose e lignina. Esses componentes, em parte, apresentam-se ligados a substâncias consideradas tóxicas aos microrganismos do rúmen, como grupos acetil, ácidos fenólicos (ferúlico e p-cumárico) e urônicos, taninos e outros compostos aromáticos, que reduzem ainda mais o potencial de degradação da parede celular pelos microrganismos ruminais.

Em trabalhos desenvolvidos com amonização de palhadas, feno, resíduos da agroindústria e outros, tem-se relatado melhoria do valor nutritivo desses volumosos. De modo geral, tais pesquisas enfatizaram que o aumento de compostos nitrogenados, juntamente com as alterações na estrutura física da parede celular, principalmente solubilização da hemicelulose, promovem melhoria da digestibilidade dos materiais amonizados (GROTHER et al., 1985; FERREIRA et al., 1993; OLIVEROS et al., 1993; FISCHER et al., 1996; MOREIRA et al., 1996; ROSA et al., 1998; REIS et al., 1998b).

Segundo JUNG (1989), a lignina e, possivelmente, ésteres ligados a ácidos fenólicos são os principais fatores químicos que limitam a digestão ruminal dos polissacarídeos da parede celular. GOTO et al. (1993) observaram que a amônia fragiliza as estruturas internas e externas da parede celular, facilitando o acesso de microrganismo do rúmen ao seu substrato, a parede celular.

Em estudos com feno de capim-timóteo (*Phleum pratense* L.) colhido em estágio avançado de maturidade, sem ou com a aplicação de 3% de amônia anidra, CHIQUETTE et al. (1992), utilizando de microscopia eletrônica, não observaram nenhuma diferença aparente nos tecidos caulinares do feno tratado ou não-tratado. Contudo, após esses volumosos sofrerem incubação no rúmen por 48 horas, verificou-se claramente maior desorganização de todos os tecidos caulinares no feno amonizado.

BEN SALEM et al. (1994), utilizando palha de sorgo, verificaram que após 48 horas de incubação, em rúmen de carneiros, a degradabilidade “in situ” da matéria seca (DISMS) variou de 51,4 para 58,3 e 67,7% para palhada não-tratada, amonizada com uréia (5,3%, base da MS) ou amônia anidra (3,0%, base da MS), respectivamente. Nesse estudo foi constatado também que o coeficiente

de digestibilidade da palhada aumentou de 45,4 para 60,7 e 65,1% na fração fibra em detergente neutro (FDN) e de 50,2 para 63,2 e 66,7% na fração fibra em detergente ácido (FDA), quando foram fornecidas palhadas não-tratada e amonizada com uréia ou amônia anidra, respectivamente.

Ao utilizarem palha de arroz tratada com amônia anidra (0, 2 e 4%, base da MS), durante 30 dias, FERREIRA et al. (1990) verificaram que a digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) foi de 34,5; 44,9; e 48,0%, respectivamente. Já REIS et al. (1995) encontraram valores de 51,1; 66,9; e 59,8 na DIVMS da palha de arroz e de 41,1; 61,9; e 56,1 na DIVMS do capim-braquiária brizanta (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) colhido no estádio após a queda das semente, com ambos não-tratados e amonizados com amônia anidra (3,0%, base da MS) ou uréia (5,3%, base da MS), respectivamente.

Aumentos na degradabilidade “in situ” da matéria seca (DISMS), FDN (DISFDN) e FDA (DISFDA), em função da amonização em palhada de milho, foram observados por PAIVA et al. (1995c). Os aumentos relatados nesse estudo foram de 23,8 e 34,9% na DISMS, 31,6 e 42,9% na DISFDN e 25,0 e 35,0% na DISFDA, respectivamente, com as doses de 2 e 4% de amônia anidra, durante 35 dias de tratamento.

Segundo LEAL et al. (1994), o significativo aumento na DIVMS da palhada de sorgo amonizada ocorreu em razão do incremento do teor de nitrogênio e da remoção de lignina e microfibras cristalinas de celulose, os quais limitaram a digestão dos carboidratos estruturais pelos microrganismos do rúmen.

Em alguns trabalhos, no entanto, relatou-se que a amonização não provocou efeito na digestibilidade da matéria seca e, ou, sobre alguns constituintes da parede celular. PEREIRA et al. (1993), em estudos com feno de capim-braquiária, amonizado com uma dose de 3,0% de amônia anidra, em base da MS, não verificaram efeito da amônia sobre os coeficientes de digestibilidade da MS, FDN e hemicelulose. Também, NEIVA et al. (1998b), utilizando rolão de milho (75 a 80% de MS) tratado com amônia anidra (0 e 2,4%, base de MS), não constataram melhoria na digestibilidade aparente da MS devido à amonização. Todavia, a amonização causou efeito benéfico na digestibilidade aparente da FDN, elevando o seu valor de 57,4 para 68,9%.

As diferentes respostas obtidas pelo tratamento com amônia são fortemente influenciadas pela qualidade do material utilizado. Trabalhos de pesquisa têm indicado que o efeito da amonização é mais pronunciado em materiais que tenham baixa digestibilidade inicial (SUNDSTØL e COXWORTH, 1984). Os efeitos da amonização podem variar até mesmo dentro de uma mesma espécie, em seus diferentes cultivares (RAHAL et al., 1997).

Buscando melhorar o valor nutritivo dos volumosos por meio de tratamentos químicos, além da amonização, têm sido desenvolvidos alguns trabalhos com o uso do dióxido de enxofre (SO₂). O tratamento de forragens utilizando o SO₂ visou solubilizar partes da fração fibrosa da forragem ou mesmo potencializar os efeitos da amonização, principalmente no que tange à melhoria da digestibilidade das forragens amonizadas.

BEN-GHEDALIA e MIRON (1981), em estudos com palha de trigo tratada a 70°C por três dias com 5% de SO₂, verificaram aumento de 44,8 para 80% na digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica (DIVMO) da palha tratada; atribuíram esse aumento a uma completa solubilização da hemicelulose. DASS et al. (1993), utilizando palha de trigo amonizada com diferentes fontes de amônia, sem e com sulfeto de sódio acidificado com ácido sulfúrico 4 N, observaram aumentos na digestibilidade “in situ” da matéria seca e dos constituintes da parede celular, quando essas fontes foram tratadas com amônia ou sulfeto, observando-se efeitos mais pronunciados nos tratamentos combinados.

Contrastando com esses autores, LEAL et al. (1994) não encontraram aumentos na DIVMS quando o SO₂ foi utilizado como única forma de tratamento em palha de sorgo. Ao tratarem palha de cevada com 12, 25 e 40% de umidade e três doses de amônia anidra (0; 2,5; e 4,5%, base de MS), sem e com dióxido de enxofre, com quantidade suficiente para alvejar a palha, DRYDEN e LENG (1986) verificaram que, independentemente do teor de umidade, a aplicação de amônia anidra na dose de 4,5% aumentou a DISMS de 48 para 65%, em relação ao controle. Já a aplicação dessa mesma dose de amônia, juntamente com o SO₂, melhorou a eficiência da amonização, elevando a DISMS de 48 para 79%, em relação à palhada não-tratada. Todavia, segundo esses autores, a aplicação de dióxido de enxofre como única forma de tratamento não promoveu qualquer aumento na DISMS.

O melhoramento na degradabilidade da parede celular de forragens amonizadas parece estar associado a pequenas mudanças na composição da parede celular. Segundo GOTO e YOKOE (1996), há dois efeitos distintos que, juntos, agem para aumentar a degradabilidade de palhadas tratadas com amônia. Com relação ao primeiro, menciona-se a amônia agindo como um álcali e promovendo pequenas quebras nos interpolímeros que ligam estruturas contendo ligações do tipo éster. Isso resultaria num rompimento da estrutura da parede celular e em aumento na sua hidratação. O segundo refere-se à habilidade da amônia em formar complexo com a celulose, reduzindo a sua cristalinidade, através de rompimentos das pontes de hidrogênio; aumentando a sua fragilidade; e proporcionando melhor digestão enzimática. Esses fatores, juntos, provocam fragmentação mais rápida do material ingerido e melhoram a eficiência dos microrganismos no ataque às partículas.

O aumento da digestibilidade do material amonizado e o conseqüente incremento da disponibilidade de energia resultam em digestão mais rápida e menor tempo de passagem do alimento no trato digestivo, proporcionando melhor desempenho do animal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimento I - Efeito da amonização na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café

3.1.1. Local e material utilizado no experimento

O presente trabalho foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. O experimento ocorreu no período de 29/05 a 20/08/98, no qual se realizaram a coleta e o armazenamento das amostras. A umidade relativa e as temperaturas médias, máximas e mínimas registradas nesse período são apresentadas no Quadro 1.

A casca de café utilizada no experimento do presente trabalho foi proveniente de indústrias beneficiadoras de café, localizadas no sul do Estado de Minas Gerais. Nessas indústrias, o processamento do café é realizado por via seca, no qual, após a lavagem preliminar e a separação dos frutos em diferentes estádios de maturação, o grão é secado. Após a secagem, o café em coco, forma como o grão é colhido, é descascado, gerando proporções semelhantes de café beneficiado e casca (CAIELLI, 1984; VEGRO e CARVALHO, 1994). No Quadro 2 é apresentada a composição químico-bromatológica da casca de café utilizada nos Experimentos I e II.

Quadro 1 - Dados climáticos registrados durante o período experimental

| Meses | Temperatura (°C) | | | Umidade relativa do ar (%) |
|--------|------------------|--------|--------|----------------------------|
| | Máxima | Mínima | Médias | |
| Junho | 19,07 | 16,18 | 15,91 | 82,12 |
| Julho | 26,07 | 24,58 | 22,94 | 78,79 |
| Agosto | 22,18 | 10,77 | 21,52 | 82,18 |

Quadro 2 - Composição químico-bromatológica e digestibilidade “in vitro” da casca de café

| Componentes | % |
|--|-------|
| Matéria seca | 83,48 |
| Proteína bruta ¹ | 10,99 |
| Fibra em detergente neutro ¹ | 50,28 |
| Fibra em detergente ácido ¹ | 35,59 |
| Hemicelulose ¹ | 14,69 |
| Celulose ¹ | 22,72 |
| Lignina ¹ | 12,38 |
| Gordura ¹ | 1,62 |
| Carboidratos solúveis em álcool ¹ | 17,42 |
| Amido ¹ | 2,28 |
| Nitrogênio insolúvel em detergente neutro ² | 33,91 |
| Nitrogênio insolúvel em detergente ácido ² | 26,61 |
| Minerais ¹ | 7,44 |
| Digestibilidade “in vitro” da matéria seca ¹ | 59,46 |
| Digestibilidade “in vitro” da fibra em detergente neutro | 26,65 |

1. Valores em porcentagem da matéria seca.

2. Valores em porcentagem da proteína bruta.

3.1.2. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido segundo um esquema fatorial 4×2 , sendo quatro níveis de amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2) e dois níveis de umidade baixo (16%) e alto (30%), dispostos num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

A quantidade de amônia aplicada foi calculada em função da matéria seca (MS) do subproduto utilizado. Várias amostras simples foram coletadas, as quais foram homogeneizadas, formando uma amostra composta, na qual se determinou a MS do material original.

