

''PRÉ-ESTUDO DE UM MÉTODO DE TRATAMENTO DE PALHA DE
ARROZ COM URÉIA''

JUAN SÁNCHEZ AVILES
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. VIDAL PEDROSO DE FARIA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Nutrição Animal e Pastagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
junho - 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Sanchez Avilés, Juan

S211p Pré-estudo de um método de tratamento de palha
de arroz com uréia. Piracicaba, 1989.
80p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Bovino - Nutrição 2. Palha de arroz na nutri
ção animal - Tratamento 3. Uréia na nutrição animal
4. Uréia em palha de arroz I. Escola Superior de A
gricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 636.2085

PRÉ-ESTUDO DE UM MÉTODO DE TRATAMENTO DE PALHA DE
ARROZ COM URÉIA

JUAN SÁNCHEZ AVILES

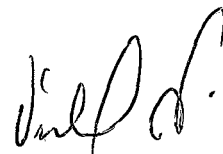
Aprovada em: 27/11/89

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Vidal Pedroso de Faria

Prof. Dr. Max Lazaro Vieira Bose

Prof^a Dr^a Maria Emilia M. Prezzotto



Prof. Dr. Vidal Pedroso de Faria

- Orientador -

A meus pais,

A meus irmãos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS;

Aos Departamentos de Zootecnia de Ruminantes e de Química,
pelo apoio concedido;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido;

Ao Prof. Dr. Vidal Pedroso de Faria, pela sua orientação e sugestões apresentadas;

A Prof.^a Dr.^a Maria Emilia Mattiazzo Prezoto pela sua orientação e sugestões;

Ao Prof. Dr. Irineu Umberto Parker pela sua orientação na análise estatística;

Ao Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos pela sua colaboração nas análises químicas;

Ao Prof. Dr. Max Lazaro Viera Bose por sua colaboração;

Aos Professores do Departamento de Zootecnia de Ruminantes da ESALQ/USP pelos seus ensinamentos;

Aos técnicos do laboratório, Ana Maria Zani Moura, Carlos Cesar Alves;

Aos colegas do curso de Mestrado pelo apoio e incentivo, em especial aos colegas Maria Estela Camargo, Cappelo, Solange Guidolin Canniatti, Artur Chinelato Camargo, Marcos Ribeiro Monteiro, André Pedroso de Faria, Flavio Augusto Portela Santos, Luiz Gustavo Nussio, Sila Carneiro da Silva;

Ao Clube de Práticas Zootécnicas (CPZ) do Departamento de

Zootecnia da ESAQ/USP;

A Todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a
realização deste trabalho.

S U M Á R I O

	Página
LISTA DE TABELAS	viii.
RESUMO	x.
SUMARY	xiii.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. Tratamento de palhas	4
2.2. Fatores que influenciam a amonificação atra- vés da uréia	9
2.2.1. Urease	10
2.2.2. Quantidade do fornecedor de amônia a ser adicionada	12
2.2.3. Umidade da palha	13
2.2.4. Temperatura	16
2.2.5. Tempo de tratamento	17
2.2.6. Qualidade e tipo de material a ser tratado	20
2.3. Fração nitrogenada das palhas tratadas	23
2.3.1. Níveis de proteína bruta	23
2.3.2. Digestibilidade de proteína bru- ta	26
2.3.3. Formas de nitrogênio e recupera- ção	28
2.4. Fração fibrosa das palhas tratadas	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1. Pré-estudo	39

3.2. Trabalho experimental	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Pré-estudo	44
4.2. Teores de umidade da palha tratada	50
4.3. Teores de proteína bruta da palha tratada e não tratada	51
4.4. Conteúdo de nitrogênio amoniacal das a- mostras	55
4.5. Teores de ADF na matéria seca da palha tra- tada e não tratada	59
4.6. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca da palha de arroz tratada e não tratada	62
5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Porcentagem de nitrogênio perdido no teste de tratamento da palha com uréia	45
2	Análise de variância para a determinação de de nitrogênio	45
3	Quantidade de nitrogênio em g/kg de palha determinado para as amostras utilizadas no pré-estudo	48
4	Análise de variância para a quantidade de nitrogênio na palha tratada e não tratada	48
5	Teores de umidade da palha usada no trabalho experimental	50
6	Análise de variância para os teores de matéria seca da palha tratada com uréia	51
7	Teores de proteína bruta da matéria seca da palha tratada e não tratada	52
8	Análise de variância para teores de proteína bruta da palha	52
9	Teores de nitrogênio amoniacal na matéria seca das amostras de palha tratada e não tratada	56
10	Análise de variância para teores de nitrogênio amoniacal da palha tratada	56
11	Teores de ADF das amostras de palha tratadas e não tratadas	60