3.1.3. Aplicação da amônia anidra

A casca de café antes de ser amonizada foi espalhada sobre uma lona plástica, na qual foi realizada a sua homogeneização. Em seguida foram colocados 7,5 kg de casca em sacos plásticos, previamente etiquetados, com capacidade para 80 litros. À metade das unidades experimentais foi adicionado água, visando elevar o teor de umidade de 16 para 30%. A homogeneização da casca com água foi feita individualmente para cada unidade experimental. Nesse procedimento foram utilizados baldes plásticos com capacidade para 40 litros, efetuando-se a mistura entre a casca e a água, manualmente.

Foi utilizada em cada saco plástico uma mangueira plástica de 3/8", com extremidade inferior obstruída. Visando obter melhor distribuição da amônia no material, foram feitos furos, em torno de 5 mm, na parte da mangueira, que ficou em contato direto com a casca de café. Aproximadamente, 10 cm dessa mangueira foram projetados para o exterior de cada saco plástico, por onde foi feita a conexão com a mangueira que estava ligada ao botijão de amônia anidra. Em seguida, os sacos foram vedados com fitas plásticas adesivas, após prévia expulsão do ar.

A amonização foi realizada 18 a 24 horas após a montagem das unidades experimentais. Para aplicação da amônia anidra foi utilizado um cilindro com capacidade para 28 kg de amônia anidra. Esse cilindro foi colocado deitado, de modo a facilitar a saída da amônia, sobre uma balança eletrônica com capacidade

para 50 kg e precisão de 5 g. A quantidade de amônia aplicada foi controlada pela diferença de peso registrada na balança.

3.1.4. Coleta e preparo das amostras

Após um período de 82 dias de amonização, foram coletadas amostras referentes a cada unidade experimental. Destas foram retiradas várias amostras simples, sendo estas misturadas para formarem uma amostra composta. Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos etiquetados e fechados com prévia expulsão do ar, sendo, em seguida, armazenadas em “freezer” para posteriores análises.

Com a finalidade de não perder o nitrogênio proveniente da amonização, realizou-se a pré-secagem de todas as amostras por liofilização. O processo de liofilização consistiu na passagem direta de água do estado sólido para o gasoso. As amostras previamente pesadas foram colocadas no liofilizador, onde, por meio de um garrafão térmico, foi derramado nitrogênio líquido, congelando rapidamente a amostra. Em seguida, as amostras congeladas foram conectadas no aparelho liofilizador, no qual, por meio de vácuo, promoveu-se a sua desidratação. Findo o período de liofilização, as amostras foram novamente pesadas, e, pela diferença de pesos registrados antes e depois da liofilização obtiveram-se os valores das amostras secadas ao ar.

Realizada a pré-secagem, procedeu-se à moagem das amostras em moinho tipo “Willey”, utilizando peneira de 1 mm. Com a intenção de evitar uma possível contaminação por amônia de uma amostra que recebeu dose mais elevada de amônia anidra e de outra que tenha recebido dose menor ou mesmo daquelas que não foram amonizadas, a moagem foi realizada, respeitando-se a seqüência das doses de amônia.

Após a moagem, as amostras foram colocadas em vidros, identificados e armazenados em local fresco, até o momento de serem submetidas às análises químico-bromatológicas.

3.2. Experimento II - Efeito da amônia anidra e do sulfeto de sódio na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café com alta umidade

3.2.1. Local e material utilizado no experimento

Este estudo foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. O experimento compreendeu o período de 29/05 a 20/08/98, no qual se realizaram a coleta e o armazenamento das amostras. A umidade relativa e as temperaturas médias, máximas e mínimas registradas neste experimento encontram-se no Quadro 1.

A casca de café utilizada no experimento foi proveniente de indústrias beneficiadoras de café, localizadas no sul do Estado de Minas Gerais, conforme descrito no Experimento I.

3.2.2. Delineamento experimental

Este experimento foi conduzido de acordo o esquema fatorial 4×4 , sendo quatro níveis de amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2 %) e quatro níveis de sulfeto de sódio (0,0; 2,1; 3,1; e 4,1 %), dispostos num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

A quantidade de amônia aplicada foi calculada em função da matéria seca (MS) do subproduto utilizado. Várias amostras simples foram coletadas, as quais foram homogeneizadas, formando uma amostra composta, na qual se determinou a MS do material original.

3.2.3. Aplicação da amônia anidra

A casca de café, antes de ser amonizada, foi espalhada sobre uma lona plástica, na qual foi realizada a sua homogeneização. Em seguida foram colocados 7,5 kg de casca em sacos plásticos, previamente etiquetados, com capacidade para 80 litros. Em todas as combinações foi adicionado água, visando

elevar o teor de umidade de 16 para 30%. A homogeneização da casca com a água foi feita individualmente em cada uma das 48 unidades experimentais, utilizando-se o mesmo procedimento descrito no Experimento I. O sulfeto de sódio foi previamente diluído na água utilizada para reconstituir o teor de umidade da casca.

Na aplicação da amônia anidra, adotou-se a mesma metodologia empregada no Experimento I.

3.2.4. Coleta e preparo das amostras

Passado um período de 82 dias de amonização, os sacos plásticos foram abertos, coletando-se nessa ocasião várias amostras simples para cada unidade experimental, as quais foram misturadas, formando-se uma amostra composta. Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos etiquetados e fechados com prévia expulsão do ar, sendo, em seguida, armazenadas em “freezer” para posteriores análises.

Na pré-secagem e moagem das amostras, usaram-se os mesmos procedimentos descritos no Experimento I.

3.3. Análises químico-bromatológicas

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. Os teores de matéria seca (MS), nitrogênio total, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina; a digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS); e a digestibilidade “in vitro” da fibra em detergente neutro (DIVFDN) foram determinados de acordo os procedimentos descritos por SILVA (1990). Para determinação da DIVMS e DIVFDN, utilizou-se o método de duas etapas (96 horas de incubação). Já os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por LICITRA et al. (1996), sendo eles expressos como porcentagem do nitrogênio total NIDN/NT e NIDA/NT, respectivamente.

Os dados percentuais para retenção de nitrogênio (RN) na casca de café amonizada, em relação à não-amonizada, foram obtidos segundo os procedimentos descritos por PAIVA (1992), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$RN(\%) = [(\% NA - \% NB) / (\% NH_3 \times 0,8224)] \times 100$$

em que

RN (%) = retenção de nitrogênio expressa em porcentagem do nitrogênio adicionado;

%NA = porcentagem de N total no material amonizado;

%NB = porcentagem de N total no material não-amonizado;

%NH₃ = porcentagem de amônia anidra utilizada no tratamento; e

0,8224 = valor percentual de N na amônia anidra.

3.4. Análises estatísticas

Os resultados do Experimento I foram interpretados estatisticamente por meio das análises de variância e de regressão, adotando-se 1% de probabilidade. A escolha do melhor modelo foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, de Student, a 1% de probabilidade.

Os resultados do Experimento II foram interpretados estatisticamente, utilizando-se a metodologia de superfície de resposta. A escolha do modelo foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, de Student, a 1% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética), desenvolvido na UFV.

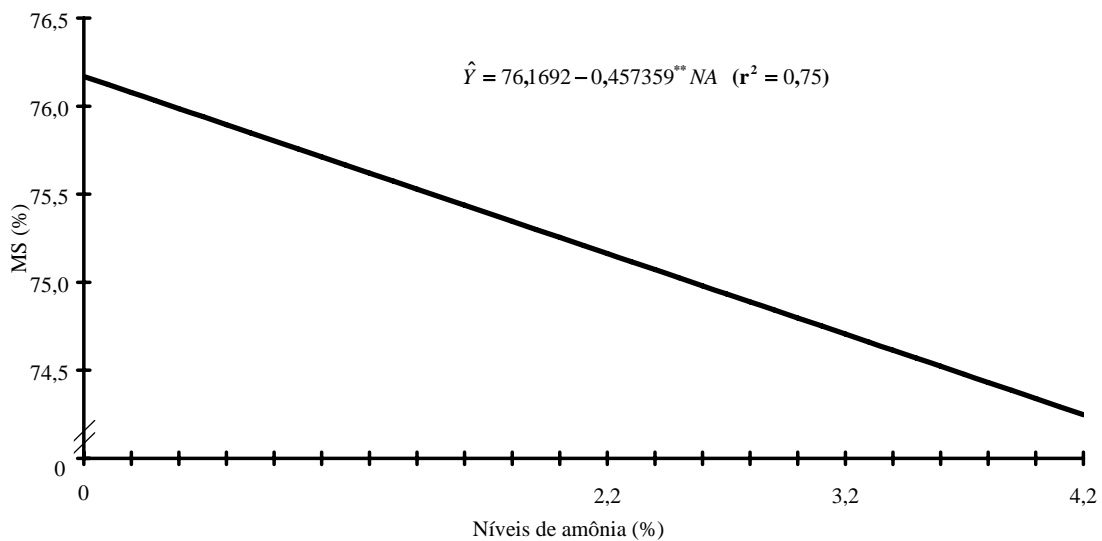
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I - Efeito da amonização na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café

4.1.1. Matéria seca

Ao proceder ao estudo da regressão polinomial, verificou-se efeito linear ($P < 0,01$) dos níveis de amônia anidra sobre o teor médio de matéria seca da casca de café (Figura 1), estimando-se uma redução de 0,457% no teor de MS para cada unidade de amônia adicionada. Isso pode ser atribuído, em grande parte, à alta afinidade pela umidade do ar em materiais tratados com amônia, como consequência de sua elevada higroscopicidade (Habers et al., 1982, citados por PAIVA, 1992).

Estudos desenvolvidos por PAIVA (1992), CHERMITI et al. (1994), CAMPOS (1995) e CÂNDIDO et al. (1998), respectivamente, com palhada de milho, palhada de sorgo, feno de alfafa e bagaço de cana amonizados, evidenciaram reduções nos teores de matéria seca do material tratado em relação ao testemunha. Entretanto, alguns resultados de pesquisa indicaram que a MS não é alterada pela amonização (MATHISON et al., 1989; SANTANA et al., 1997).



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 1 - Estimativa dos teores de matéria seca (MS) na casca de café em função de diferentes níveis de amônia anidra.

4.1.2. Proteína bruta e retenção de nitrogênio

Os valores médios de proteína bruta (PB) na casca de café, com ou sem elevação de seu teor de umidade, submetidos a diferentes níveis de amônia anidra, são apresentados no Quadro 3. A análise de variância detectou efeito ($P < 0,01$) dos níveis de amônia e da interação níveis de amônia e teor de umidade, não se constatando efeito ($P > 0,01$) do teor de umidade.

Apesar de se observar incremento no teor de proteína bruta com a elevação das doses de amônia, o aumento do teor de umidade da casca de café revelou efeito ($P < 0,01$) somente na dose de 2,2% de amônia anidra (Quadro 3).

A maior parte dos trabalhos de pesquisa tem evidenciado que o aumento de umidade dos materiais conduz a uma melhor retenção do nitrogênio aplicado durante o processo de amonização, promovendo, por conseguinte, maior teor de

Quadro 3 - Teores médios de proteína bruta na casca de café, com baixa e alta umidade, submetida a diferentes níveis de amônia anidra

| Teores de umidade | Proteína bruta (MS %) | | | | Médias |
|-------------------|-------------------------|---------|--------|--------|--------|
| | Níveis de amônia anidra | | | | |
| | 0,0 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | |
| Baixo | 10,99a | 21,45a | 26,62a | 30,34a | 22,35 |
| Alto | 11,60a | 23,24 b | 25,90a | 29,87a | 22,65 |
| Médias | 11,29 | 22,34 | 22,26 | 30,10 | 22,50 |

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste F a 1% de probabilidade.