12	Análise de variância para teores de ADF da palha	60
13	Digestibilidade <i>in vitro</i> matéria seca da palha tratada e não tratada	63
14	Análise de variância para coeficientes de digestibilidade <i>in vitro</i> da palha de arroz	63

‘‘PRÉ-ESTUDO DE UM MÉTODO DE TRATAMENTO DE PALHA DE
ARROZ COM URÉIA’’

AUTOR: JUAN SÁNCHEZ AVILES

ORIENTADOR: PROF. DR. VIDAL PEDROSO DE FARIA

RESUMO

O trabalho experimental foi conduzido para avaliar um método de tratamento de palha de arroz com uréia, visando a melhoria de seu valor nutritivo, através do efeito da amônia proveniente da hidrólise da uréia. Para tanto, um pré-estudo foi conduzido para testar a metodologia e para determinar a intensidade das fontes de nitrogênio no processo. Vinte e cinco gramas de palha de arroz foram umedecidas para a obtenção de teores de umidade de cerca de 20% e 40% e o material pulverizado com soluções de uréia de 3%, 6% e 9% do peso da palha, contendo 0,025g de fezes de bovino como fonte de urease. As amostras foram colocadas em vasos captadores de nitrogênio e após 8 dias analisadas. Os resultados indicaram efeitos significativos da adição de uréia sobre a quantidade de nitrogênio retida pela palha e

sobre as perdas de nitrogênio. Efeitos significativos foram também obtidos para níveis de umidade e para a interação dos fatores estudados. Através do pré-estudo foi possível verificar que a metodologia proposta era viável e que a umidade era um fator importante para o tratamento. Para o trabalho experimental 1kg de palha umedecida para teores de umidade próximos de 20% e 40% foi tratada com 4 níveis de uréia (0%, 3%, 6% e 9%) em um delineamento fatorial de 4x2 inteiramente casualizado. A solução de uréia contendo 1g de fezes de bovino foi pulverizada sobre a palha e o material colocado em sacos plásticos duplos, que permaneceram fechados por 59 dias. O tratamento com uréia elevou significativamente os teores de proteína bruta na matéria seca de 4,25% para 10,5% , 15,66% e 21,08% para os níveis de 0%, 3%, 6% e 9% de uréia respectivamente. O nitrogênio amoniacal das amostras foi também elevado de 0,16% para 0,89%, 1,36% e 1,7%, mas os teores de ADF variando de 55,80 e 56,98 não foram afetados. A digestibilidade *in vitro* de matéria seca foi elevado de 55,35% para 62,23% no nível de 3% de uréia, não sendo detectadas diferenças significativas entre 3%, 6% e 9% de uréia. A umidade também influenciou os níveis de proteína bruta da palha tratada, sendo observado 14,63% para o nível mais baixo de umidade (aproximadamente 20%) e 11,11% para o mais elevado e uma interação entre umidade e níveis de uréia. De maneira semelhante a quantidade de nitrogênio amoniacal também foi alterado,

ocorrendo elevação de 0,99 para 1,07, mas sem interação significativa. Os teores de ADF foram significativamente afetados pela umidade passando de 55,69% no nível mais baixo para 57,03% no mais alto, sendo o mesmo efeito também significativo para a digestibilidade da matéria seca *in vitro* que passou de 60,78% para 62,70%. No caso da digestibilidade interações significativas foram detectadas. Com os resultados obtidos foi possível tirar as seguintes conclusões: 1) Para trabalhos pilotos de laboratório, onde existe a possibilidade de utilização de câmaras que permitam um bom selamento do ambiente, é possível utilizar curtos espaços de tempo, como 8 dias para estudar o efeito da amonificação sobre as palhas; 2) Alterações na fração ADF das palhas amonificadas não traduzem as modificações na digestibilidade *in vitro* da palha; 3) A umidade da palha a ser amonificada é de grande importância para a liberação de amônia, e nas palhas mais secas a uréia residual em nível elevado após o tratamento, poderá afetar a palatabilidade do material; 4) Níveis de 3% de uréia em palhas de arroz mais úmida parece ser suficiente para melhorar o valor nutritivo (digestibilidade e teor protéico); 5) O presente estudo mostrou a possibilidade da utilização da uréia no tratamento de palha de arroz para melhorar sua qualidade como alimento para bovinos.