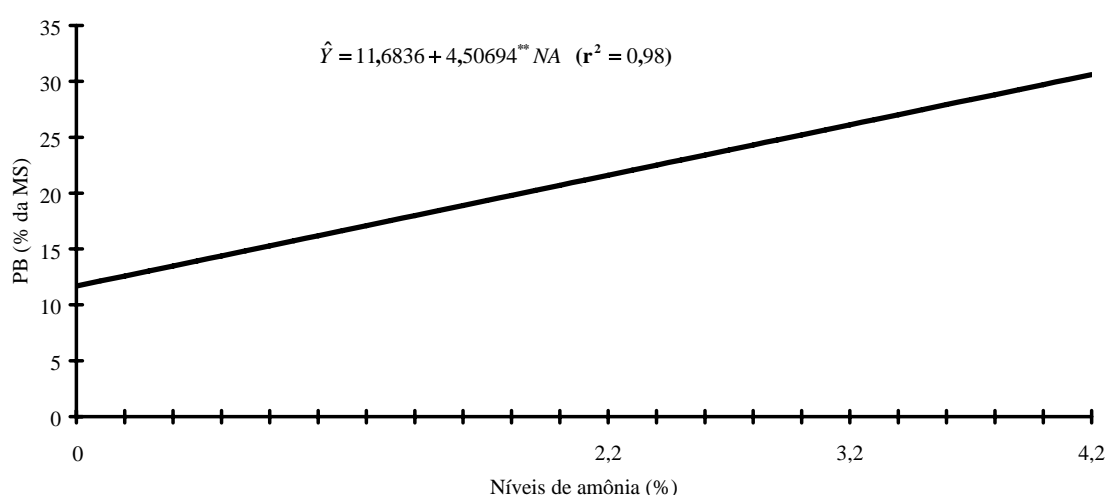
proteína bruta em relação àqueles materiais com baixo conteúdo de umidade inicial (DRYDEN e LENG, 1986; GROTHEER et al., 1986; FERREIRA et al., 1993). Já REIS et al. (1993b), trabalhando com feno de capim-braquiária, colhido após a degrana natural das sementes e tratado com amônia anidra (1,5 e 3,0%, base da MS) e dois teores de umidade (14,0 e 19,0%), não encontraram efeito do teor de umidade sobre o teor de proteína bruta dos fenos amonizados.

Uma vez que o nitrogênio é retido por meio de uma reação da amônia com a água dos materiais e, ou, com uma reação de amonólise, a retenção de nitrogênio (RN) seria, portanto, limitada primeiramente pela quantidade de água presente no material e depois pelo número de ligações ésteres suscetíveis à amonólise (TEIXEIRA, 1990). Segundo SCHNEIDER e FLACHOWSKY (1990), em condições práticas, a quantidade de amônia adicionada, o conteúdo de umidade da palhada e a temperatura durante o tratamento são os fatores mais importantes que influenciam o efeito da amonização em palhadas.

Na Figura 2, mostram-se as variações nos teores de PB em função dos níveis de amônia, da respectiva equação de regressão e do coeficiente de determinação. O estudo de regressão dessa variável foi realizado, utilizando-se a técnica

de identidade de modelos. Observou-se resposta linear ($P < 0,01$) com a adição de doses crescentes de amônia, nos teores de PB. Aumentos nos valores de PB, em decorrência do processo de amonização, são consistentes em diversos trabalhos de pesquisa. Ao tratarem feno de capim “coast-cross”, palha de aveia, palha de triticale e casca de arroz com amônia anidra (3%, base da MS), GROSSI et al. (1993) observaram aumentos nos teores médios de PB de 85,9; 91,7; 248,3; e 254,8%, respectivamente. Todavia, a magnitude desses aumentos foi amplamente variável, o que pode ser devido a vários fatores, como doses de amônia aplicada, temperatura ambiente e qualidade e umidade inicial do material, dentre outros.

Os dados relativos à retenção de nitrogênio (RN) na casca de café tratada com diferentes níveis de amônia e dois teores de umidade podem ser observados no Quadro 4. A análise de variância não detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia, do teor de umidade e da interação níveis de amônia anidra e teor de umidade.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

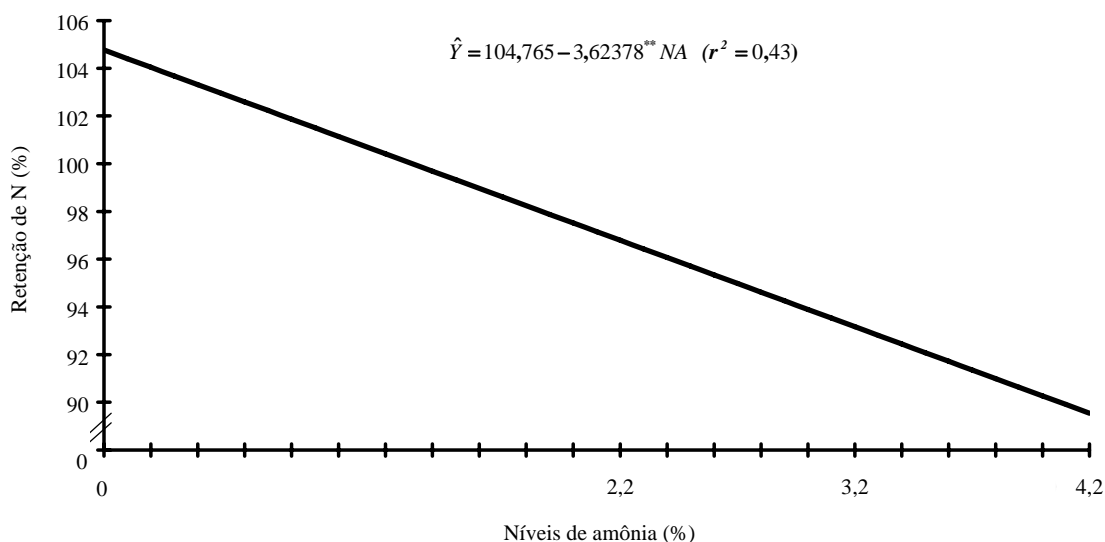
Figura 2 - Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) na casca de café em função dos diferentes níveis de amônia anidra.

Observou-se alta retenção do nitrogênio aplicado, tanto na casca de café com 16% de umidade (baixa umidade) quanto naquela com 30% (alta umidade). A análise de regressão indicou efeito linear ($P < 0,01$) das doses de amônia sobre a retenção de nitrogênio (Figura 3), estimando-se uma redução de 3,62% para cada unidade de amônia aplicada.

Ao tratarem palha de arroz com 2 e 4% de amônia anidra, por um período de 30 dias, FERREIRA et al. (1990) observaram retenção de nitrogênio de 35,4 e 23,9%, respectivamente. Já SCHNEIDER e FLACHOWSKY (1990), em estudos com palha de trigo tratada com amônia anidra (1,5; 3,0; e 4,5%, base da MS), verificaram RN de 89, 67 e 51%, respectivamente. Estes autores observaram também melhoria na retenção de nitrogênio quando o conteúdo de umidade da palhada foi elevado de 12 para 30%.

Quadro 4 - Valores médios de retenção de nitrogênio (RN), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) na casca de café submetida a diferentes níveis de amônia anidra

| Componentes | Níveis de amônia anidra (%) | | | | Médias |
|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | 0,0 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | |
| RN | - | 96,37 | 94,02 | 89,12 | 93,17 |
| NIDN/NT | 33,07 | 19,13 | 19,00 | 16,52 | 21,93 |
| NIDA/NT | 26,36 | 14,11 | 12,42 | 11,45 | 16,09 |



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 3 - Estimativa dos valores de retenção de nitrogênio (RN) na casca de café em função dos diferentes níveis de amônia anidra.

A exemplo do teor de proteína bruta, os resultados da maioria das pesquisas com material amonizado indicaram grande variação nos valores de retenção de nitrogênio, o que pode ser atribuído aos mesmos fatores relacionados aos aumentos nos teores de PB, como doses de amônia aplicadas e qualidade e umidade inicial do material, dentre outros.

4.1.3. Nitrogênio insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido

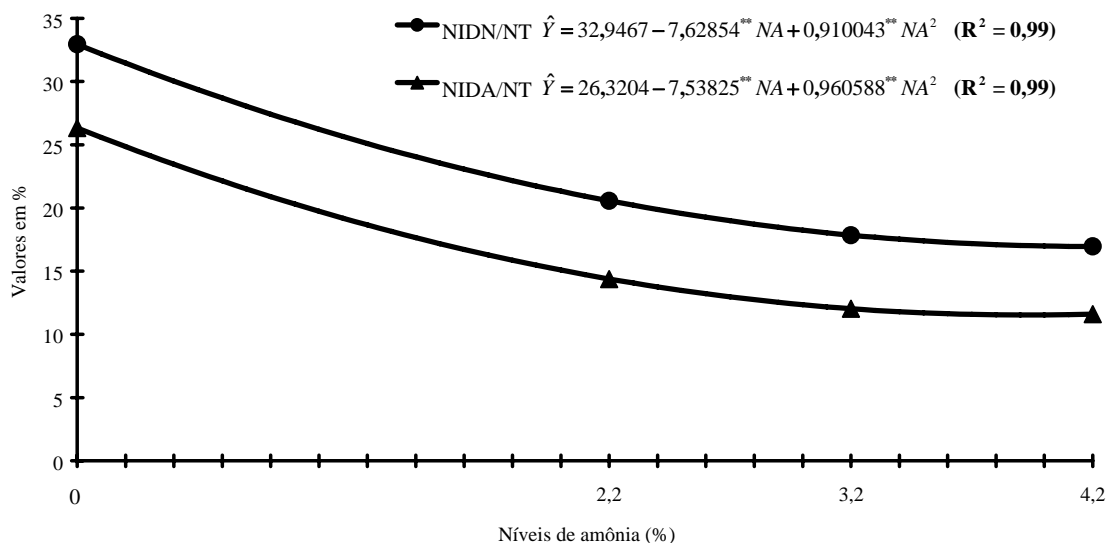
Os dados relativos aos teores de NIDN e NIDA, em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e (NIDA/NT), respectivamente, são apresentados no Quadro 4. A análise de variância detectou efeito dos níveis de amônia para o NIDN/NT e NIDA/NT, não se constatando efeito ($P > 0,01$) do teor de umidade e da interação níveis de amônia e teor de umidade em ambas as variáveis.

Um ponto importante a ser destacado refere-se ao alto teor de NIDN/NT ($\bar{X} = 33,0\%$) e NIDA/NT ($\bar{X} = 26,0\%$) encontrado na casca de café não-tratada. De modo geral, os volumosos e subprodutos agrícolas apresentaram alto teor de nitrogênio ligado a componentes da parede celular. Valores de 64,4% de NIDN/NT e 58,9% de NIDA/NT em fenos de gramíneas, em estágio de maturação das sementes, foram registrados por REIS et al. (1998a). Os altos valores dessas frações nos volumosos, em geral, constituem-se em um problema, uma vez que, além de conterem baixo conteúdo de nitrogênio, a presença dessas formas indicam baixo aproveitamento do nitrogênio pelos microrganismos do rúmen (VAN SOEST e MASON, 1991; LICITRA et al., 1996).