‘‘PRELIMINARY STUDY OF METHOD FOR TREATMENT OF
RICE STRAW WITH UREA’’

BY: JUAN SÁNCHEZ AVILES

ADVISER: PROF. DR. VIDAL PEDROSO DE FARIA

SUMMARY

An experimental work was developed to evaluate a method for treatment of rice straw with urea, to increase the nutritive value of the residue. A preliminary trial was conducted to test the methodology and to evaluate losses of nitrogen in the process. Twenty five grams of rice straw were humidified to 20% and 40% humidity and pulverized with a solution of 3%, 6% and 9% urea plus 0,025g of cattle feces to provide urease. The samples were placed inside glass jars with a nitrogen holding device for 8 days. Results showed significant effects of both level of urea and water on nitrogen retained by the straw and nitrogen lost in the system. It was possible to conclude that the methodology proposed was possible and that humidity was important for the process. For the experimental work 1kg of rice straw was also

humidified for level close to 20% and 40% and the straw treated with for level of urea (0%, 3%, 6% and 9%) in a 4x2 factorial design. The urea solution contained 1g of cattle feces and the treated samples were stored in plastic bags for 59 days. It was observed that treatment with urea increased the crude protein for 4,25% to 10,5%, 15,66% and 21,08% for the four levels of urea used. The ammonium nitrogen contents were also increased for 0,16% to 0,89%, 1,39% and 1,7% whereas the ADF contents for 55,80% to 56,98% were not affected by treatment. *In vitro* dry matter digestibility was increased for 55,35% to 62,23% for the 3% urea treatment, but from that point on there were no significant effects. Humidity also affected crude protein content of treated straw since in the lower humidity level contents were 14,6% and in the higher 11,11%; it was also noted interaction between humidity and level of urea. Ammonium nitrogen was also affected by humidity and values obtained were 0,99% for low humidity and 1,07% for the straw showing the higher water content. The ADF content was also affected by humidity of the treated straw increasing for 55,69% to 57,03%. The *in vitro* dry matter digestibility was significantly increased with higher humidity for 60,78% to 62,70% and interactions were significant.

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a produção de palha de cereais (resíduo da colheita da cultura) seja da ordem de 26.740.266 toneladas por ano, para uma área colhida de 9.699.279 ha (Anuário Estatístico do Brasil, 1988), sendo a produção maior para a palha de arroz, da ordem de 15.637.650 toneladas por ano. Grande parte desta palha é queimada causando um problema em relação à poluição do ar. Observa-se que a palha de arroz no Brasil é muito pouco utilizada na nutrição de ruminantes, e esse fato poderá ser atribuído à pouca divulgação de conhecimentos técnicos sobre utilização de resíduos agrícolas que podem ser utilizados na nutrição animal.

Justifica-se o uso da palha de arroz devido à grande quantidade disponível que poderia ser fornecida aos bovinos na época de estacionalidade de produção de forragem que ocorre geralmente no Brasil Central durante um período de 6 meses. Também na produção intensiva, as palhas poderão em parte substituir o uso de alimentos que encarecem os custos de produção como no caso de concentrados.

O uso das palhas de arroz em sua forma natural na alimentação de ruminantes é restrito, devido ao fato de

apresentar baixo consumo e baixa digestibilidade, como consequência de teores inadequados de proteína bruta, elevados níveis de fibra lignificada e sílica, e por apresentar variações nos teores de minerais. A variabilidade na composição química da palha de arroz depende da natureza físico-química do solo, qualidade e quantidade de adubo utilizado, época de colheita, forma de colheita (inteira, picada, longa ou curta) e duração do período de armazenamento e da variedade da planta (ABRAMS, 1965).

Como consequência dos fatores limitantes da utilização da palha de arroz como alimento, passa a ser fundamental a melhoria de sua qualidade, visando aumentar o consumo e disponibilidade de energia. Isto pode ser feito através de tratamentos físicos, biológicos (enzimas, microorganismos) e químicos.

Um dos métodos amplamente pesquisados para a melhoria do valor nutritivo é o tratamento de palhas com hidróxido de sódio, o qual aumenta a digestibilidade. Este método apresenta algumas desvantagens como: excessivo trabalho, custo elevado, e cuidados no manejo do produto. Ocorre também uma perda dos nutrientes solúveis, pela lavagem para remover os resíduos do álcali.

Outro método químico seria o uso de amônia em solução, que além de melhorar a digestibilidade, promove o enriquecimento com nitrogênio para a síntese de proteína microbiana no rúmen. Os inconvenientes desse método seriam, a existência de regiões onde não poderá ser encontrado o

produto e o uso de grande quantidade de água no caso de amônia em solução o que afeta o manejo da palha tratada. No caso de se usar amônia gasosa, os inconvenientes seriam o alto custo do equipamento necessário, como também a dificuldade de transporte limitando sua utilização (SAADULLAH *et alii* 1981).