No estudo de regressão, constatou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de amônia sobre os valores de NIDN/NT e NIDA/NT (Figura 4), estimando-se valores mínimos de 16,96 e 11,53% nos níveis de 4,19 e 3,92% de amônia anidra, para as respectivas variáveis.

Estimando a quantidade de nitrogênio disponível ($ND = NT - NIDA$), verificaram-se valores médios de ND de 1,33; 3,07; 3,67; e 4,25, nas doses de 0,0; 2,2; 3,2; e 4,2% de amônia anidra, respectivamente. Isso demonstra que a adição de nitrogênio não-protéico, através do tratamento com amônia anidra, promoveu diluição do conteúdo de NIDN e NIDA, aumentando a quantidade de N disponível para a síntese de proteína microbiana. Resultados semelhantes foram registrados por REIS et al. (1990a, 1998a), CAMPOS (1995) e SOUZA et al. (1998). Segundo esses autores, a aplicação de amônia anidra provocou efeitos positivos sobre a fração nitrogenada dos volumosos testados, havendo maior disponibilidade de nitrogênio solúvel.

Diferente dos resultados obtidos no presente trabalho, LINES e WEISS (1996), ao tratarem feno de alfafa (16% de umidade) com 2% de amônia anidra, por um período de três semanas, verificaram que o valor de NIDN/NT aumentou de 15,0 para 30,8%; o teor de NIDA/NT permaneceu constante. Já PAIVA et al. (1995a), utilizando palhada de milho amonizada com 0, 2 e 4% de amônia anidra, relataram que o teor de NIDA/NT aumentou com a elevação das doses. Esses autores observaram também correlação positiva ($r = 0,71$; $P < 0,01$) entre os teores de nitrogênio total e NIDA/NT, indicando que parte do nitrogênio adicionado à palhada de milho ligou-se covalentemente a algum constituinte da parede celular.



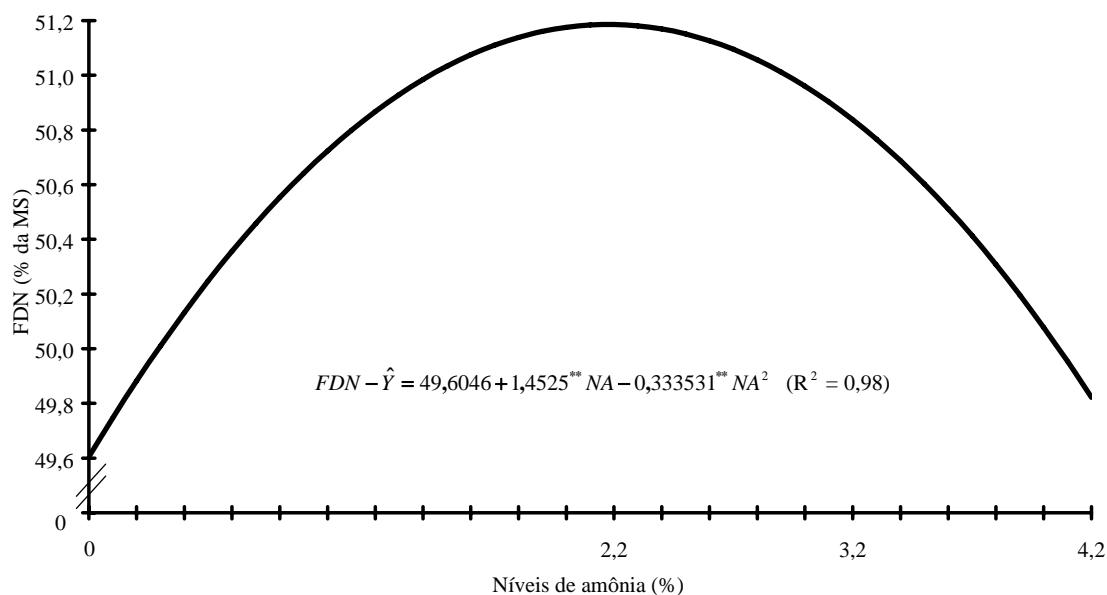
** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 4 - Estimativa dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) na casca de café, em função dos diferentes níveis de amônia anidra.

4.1.4. Fibra em detergente neutro e hemicelulose

A análise de regressão revelou efeito quadrático ($P < 0,01$) na fração FDN (Figura 5), estimando-se máximo valor (52,28%) para o nível de 2,19% de amônia anidra. Já com relação aos teores de hemicelulose, a análise de regressão não detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia sobre essa variável, estimando-se um valor médio de 14,70% (Figura 6).

O aumento no conteúdo da FDN em materiais amonizados pode ser explicado, em grande parte, pelo nitrogênio proveniente da amônia que fica retido na parede celular na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (LINES e WEISSES, 1996), conforme constatado no presente estudo.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 5 - Estimativa dos teores da fibra em detergente neutro (FDN) na casca de café em função dos diferentes níveis de amônia anidra.

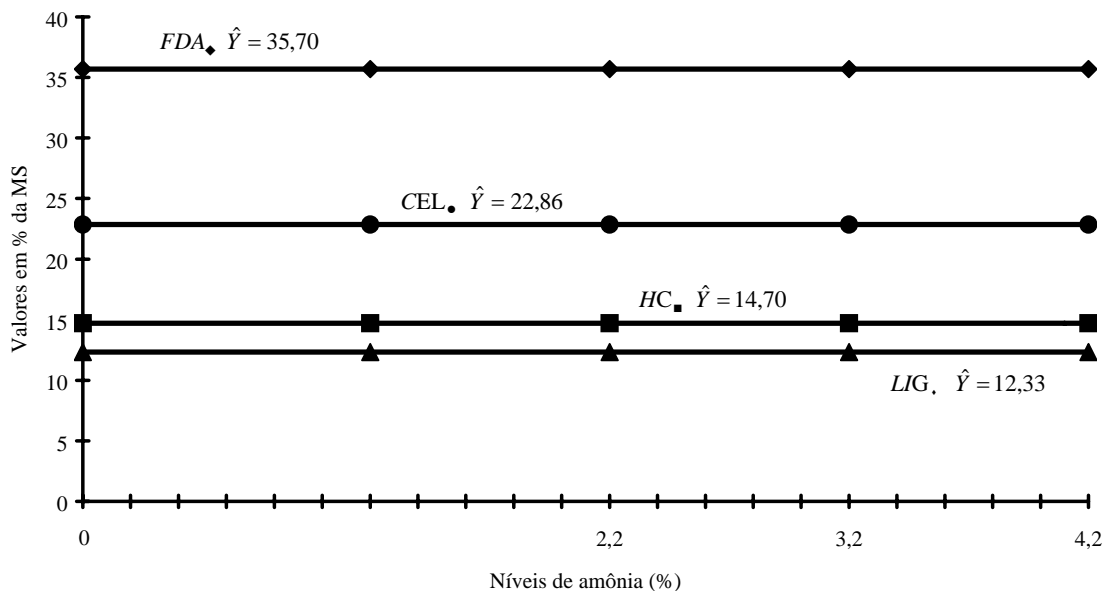
Já BROWN e ADJEI (1995), em estudos com feno de capim-guiné (*Panicum maximum*) com 25 e 40% de umidade e tratado com uréia (0, 4, 6 e 8%) durante um período de 60 dias, não observaram efeito da amonização nos teores de FDN e hemicelulose. TEIXEIRA (1990), em estudos com capim-elefante em estágio de maturação avançado e tratado com 1,5 e 3,0% de amônia anidra por 30 dias de tratamento, também não observou efeito da amonização sobre o conteúdo de hemicelulose.

Apesar de esses trabalhos terem apresentado pequeno aumento ou não alteração no conteúdo de FDN e, ou, hemicelulose, boa parte dos resultados de pesquisa revelou diminuição no teor de FDN dos volumosos submetidos à amonização, sendo essa redução, na maioria das vezes, atribuída a uma solubilização parcial da hemicelulose.

4.1.5. Fibra em detergente ácido, celulose e lignina

A análise de regressão não detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia anidra sobre teores de FDA, celulose e lignina (Figura 6), estimando-se valores médios de 35,70; 22,86; e 12,33%, para as respectivas variáveis.

Em vários trabalhos, como os de NASEEVEN e KINCAID (1992), PAIVA et al. (1995b), LINES et al. (1996) e ROSA et al. (1998), também não se detectou efeito da amonização sobre essas variáveis. Segundo KLOPFENSTEIN (1978), os produtos alcalinos, como a amônia anidra, solubilizam a hemicelulose e, normalmente, não promovem a hidrólise da celulose e lignina.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 6 - Estimativa dos teores da fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HC), celulose (CEL) e lignina (LIG) na casca de café em função dos diferentes níveis de amônia anidra.

Em outros trabalhos, relatou-se diminuição no conteúdo de FDA (REDDY et al., 1993; HAI e SINGH, 1994), celulose (GROSSI et al., 1993; PIRES et al., 1998) e lignina (PEREIRA et al., 1993; BROWN e ADJEI, 1995; REIS et al., 1998a), enquanto outros apresentaram aumentos nas frações FDA, celulose e, ou, lignina (BIRKELO et al., 1986; GIVENS et al., 1988; REIS et al., 1993a; NEIVA et al., 1998a).

Os aumentos nos conteúdos de FDA, celulose e lignina, observados nesses trabalhos, geralmente estavam associados à solubilização de um ou mais constituintes da parede celular e ao fato de os resultados obtidos serem expressos em termos percentuais da matéria seca, o que resulta em aumentos relativos nas frações não-solubilizadas durante o tratamento (SOLAIMAN et al., 1979; GIVENS et al., 1988). Esses aumentos podem ocorrer, ainda, devido à reação de Maillard e ao aumento do nitrogênio ligado à fração FDA em forragens amonizadas (VAN SOEST e MASON, 1991).

Em decorrência de o teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido ter aumentado em função dos níveis de amônia aplicados, poderia ser esperado aumento no conteúdo de FDA e lignina, fato esse não observado. Resultados semelhantes foram observados por BIRKELO et al. (1986), PAIVA et al. (1995b) e REIS et al. (1998b), em estudos com diferentes volumosos amonizados.

4.1.6. Digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN)

Ao submeter os valores da DIVMS e DIVFDN à análise de variância, não se detectou efeito do nível de amônia anidra e do teor de umidade, bem como da interação de níveis de amônia e do teor de umidade. No Quadro 5 são apresentados os valores médios da DIVMS na casca de café, sem ou com elevação do teor de umidade, submetida a diferentes níveis de amônia anidra.

A análise de regressão não detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia para essa variáveis. Apesar de a amonização ter promovido aumento considerável no teor de proteína bruta e diminuição na relação de NIDN/NT e NIDA/NT na

casca de café, essas mudanças não foram suficientes para melhorar a DIVMS da casca de café, cujo teor médio geral foi de 59,52%.

A amonização também não melhorou a DIVFDN, o que pode ser explicado, em parte, pela ineficiência da amônia agindo sobre os constituintes da parede celular da casca de café. Já os baixos valores da DIVFDN, encontrados nesse resíduo, parecem estar associados, entre outros, aos altos teores de lignina presentes na sua fração fibrosa. Segundo JUNG (1989), a lignina é um dos principais fatores que podem limitar a digestão dos polissacarídeos da parede celular.

Aumentos na DIVMS de volumosos tratados com amônia anidra ou uréia, relatados em diversos trabalhos, são relacionados, geralmente, a um aumento no teor de nitrogênio total e a uma diminuição no conteúdo da fibra em detergente neutro e hemicelulose. Esses fatores, juntos, promovem uma melhor atividade dos microrganismos do rúmen, em função do aumento da disponibilidade de energia e de compostos nitrogenados, os quais podem influenciar positivamente o aumento da digestibilidade dos volumosos e subprodutos em geral (FERREIRA et al., 1993; REIS et al., 1995; FISCHER et al., 1996; REIS et al., 1998b).

Quadro 5 - Valores médios da digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN) submetidas a diferentes níveis de amônia anidra

| Componentes | Níveis de amônia anidra (%) | | | | Médias |
|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | 0,0 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | |
| DIVMS | 60,06 | 59,30 | 59,22 | 60,00 | 59,52 |
| DIVFDN | 29,59 | 29,01 | 28,03 | 28,84 | 28,90 |

Nem sempre a amonização tem promovido aumentos na digestibilidade de forragens e, ou, subprodutos da agroindústria. Isso está diretamente relacionado com o método empregado, com as condições ambientais e com o tipo e qualidade inicial do material utilizado. Os efeitos da amonização são mais pronunciados em materiais que tenham baixa qualidade inicial em comparação com aqueles de maior valor nutritivo, podendo variar para uma mesma espécie entre os diferentes cultivares (MALES 1987; RAHAL et al., 1997).

4.2. Experimento II - Efeito dos níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café com alta umidade

4.2.1. Matéria seca

Ao submeter os dados referentes aos teores de matéria seca (MS) à técnica de superfície de resposta, não se detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio.

Boa parte dos trabalhos indicaram diminuição no teor de MS à medida que se aumentaram os níveis de amônia (CAMPOS, 1995; CÂNDIDO et al., 1998). Essa redução foi atribuída, em grande parte, à alta afinidade da amônia com a umidade do ar. Todavia, algumas pesquisas evidenciaram que não ocorrem alteração no teor de MS em função das doses de amônia aplicadas (MATHISON et al., 1989; GLENN et al., 1990; CHIQUETTE et al., 1992; LINES et al., 1996).

A não-alteração do teor de MS observado neste trabalho pode ter ocorrido em função de a casca de café utilizada ter apresentado alto teor de umidade inicial (30%).

Outro fato importante que deve chamar a atenção refere-se à preservação do material utilizado quanto ao ataque de microrganismos, que podem comprometer a qualidade desses materiais. Por meio de observações visuais, verificou-se que a aplicação de amônia anidra nos níveis de 2,2; 3,2; e 4,2% foi eficiente na preservação da casca de café com alta umidade. Já no nível zero de

amônia e naquelas combinações em que foram utilizados apenas sulfeto de sódio como única forma de tratamento químico, foi constatado, no momento da abertura dos sacos, ampla contaminação por bolores.

O desenvolvimento de microrganismos como fungos, leveduras e bactérias em materiais armazenados com alta umidade geralmente promove perdas de MS, açúcares, hemicelulose e outros componentes das forragens, além de provocar decréscimos na digestibilidade da proteína bruta e do extrato não-nitrogenado (Knapp et al., 1975, citados por NEIVA, 1995).

4.2.2. Proteína bruta e retenção de nitrogênio

Ao submeter os valores de proteína bruta e retenção de nitrogênio à técnica de superfície de resposta, observou-se efeito ($P < 0,01$) dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio em ambas as variáveis.

Os valores médios de PB encontram-se no Quadro 6. Na Figura 7, mostra-se o comportamento dos valores de PB em função dos níveis de amônia (N) e sulfeto (S), estimados pela seguinte equação de regressão: $\hat{Y} = 12,7687 + 4,87664^{**} N - 0,221145^{**} N^2 - 0,486246^{**} S$ ($R^2 = 0,99$).

Foram observados incrementos consideráveis nos teores de proteína bruta da casca de café à medida que se elevaram as doses de amônia anidra.

Os aumentos nos teores de PB em materiais amonizados foram consistentes em vários trabalhos de pesquisa (BIRKELO et al., 1986; FERREIRA et al., 1990; BROWN e ADJEL, 1995; NEIVA et al., 1998a; SANTANA et al., 1997). Esses incrementos ocorreram em função da liberação de compostos nitrogenados provenientes da amônia anidra, amônia líquida ou uréia durante o processo de amonização. Contudo, a magnitude desses aumentos apresentou grande variação, o que pode ser atribuído às diferentes condições de tratamento, como níveis de amônia aplicados, temperatura ambiente, teor de umidade, período de amonização e qualidade do material, dentre outros. Em condições práticas, as doses de amônia aplicadas, o teor de umidade inicial e a temperatura ambiente foram os fatores mais importantes a influenciar o efeito da amonização em palhadas (SCHNEIDER e FLACHOWSKY, 1990).

Com relação ao uso do sulfeto de sódio, este não promoveu aumentos nos teores de proteína bruta, nem melhorou a retenção do nitrogênio na casca de café amonizada. Os teores médios de PB estimados em função dos níveis de amônia (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2%) e de sulfeto de sódio foram de 12,8; 22,4; 26,1; 29,3; e 10,7; 20,4; 24,1; e 27,6% da MS, respectivamente nos níveis de 0,0 e 4,1% de sulfeto.

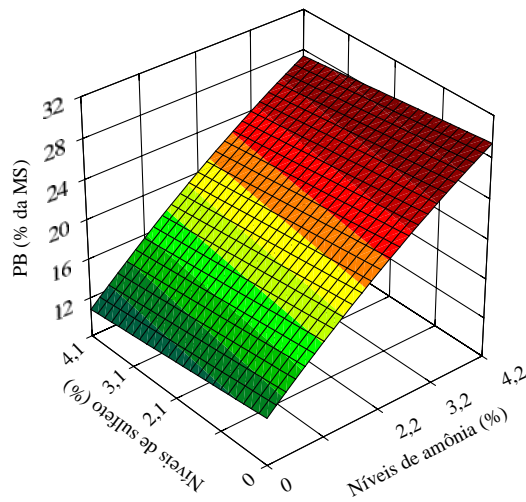
Esses resultados contrastam com os encontrados por DRYDEN e LENG (1988), que verificaram melhoria significativa na retenção de nitrogênio quando o SO₂ foi aplicado junto com a amônia anidra, aumentando, por conseguinte, o teor de proteína bruta da palhada de cevada.

Os valores da retenção de nitrogênio (RN) em função dos níveis de amônia e sulfeto, estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 114,610 - 6,41000^{**} N - 3,32963^{**} S$ ($r^2 = 0,93$), encontram-se na Figura 8. Observando o comportamento desses dados, verificou-se diminuição na RN à medida que se elevaram os níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio.

Observou-se alta retenção do nitrogênio aplicado tanto na casca de café tratada com amônia anidra quanto naquela tratada com amônia anidra + sulfeto de sódio. Os valores médios, estimados em função dos níveis de amônia (2,2; 3,2; e 4,2%) e de sulfeto de sódio, foram de 100,5; 94,0; 87,7%; 86,9; 80,4; e 74,0%, respectivamente, nos níveis de 0,0 e 4,1% de sulfeto.

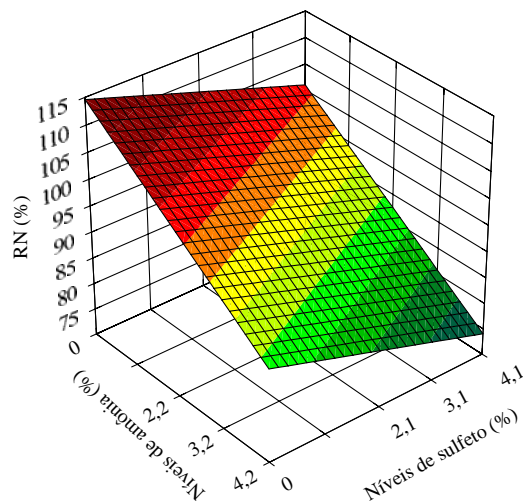
Quadro 6 - Teores médios de proteína bruta na casca de café com alta umidade submetida a diferentes níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio

| Níveis de sulfeto de sódio (% MS) | Proteína bruta (% MS) | | | | Médias |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | Níveis de amônia anidra | | | | |
| | 0,0 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | |
| 0,0 | 11,60 | 23,24 | 25,90 | 29,87 | 22,65 |
| 2,1 | 12,05 | 21,49 | 24,48 | 28,46 | 21,62 |
| 3,1 | 11,53 | 21,28 | 24,09 | 28,12 | 21,25 |
| 4,1 | 11,22 | 20,18 | 24,08 | 26,94 | 20,60 |
| Médias | 11,60 | 21,54 | 24,64 | 28,35 | 21,53 |



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 7 - Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) em função dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio na casca de café com alta umidade.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 8 - Estimativa dos valores da retenção de nitrogênio (RN) em função dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio na casca de café com alta umidade.

Os altos valores de retenção de nitrogênio podem ter ocorrido em função do elevado teor de umidade da casca de café utilizada (30%). Outra explicação para os diferentes valores de RN encontrados em diferentes materiais refere-se aos pontos de ligação para o nitrogênio (N). Segundo Wylie e Steem (1988), citados por PAIVA (1992), os volumosos em geral apresentam diferentes números de “sítios” de ligação para o N. Todavia, com a elevação das doses de amônia, ocorre, em determinado momento, saturação desses “sítios”, não permitindo mais que o nitrogênio adicionado seja retido nessa forragem.

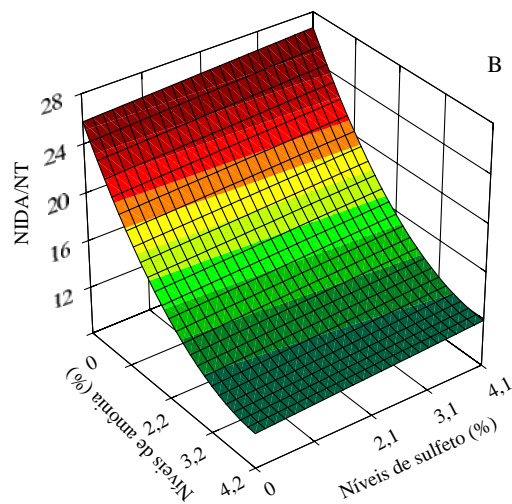
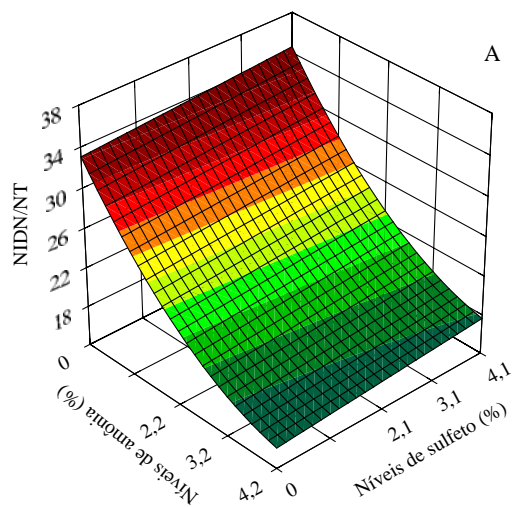
4.2.3. Nitrogênio insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido

Ao submeter os valores de NIDN e de NIDA em relação ao conteúdo de nitrogênio total à técnica de superfície de resposta, observou-se efeito ($P < 0,01$) dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio, em ambas as variáveis.