O tratamento da palha de arroz pela amonificação a partir da uréia consiste na hidrólise da uréia para liberação da amônia e monóxido de carbono através de uma enzima altamente específica a urease (DEVLIN, 1975). A uréia hidrolisada pode ter efeitos semelhantes a amônia gasosa e em solução promovendo aumentos na digestibilidade e nos teores de proteína bruta. Sua utilização pode ser interessante devido ao fácil manejo, por não apresentar riscos para a saúde e por revelar ser um método econômico para sua implantação do método, sendo então atrativo para grandes e pequenos pecuaristas.

O objetivo do presente trabalho é de desenvolver uma metodologia para o tratamento de palha de arroz com uréia, com a finalidade de melhorar sua qualidade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Tratamento de palhas

As palhas para a alimentação apresentam inconvenientes em termos de valor nutritivo, porque grande parte dos elementos nutritivos de folhas e hastes são transferidos para os grãos durante o processo fisiológico de amadurecimento da semente (ABRAMS, 1965). Por esse motivo as palhas tornam-se volumosas com baixa disponibilidade de energia digerível e nutrientes digestíveis, o que faz com que sejam pouco usadas na alimentação animal (JAYASURIYA & PERERA, 1982). Essa deficiência em energia deve-se principalmente a baixa ingestão voluntária de palha como consequência do conteúdo inadequado de proteína bruta de aproximadamente 4.3% , que limita o crescimento microbiano no rúmen (MIRA *et alii*, 1983). O consumo e a digestibilidade são também limitados pelo conteúdo de lignina de 6% e 7% , que não é digestível, e que se liga à hemicelulose e celulose (HADJIPANAYIOTOU, 1982). Esse fato diminui a digestibilidade do alimento e se associa às incrustações de sílica na parede celular (MBATYA *et alii*, 1983). A palha de

arroz contém níveis acima de 15% de sílica na matéria seca, e a união de lignificação com a silificação parece ter um efeito combinado sobre a diminuição da digestibilidade (HAN, 1978).

Partindo do princípio de que o valor nutritivo das palhas para a alimentação animal deve ser melhorado, torna-se necessário o estabelecimento de tratamentos químicos entre outros. Os mais difundidos são os que usam álcalis como NaOH (JACKSON, 1978), amônia gasosa ou amônia em solução (SUNDSTØL *et alii*, 1978) e uréia, que pode ser hidrolisada para o fornecimento de amônia (JACKSON, 1978; HADJIPANAYIOTOU, 1982; JAYASURIYA & PERERA, 1982; WILLIAMS *et alii*, 1984; MBATYA, 1983).

O tratamento com álcali parece exercer seu efeito sobre a parede celular, produzindo mudanças na estrutura da parede celular como resultado da clivagem das ligações. (HARTLEY & JONES, 1978; GORDON & CHESSON, 1983) e parcial solubilização da lignina, proteína, sílica e hemicelulose (GRAHAM & AMAN, 1983/84,). Essas modificações causadas pelo tratamento tem um efeito direto, sobre o aumento da digestibilidade da matéria seca *in vitro* (MIRA *et alii*, 1983; HADJIPANAYIOTOU, 1982; GORDON & CHESSON, 1983; WAAGEPETERSEN & THOMSEN, 1977; LAWLOR & O'SHEA, 1979) como também *in vivo* (DRYDEN & KEMPTON, 1983/84; SAADULLAH *et alii*, 1982; ØRSKOV *et alii*, 1983).

O tratamento com NaOH tem um efeito maior sobre a digestibilidade quando comparado com o de amônia

gasosa e amônia em solução (IBRAHIM & PEARCE, 1983; CAFANTARIS *et alii*, 1985; JACKSON, 1978; SALDANA *et alii*, 1982; HAN, 1978). Essa melhoria na digestibilidade será maior ou menor dependendo da digestibilidade inicial do material da espécie ou variedade, método de corte (maior quantidade de folha ou caule), manejo da palha, a forma como a palha é alimento para o animal (composição da dieta e nível de consumo) e armazenamento (JACKSON, 1978). O tratamento também aumenta o consumo voluntário de palha (JACKSON, 1978; KLOPFENSTEIN, 1978; JAYASURIYA, 1979).

O método do hidróxido de sódio apresenta algumas desvantagens, já que uma grande quantidade de água deve ser utilizada para extrair ou retirar o excesso de álcali da palha tratada resultando perda de 20 a 30% da matéria seca pela lixiviação (CHANDRA & JACKSON, 1971; JAYASURIYA, 1979; HAN, 1978), o que aumenta o custo do volumoso tratado. O alimento obtido passa a ser econômico quando os preços dos produtos de boa qualidade forem elevados (CHANDRA & JACKSON, 1971).