O comportamento dos valores de NIDN/NT e NIDA/NT estimados pelas equações $\hat{Y} = 33,0532 - 6,97151^{**}N + 0,69796^{**}N^2 + 0,376318^{**}S$ ($R^2 = 0,98$) e $\hat{Y} = 25,7641 - 6,94722^{**}N + 0,812595^{**}N^2 + 0,231762^{**}S$ ($R^2 = 0,99$), respectivamente, pode ser verificado pelos dados da Figura 9. Como pode ser observado nesta figura, valores de NIDN/NT e NIDA/NT apresentaram decréscimos acentuados com a elevação dos níveis de amônia anidra. Entretanto, ao fixar os níveis de amônia, verificaram-se acréscimos de 0,376318 e 0,231762 nos teores de NIDN/NT e NIDA/NT, respectivamente, em cada unidade de sulfeto.

Os decréscimos nos teores de NIDN/NT e NIDA/NT encontrados no presente trabalho, decorrentes do processo de amonização, evidenciaram que a adição do nitrogênio não-protéico, através da amônia anidra, aumentou a quantidade de nitrogênio disponível para a síntese de proteína microbiana.

Resultados semelhantes a esses também foram observados por REIS et al. (1998a), que, ao tratarem fenos produzidos de capim-braquiária e capim-jaraguá, em estágio de maturação das sementes, com amônia anidra (0 ou 3% da MS), encontraram valores de 64,4 e 22,5 de NIDN/NT e de 57,9 e 20,5% de NIDA/NT, respectivamente, com as doses aplicadas.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 9 - Estimativa dos valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro, em relação ao nitrogênio total (A), e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, em relação ao nitrogênio total (B), na casca de café com alta umidade submetida a diferentes níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio.

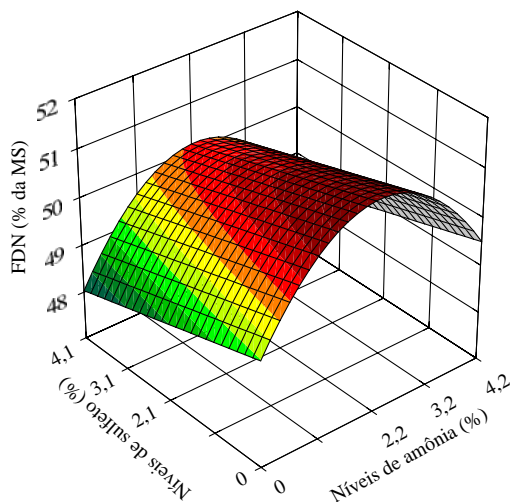
4.2.4. Fibra em detergente neutro e hemicelulose

Ao submeter os dados referentes aos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de hemicelulose à técnica de superfície de resposta, detectou-se efeito ($P < 0,01$) dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio em ambas as variáveis.

O comportamento dos valores da FDN estimados pela equação $\hat{Y} = 49,2135 + 1,94655^{**} N - 0,447651^{**} N^2 - 0,288994^{**} S$ ($R^2 = 0,69$) pode ser verificado pela Figura 10. Ao avaliar níveis de amônia dentro de cada nível de sulfeto, constatou-se que, nos níveis de 0,0; 2,1; 3,1; e 4,1% de sulfeto, os teores máximos de FDN foram, respectivamente, de 51,33; 50,72; 50,43; e 50,14% quando foram aplicados 2,17% de amônia anidra. Aumentos nos teores de FDN e também de FDA podem ser explicados, em parte, pelo nitrogênio proveniente da amônia, que passa a se incorporar na parede celular na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido, durante o processo de amonização.

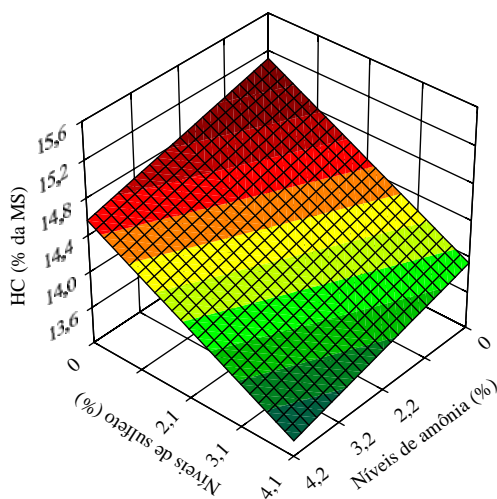
Já com relação aos teores de hemicelulose, na casca de café, a aplicação de amônia anidra e de sulfeto promoveu respostas diferentes daquelas encontradas em FDN. O comportamento da variação nos teores de hemicelulose estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 15,1139 - 0,131925^{**} N - 0,289109^{**} S$ ($r^2 = 0,54$) pode ser verificado pela Figura 11. Observa-se, nessa figura, diminuição no conteúdo de hemicelulose à medida que aumentam as doses de amônia anidra e de sulfeto de sódio, sendo essas reduções mais pronunciadas com a elevação das doses de sulfeto. De acordo com a equação de regressão, foram observadas reduções de 3,6; 7,8; e 11,7% com a aplicação de 4,2% de amônia + 0,0% de sulfeto; 4,1% de sulfeto + 0,0% de amônia; e 4,2% de amônia + 4,1% de sulfeto, respectivamente.

BEN-GHEDALIA e MIRON (1984), em estudos com palha de trigo tratada com 4,0% de dióxido de enxofre a 70°C, durante um período de 72 horas, verificaram redução no conteúdo de FDN de 78,5 para 55,5%. Os referidos autores atribuíram essa redução à solubilização parcial da parede celular. Já NASEEVEN e KINCAID (1992), ao utilizarem palha de trigo tratada com amônia anidra (0 e 3,5% da MS) e com várias doses de enxofre (0, 2, 3, 4 e 5% da MS), verificaram que, apesar de o conteúdo de hemicelulose ter sido reduzido



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 10 - Estimativa dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) em função dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio na casca de café com alta umidade.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 11 - Estimativa dos teores de hemicelulose (HC) em função dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio na casca de café com alta umidade.

pela amonização, a utilização do dióxido de enxofre nas diferentes doses estudadas foi ineficiente na redução do conteúdo de hemicelulose.

4.2.5. Fibra em detergente ácido, celulose e lignina

Os teores médios de fibra em detergente ácido (FDA) são apresentados no Quadro 7. Ao submeter esses dados à técnica de superfície de resposta, não se detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia anidra e níveis de sulfeto de sódio. Já em relação aos teores de celulose e lignina, detectou-se efeito ($P < 0,01$) dos níveis de amônia e de sulfeto, em ambas as variáveis.

Os resultados registrados para FDA corroboram aqueles obtidos por NASEEVEN e KINCAID (1992), PAIVA et al. (1995b), MOREIRA et al. (1996) e ROSA et al. (1998).

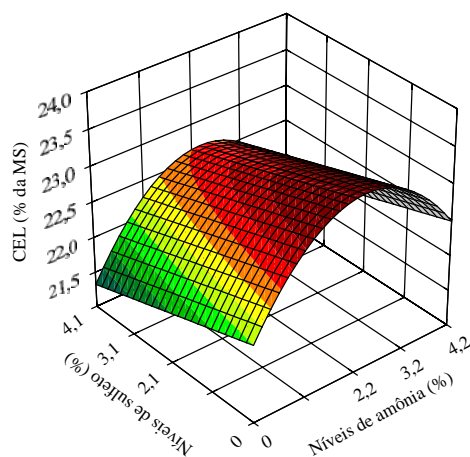
O comportamento dos valores de celulose e lignina estimados pelas equações $\hat{Y} = 22,0793 + 1,16464^{**} N - 0,254566^{**} N^2 - 0,184615^{**} S$ ($R^2 = 0,77$) e $\hat{Y} = 11,5146 + 0,449239^{**} N - 0,0699731^{**} N^2 + 0,188334^{**} S$ ($R^2 = 0,50$), respectivamente, estão representados, graficamente, nas Figuras 12 e 13. Ao avaliar níveis de amônia dentro de cada nível de sulfeto, constatou-se que, nos níveis de 0,0; 2,1; 3,1; e 4,1% de sulfeto, os teores máximos de celulose foram de 23,41; 23,02; 22,84; e 22,65%, respectivamente, quando se aplicaram 2,29% de amônia anidra.

Já em relação aos teores de lignina (Figura 13), verificou-se que estes aumentaram em função dos níveis crescentes de amônia anidra e de sulfeto de sódio. DRYDEN e LENG (1988), em estudos com palha de cevada tratada com 9,5% de amônia anidra + dióxido de enxofre, verificaram redução no conteúdo de celulose de 41,9 para 35,3%. Eles verificaram, também, aumento no conteúdo de lignina tratada com amônia ou SO_2 .

Além do pequeno número de pesquisas realizadas com sulfeto de sódio e dióxido de enxofre, os resultados obtidos com a utilização desses produtos sobre os constituintes da parede celular dos volumosos, em geral, têm sido contraditórios.

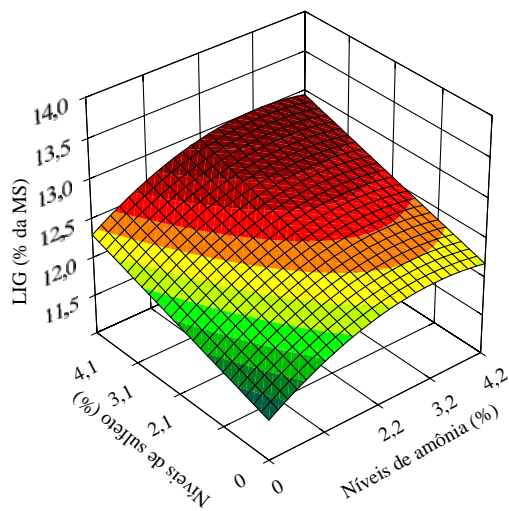
Quadro 7 - Teores médios da fibra de detergente ácido (FDA) na casca de café com alta umidade submetida a diferentes níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio

| Níveis de sulfeto de sódio | FDA (% MS) | | | | Médias |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | Níveis de amônia anidra | | | | |
| | 0,0 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | |
| 0,0 | 34,61 | 35,86 | 35,99 | 35,19 | 35,44 |
| 2,1 | 34,24 | 35,55 | 36,67 | 35,49 | 35,49 |
| 3,1 | 33,88 | 35,93 | 36,71 | 34,49 | 35,25 |
| 4,1 | 34,60 | 36,17 | 36,84 | 34,50 | 35,53 |
| Médias | 34,30 | 35,88 | 36,55 | 34,98 | 35,43 |



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 12 - Estimativa dos teores de celulose (CEL) em função dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio na casca de café com alta umidade.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 13 - Estimativa dos teores de lignina (LIG) em função dos níveis de amônia anidra e de sulfeto de sódio na casca de café com alta umidade.

4.2.6. Digestibilidade “in vitro” da matéria seca

No Quadro 8 são apresentados os valores médios da DIVMS da casca de café com alta umidade, em função dos diferentes níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio. Ao submeter esses dados à técnica de superfície de resposta, não se detectou efeito ($P > 0,01$) dos níveis de amônia e de sulfeto. Isso pode ser explicado, em parte, pela não alteração dos constituintes da parede celular desse subproduto, bem como pelo fato de esse resíduo ter apresentado bom valor de DIVMS inicial (60,60%).

Quadro 8 - Valores médios da digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) da casca de café com alta umidade e submetida a diferentes níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio

| Níveis de sulfeto de sódio | DIVMS (% MS) | | | | Médias |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | Níveis de amônia anidra | | | | |
| | 0,0 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | |
| 0,0 | 60,66 | 60,44 | 59,30 | 60,10 | 60,12 |
| 2,1 | 62,07 | 59,91 | 60,71 | 62,03 | 61,18 |
| 3,1 | 60,77 | 58,80 | 60,15 | 61,16 | 60,22 |
| 4,1 | 61,30 | 60,86 | 59,58 | 61,60 | 60,80 |
| Médias | 61,20 | 60,00 | 59,94 | 61,22 | 60,59 |

Resultados diferentes ao deste trabalho foram encontrados por FAHMY e KLOPFENSTEIN (1994) e NASEEVEN e KINCAID (1992), que verificaram aumento na digestibilidade do material tratado, em relação ao testemunha, em estudos utilizando nitrogênio não-protéico (NNP), associado ou não ao SO₂. Os aumentos na digestibilidade observados por esses autores foram atribuídos a uma solubilização parcial dos constituintes da parede celular, principalmente lignina, em decorrência da aplicação de SO₂ e NNP. A diminuição no conteúdo de lignina permitiria melhor colonização da palhada pelos microrganismos ruminais e melhor ataque destes a ela, segundo os referidos autores.

LEAL et al. (1994), em estudos com palha de sorgo tratada com hidróxido de amônia e dióxido de enxofre, relataram que, apesar de o SO₂ ter promovido solubilização de parte do complexo lignocelulósico, essas mudanças não foram suficientes para melhorar a DIVMS. De acordo com esses autores, em adição à solubilização dos polissacarídios da parede celular, o SO₂ também pode

ter liberado alguns oligossacarídeos fenólicos, que podem ter inibido a digestibilidade da fração solúvel da parede celular.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de junho a agosto de 1998. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de diferentes níveis de amônia anidra na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café com baixa (16%) e alta (30%) umidade. No segundo experimento, avaliaram-se os efeitos da aplicação de diferentes níveis de amônia anidra e sulfeto de sódio na composição químico-bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da casca de café com alta umidade.

Os dados experimentais do Experimento I foram analisados de acordo com o esquema fatorial 4×2 , sendo quatro níveis de amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2% da MS) e dois níveis de umidade da casca de café (16 e 30%), dispostos num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Já no Experimento II, os dados experimentais foram analisados de acordo com o esquema fatorial 4×4 , sendo quatro níveis de amônia anidra (0,0; 2,2; 3,2; e 4,2% da MS) e quatro níveis de sulfeto de sódio (0,0; 2,1; 3,1; e 4,1% da MS), dispostos num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Após ser homogeneizada, a casca de café foi colocada em sacos de polietileno, na quantidade de 7,5 kg por saco. No Experimento I, em metade das unidades experimentais foi adicionado água, elevando-se o teor de umidade de 16 para 30% e procedendo-se, em seguida, à aplicação de amônia anidra. Já no

Experimento II, após a casca de café ter seu teor de umidade reconstituído para 30%, procedeu-se à aplicação de amônia anidra e sulfeto de sódio em diferentes combinações.

Após um período de 82 dias de amonização, os sacos referentes a cada unidade experimental foram abertos, sendo imediatamente coletadas as amostras, nas quais se realizaram as seguintes análises: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), retenção de nitrogênio (RN), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN).

No Experimento I, verificaram-se que os teores de MS e RN diminuíram em função dos níveis de amônia anidra, não verificando, porém, efeito do teor de umidade sobre a retenção de nitrogênio. Os teores de PB aumentaram com a adição de níveis crescentes de amônia anidra. Independentemente do teor de umidade, as relações NIDN/NT e NIDA/NT diminuíram à medida que se elevaram as doses de amônia anidra.

Detectaram-se efeitos dos níveis de amônia sobre o teor da FDN, não sendo observado influência do teor de umidade sobre essa variável. Já em relação aos teores de hemicelulose, FDA, celulose e lignina, não foram observados efeitos dos níveis de amônia sobre essas variáveis.

Quanto à DIVMS e à DIVFDN, estas não foram influenciadas pelos níveis de amônia anidra e pelo teor de umidade estudados.

De acordo com os resultados obtidos no Experimento I, pôde-se concluir que:

- A amonização elevou os teores de PB e diminuiu as relações NIDN/NT e NIDA/NT na casca de café, melhorando o seu valor nutritivo, com a ressalva de que a elevação do teor de umidade não melhorou a retenção do nitrogênio adicionado pela amônia anidra.

- Os constituintes da parede celular não foram alterados substancialmente pela amonização e elevação do teor de umidade da casca de café.

- A digestibilidade da casca de café não foi melhorada pela amonização.

Com relação ao Experimento II, verificou-se que os teores de PB foram aumentados em função das doses crescentes de amônia anidra, sendo, porém, pouco alterado pelas doses de sulfeto de sódio. Já a retenção de nitrogênio na casca de café foi reduzida à medida que se elevaram as doses de amônia anidra de 2,2 para 4,2% e aumentaram os níveis de sulfeto. Os teores de NIDN/NT e NIDA/NT foram acentuadamente reduzidos em função dos níveis de amônia, sendo, porém, pouco alterados pela adição de sulfeto.

Os teores da fibra em detergente neutro e celulose tiveram comportamento semelhante, apresentando pequeno aumento com a adição das doses de amônia anidra, ao passo que os teores da fibra em detergente ácido não foram influenciados pelas diferentes combinações de amônia e sulfeto utilizadas. Já os teores de hemicelulose se reduziram em função dos níveis de amônia e sulfeto. Quanto aos teores de lignina, observou-se comportamento contrário aos encontrados na hemicelulose.

Os valores da digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) não foram alterados em função das diferentes combinações utilizadas.

De acordo com resultados obtidos no Experimento II, pôde-se concluir que:

- A amonização proporcionou efeitos benéficos sobre o conteúdo de nitrogênio da casca de café e diminuiu a relação NIDN/NT e NIDA/NT.
- A aplicação de amônia anidra e de sulfeto de sódio não promoveu efeitos benéficos quantitativos sobre os constituintes da parede celular da casca de café.
- A aplicação de amônia anidra e sulfeto não melhorou a DIVMS da casca de café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBES, X., MUÑOZ, F., FACI, R. Anhydrous ammonia treated cereal straw for animal feeding. Some results from the Mediterranean area. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.10, n.2/3, p.239-246, 1984.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.56, 1996. p.3-502.

BEN SALEM, H., NEFZAOU, A., ROKBANI, N. Upgrading of sorghum stover with anhydrous ammonia or urea treatments. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.48, n.1/2, p.15-26, 1994.

BEN-GHEDALIA, D., MIRON, J. Effect of sodium hydroxide, ozone and sulphur dioxide on the composition and in vitro digestibility of wheat straw. **J. Sci. Food Agric.**, London, v.32, n.3, p.224-228, 1981.

BEN-GHEDALIA, D., MIRON, J. The digestibility of wheat straw treated with sulphur dioxide. **J. Agric. Sci.**, New York, v.102, n.3, p.517-520, 1984.

BIRKELO, C.P., JOHNSON, D.E., WARD, G.M. Net energy value of ammoniated wheat straw. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.63, n.6, p.2044-2052, 1986.

BRAND, A.A, CLOETE, S.W.P, FRANCK, F. The effect of supplementing untreated, urea - supplemented and urea - ammoniated wheat - straw with maize - meal and/or fish - meal in sheep. **S. Afr. J. Anim. Sci.**, v.21, n.1, p.48-54, 1991.

- BROWN, W.F., ADJEI, M.B. Urea ammoniation effects on the feeding value of guineagrass (*Panicum maximum*) hay. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.73, n.10, p.3085-3093, 1995.
- BUETTNER, M.R., LECHTENBERG, V.L., HENDRIX, K.S., HERTEL, J.M. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) hay. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.54, n.1, p.173-177, 1982.
- CAIELLI, E.L. Uso da palha de café na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, v.10, n.119, p.36-38, 1984.
- CAMPOS, M.C.L. **Níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre a composição químico-bromatológica e degradabilidade dos fenos de alfafa (*Medicago sativa* L.) e coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv. coast-cross) com alta umidade.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 130p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- CÂNDIDO, M.J.D., NEIVA, J.N.M., PIMENTEL, J.C.M., VASCONCELOS, V.R., SAMPAIO, E.M., MENDES NETO, J., ARAÚJO, E.F. Amonização do bagaço de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 424-426.
- CHERMITI, A., TELLER, E., VANBELLE, M., COLLIGNON, G., MATATU, B. Effect of ammonia or urea treatment of straw on chewing behaviour and ruminal digestion processes in non-lactating dairy cows. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.47, n.1/2, p.41-51, 1994.
- CHIQUETTE, J., FLIPOT, P.M., VINET, C.M. Effect of ammoniation and urea addition on chemical composition and digestibility of mature timothy hay, and rumen characteristics of growing stters. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v.72, n.2, p.299-308, 1992.
- DASS, R.S., MEHRA, U.R., SINGH, U.B. Effect of acidified sodium sulphite and urea/ammonia treatment on the utilization of wheat straw by rumen micro-organisms. **Indian J. Anim. Sci.**, New Delhi, v.63, n.3, p.324-328, 1993.
- DESCHARD, G., TETLOW, R.M., MASON, V.C. Treatment of whole-crop cereals with alkali. 3. Voluntary intake and digestibility studies in sheep given immature wheat ensiled with sodium hydroxide, urea or ammonia. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.18, n.4, p.283-293, 1987.
- DJIBRILLOU, O.A., PANDEY, V.S., GOURO, S.A., VERHULST, A. Effect of urea - treated or untreated straw with cotton seed on performances of lactating Maradi (Red Sokoto) goats in Niger. **Livestock Prod. Sci.**, Amsterdam, v.55, n.2, p.117-125, 1998.

- DRYDEN, G.M., KEMPTON, T.J. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.10, n.1, p.65-75, 1984.
- DRYDEN, G.M., LENG, R.A. Treatment of barley straw with ammonia and sulphur dioxide gases under laboratory conditions. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.14, n.1/2, p.41-51, 1986.
- DRYDEN, G.M., LENG, R.A. Effects of ammonia and sulphur dioxide gases on the composition and digestion of barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.19, n.1/2, p.121-133, 1988.
- FAHMY, S.T.M., KLOPFENSTEIN, T.J. Treatment with different chemicals and their effects on the digestibility of maize stalks. 2. Intake and in vivo digestibility as affected by chemical treatment and monensin supplementation. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.45, n.3/4, p.309-316, 1994.
- FAO. **Production Yearbook**, Roma, v.51, n.142, p.174, 1997. (FAO Statistics Series, 142).
- FERREIRA, J.Q., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REIS, R.A. Efeito dos níveis de amônia anidra e dos períodos pós - tratamento sobre a qualidade dos fenos de aveia contendo alta ou baixa umidade. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.22, n.1, p.47-52, 1993.
- FERREIRA, J.Q., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., SILVA, D.J., REIS. Efeitos dos níveis de amônia anidra e dos períodos pós-tratamento sobre a qualidade da palha de arroz. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.19, n.1, p.39-43, 1990.
- FISCHER, V., PRATES, E.R., MULBACH, P.R.F., PÖTTER, W.J. Efeito do tratamento a campo palha de arroz com uréia sobre a conservação, composição química e digestibilidade. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.25, n.5, p.837-844, 1996.
- GARCIA, R., NEIVA, J.N. Utilização da amonização na melhoria da qualidade de volumosos para ruminantes. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 5, 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: Bureau, 1994. p.41-61.
- GIVENS, D.I., ADAMSON, A.H., COBBY, J.M. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley measurement "in vivo" and their prediction from laboratory measurements. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v. 19, n. 1/2, p. 173 – 184, 1988.
- GLENN, B.P. Effects of dry matter concentration and ammonia treatment on alfalfa silage on digestion and metabolism by heifers. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.73, n.4, p.1081-1090, 1990.

- GORDON, A.H., CHESSON, A. The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia - treated barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.8, n.2, p.147-153, 1983.
- GOTO, M., YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water - holding capacity. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.58, n.3/4, p.239-247, 1996.
- GOTO, M., YOKOE, Y., TAKABE, K., NISIKAWA, S., MORITA, O. Effects of gaseous ammonia on chemical and structural features of cell walls in spring barley straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.40, n.2/3, p.207-221, 1993.
- GROSSI, S.F., REIS, R.A., EZEQUIEL, J.M.B., RODRIGUES, L.R.A. Tratamento de volumosos com amônia anidra ou uréia. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.22, n.4, p.651-659, 1993.
- GROTHER, M.D., CROSS D.L., GRIMES, L.W. CALDWELL, W.J., JONHSON, L.J. Effect of moisture level and injection of ammonia on nutritive quality and preservation of coastal bermudagrass hay. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.61, n.6, 1370-1377, 1985.
- GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W. Effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on nutritional and preservatory characteristics of dry and high - moisture coastal bermuda grass hay. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.14, n.1/2, p.55-65, 1986.
- HAI, N.V., SINGH, G.P. Effect of ammoniation through urea treatment of oat straw on the rumen degradability of fibre. **Indian J. Dairy Sci.**, New Delhi, v.47, n.3, p.176-180, 1994.
- HAI, N.V., SINGH, G.P. Effect of feeding urea supplemented and urea treated oat straw on the nutrient utilization and cost of feeding in crossbred cattle. **Indian J. Dairy Sci.**, New Delhi, v.46, n.3, p.100-103, 1993.
- HASSEN, L., CHENOST, M. Tentative explanation of the abnormally high faecal nitrogen-excretion with poor-quality roughages treated with ammonia. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.38, n.1, p.25-34, 1992.
- HERRERA-SALDANA, R., CHURCH, D.C., KELLEMS R.O. The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.54, n.3, p.603-608, 1982.
- JOY, M., ALIBÉS, X., MUÑOZ, F. Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.38, n.4, p.319-333, 1992.

- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agron. J.**, New York, v.81, n.1, p.33-38, 1989.
- KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.46, n.3, p.841-848, 1978.
- LEAL, M., SHIMADA, A., HERNÁNDEZ, E. The effect of nh_3 and/or so_2 on the compositional and histological characteristics of sorghum stover. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.47, n.1/2, p.141-150, 1994.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Anim. Feed. Sci. Technol.**, Amsterdam, p.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LINES, L.W., KOCH, M.E., WEISS, W.P. Effect of ammoniation on the chemical composition of alfalfa hay baled with varying concentrations of moisture. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.79, n.11, p.2000-2004, 1996.
- LINES, L.W., WEISS, W.P. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal, and animal protein meal by lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.79, n.11, p.1992-1999, 1996.
- MALES, J.R. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.65, n.4, p.1124-1130, 1987.
- MATHISON, G.W., ENGSTROM, D.F., KENNELLY, J.J., ROTH, L., BECK, B.E. Efficacy of anhydrous ammonia and sulfur dioxide as preservatives for high - moisture grain and their effect on the nutritive value of barley for growing - finishing cattle. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v.69, n.4, p.1007-1020, 1989.
- MOREIRA, V.R., SILVA, H.C.M., GONÇALVES, L.C., RODRIGUEZ, N.M., LENOIR, M.A.Q.L., ALVES, J.A. Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* tratado com hidróxido de sódio ou amônia anidra, ou misturado à calotropis proceras - II. Fibra e energia bruta. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.21-26.
- NASEEVEN, M.R., KINCAID, R.L. Ammonia and sulphur dioxide treated straw as a feedstuff for cattle. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.37, n.1/2, p.111-128, 1992.
- NEIVA, J.N.M. **Valor nutritivo da silagem e do rolão de milho (*Zea mays* L.) amonizados**. Viçosa, MG: UFV, 1995, 122p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- NEIVA, J.N.M., GARCIA, R., VALADARES FILHO, S.C., PEREIRA, J.C., SILVA, J.F.C., PIRES, A.J.V., PEREIRA, O.G. Características químicas da silagem e do rolão de milho amonizados. **R. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.27, n.3, p.461-465, 1998a.
- NEIVA, J.N.M., GARCIA, R., VALADARES FILHO, S.C., PEREIRA, O.G., PIRES, A.J.V., SILVA, H.A. Consumo e digestibilidade aparente de matéria seca e nutrientes em dietas à base de silagens e rolão de milho amonizados. **R. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.27, n.3, p.453-460, 1998b.
- OLIVEROS, B.A., BRITTON, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J. Ammonia and/or calcium hydroxide treatment of maize stover, intake, digestibility and digestion kinetics. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.44, n.1/2, p.59-72, 1993.
- ØRSKOV, E.R., REID, G.W., HOLLAND, S.M., TAIT, C.A.G., LEE, N.H. The feeding value for ruminants of straw and wholecrop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.8, n.4, p.247-257, 1983.
- PAIVA, J.A.J. **Níveis de amônia anidra, períodos de amonização e de aeração sobre a composição químico - bromatológica e a degradabilidade "in situ" da palhada de milho (*zea mays* L.).** Viçosa, MG: UFV, 1992, 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REGAZZI, A.J. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os teores de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio na palhada de milho. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.24, n.5, p.673-681, 1995a.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REGAZZI, A.J. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os teores dos constituintes da parede celular na palhada de milho (*Zea mays* L.). **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.24, n.5, p.683-692, 1995b.
- PAIVA, J.A.J., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., REGGAZI, A.J. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre a degradabilidade da matéria seca e de constituintes da parede celular da palhada de milho. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.24, n.5, p.693-705, 1995c.
- PEREIRA, J.R.A., EZEQUIEL, J.M.B., REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., BONJARDIM, S.R. Efeitos da amonização sobre o valor nutritivo do feno de capim - braquiária. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.28, n.12, p.1451-1455, 1993.

PIRES, A.J.V., GARCIA, R., CECON, P.R., VALADARES FILHO, S.C., NEIVA, J.N.M., NASCIMENTO, A.S. Amonização da quirera de milho com alta umidade. II. Constituintes da parede celular e DIVMS. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.338-340.

PIRES, A.J.V., GARCIA, R., SILVA, F.F., PEIXOTO, C.A.M., OLIVEIRA, T.N. Qualidade de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tratadas com uréia e/ou sulfeto de sódio. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.61-63.

RAHAL, A., SINGH, A., SINGH, M. Effect of urea treatment and composition on, and prediction of nutritive value of rice straw of different cultivars. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.68, n.1/2, p.165-182, 1997.

REDDY, D.V., RAMACHANDRA REDDY, R., SUBBA REDDY, K.V. Effect of urea - ammoniation of moist sorghum hay chemical composition and rumen degradation kinetics. **Indian J. Anim. Nutr.**, v.10, n.1, p.45-48, 1993.

REIS, R.A., GARCIA, R., SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C., FERREIRA, J.Q. Efeitos da aplicação de amônia sobre a digestibilidade do feno do capim - braquiária. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.19, n.3, p.201-208, 1990a.

REIS, R.A., GARCIA, R., QUEIROZ, A.C., SILVA, D.J., FERREIRA, J.Q. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade in vitro dos fenos de três gramíneas forrageiras de clima tropical. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.19, n.3, p.219-225, 1990b.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., NAHAS, E., BONJARDIM, S.R., PEREIRA, J.R.A. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes teores de umidade. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.28, n.4, p.539-543, 1993b.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., PEDROSO, P. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de volumosos de baixa qualidade. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.24, n.4, p.486-493, 1995.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., PEREIRA, J.R.A., BONJARDIM, S.R. Amonização de resíduos de culturas de inverno. **R. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.22, n.5, p.787-793, 1993a.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., PEREIRA, J.R.A., RUGGIERI, A.C. Procedimentos analíticos para prever a eficiência da amonização. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998a. p.137-139.

- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., RUGGIERI, A.C., PEREIRA, J.R.A. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998b. p.563-565.
- ROSA, B., REIS, R.A., RESENDE, K.T., KRONKA, S.N., JOBIM, C.C. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* stapf cv. basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **R. Bras. Zoot.**, Viçosa, v.27, n.4, p.815-822, 1998.
- SAENGER, P.F., LEMENAGER, R.P., HENDRIX, K.S. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.54, n.2, p.419-425, 1982.
- SANTANA, A.A.C., GRAÇA, D.S., SALIBA, E.S., RODRIGUEZ, N.M. Efeito do tempo pós - amonização sobre parâmetros bromatológicos do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) oriundo de destilaria de aguardente. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.438-440.
- SCHNEIDER, M., FLACHOWSKY, G. Studies on ammonia treatment of wheat straw : effects of level of ammonia, moisture content, treatment time and temperature on straw composition and degradation in the rumen of sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.29, n.3/4, p.252-264, 1990.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1990. 165p.
- SOLAIMAN, S.G., HORN, G.W., OWENS, F.N. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.49, n.3, p.802-808, 1979.
- SOUZA, A.C.L., SILVA, J.F.C., VASQUEZ, H.M. Efeito de fontes e níveis de amônia sobre a fração nitrogenada de subprodutos da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.561-563.
- SUNDSTØL, F., COXWORTH, E.M. Amônia treatment. In: SUNDSTØL, F., COXWORTH, E.M. **Straw and other fibrous by products as feed**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.196-247.

- SUNDSTØL, F., SAID, A.N., ARNASON, J. Factors influencing the effect of chemical treatment on the nutritive value of straw. **Acta Agric. Scand.**, v.29, n.2, p.179-190, 1979.
- TEIXEIRA, J.R.C. **Efeito da amônia anidra no valor nutritivo da palha de milho mais sabugo e do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Camerom fornecidos a novilhos Nelore em confinamento.** Viçosa, MG: UFV, 1990. 97p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- VAN SOEST, P.J., MASON, V.C. The influence of Mallard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.32, n.1/3, p.45-53, 1991.
- VEGRO, C.L.R., CARVALHO, F.C. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Inf. Econ.**, São Paulo, v.24, n.1, p.9-16, 1994.
- WOOLFORD, M.K., TETLOW, R.M. The effect of anhydrous ammonia and moisture content on the preservation and chemical composition of perennial ryegrass hay. **Anim. Feed Sci. Technol.**, Amsterdam, v.11, n.3, p.159-166, 1984.