Cuidados devem ser tomados para o uso do produto (SAADULLAH *et alii*, 1981). O excesso de sódio adicionado à palha é excretado na urina e fezes, e esse fato poderá agravar os problemas de salinidade do solo existentes em muitas regiões (HADJIPANAYIOTOU, 1982). Além disso, a elevada ingestão de sódio pode resultar em um aumento da excreção de urina e dano em potencial para os rins (HADJIPANAYIOTOU, 1982). Um possível efeito desfavorável a-

tribuído a ingestão elevada de sódio seria o desequilíbrio no metabolismo mineral, fato esse que poderá exigir a suplementação com outros minerais (KLOPFENSTEIN & OWEN, 1981).

Outro método de tratamento que pode ser usado para melhorar o valor nutritivo das palhas seria o da amônia gasosa e amônia em solução (MILLET *et alii*, 1970; TEJADA *et alii*, 1979; KERNAN *et alii*, 1979; GORDON & CHESSON, 1983). Este processo além de aumentar a digestibilidade do material, promove uma adição de nitrogênio não proteico (DRYDEN & KEMPTON, 1983/84; KERNAN *et alii*, 1979; LAWLOR & O'SHEA, 1979) que serve como fonte para a síntese de proteína microbiana no rúmen (WAAGEPETERSEN & THOMSEN, 1977). Na realidade, ocorre também um aumento na quantidade de nitrogênio total do alimento (HADJIPANAYIOTOU, 1982). Outra vantagem apontada seria que o excesso de amônia após o tratamento se evapora, não deixando resíduos alcalinos como no caso do NaOH que são prejudiciais (SAADULLAH *et alii*, 1981). A amônia em solução dissolvida em água, também melhora a digestibilidade e o conteúdo de nitrogênio total da palha (SOLAIMAN *et alii*, 1979) pode ser adicionada através de um pulverizador manual, ou de uma bomba com tubulação numa pilha de fardos. A desvantagem desta técnica em relação a da amônia gasosa, é que o peso e o volume são quatro vezes aquele da amônia gasosa, e o excesso de água poderá causar aparecimento de fungos após o tratamento (SUNDSTØL & CWXWORTH, 1984).

Os métodos de amônia gasosa e em solução não são recomendados para as regiões em desenvolvimento, devido ao custo de transporte, falta do produto e necessidade de uma rede de distribuição para assegurar o fornecimento de cilindros herméticamente fechados para evitar a perda de amônia e mantê-la na forma líquida. É um material potencialmente perigoso e tóxico, exigindo pessoal treinado para seu manuseio e precauções de segurança são necessárias para o uso do material (SUNDSTØL & COXWORTH, 1984; MACDEARMID *et alii*, 1988).

Outro tratamento químico que pode ser utilizado para melhorar o valor nutritivo da palha de arroz seria a amonificação a partir da uréia, que consiste na hidrólise da amônia pela enzima urease (HADJIPANAYIOTOU, 1982; SUNDSTØL & COXWORTH, 1984; JACKSON, 1978; MACDEARMID *et alii*, 1988; JAYASURLIYA & PERERA, 1982). A hidrólise depende da atividade da urease existente no material a ser tratado (CLOETE *et alii*, 1983b), fato esse que influencia diretamente a hidrólise da uréia a amônia (IBRAHIM *et alii*, 1985). A amônia liberada altera o produto e melhora a ingestão e a digestibilidade (HADJIPANAYIOTOU, 1984; JAYASURIYA & PERERA, 1982; SAADULLAH *et alii*, 1982), como também aumenta o conteúdo de proteína bruta da palha (GUPTA *et alii*, 1985; WANAPAT *et alii*, 1985).

O aumento da digestibilidade, e consequentemente do consumo, deve-se ao fato de que esse tratamento causa na palha uma dilatação e separação dos elementos es-

truturais, produzindo fibras de diferentes cristalinidades (celulose). Esse fato resulta numa alteração da atividade microbiana no rúmen, possibilitando uma maior ingestão de forragem. A uréia hidrolisada a amônia pode exercer efeitos semelhantes ao dos álcalis, expandindo a parede celular da planta após um período de armazenamento, o que se reflete positivamente na digestibilidade dos constituintes celulares (JACKSON, 1978; SUNDSTØL *et alii*, 1982; HARBERS *et alii*, 1982).

O método que usa uréia pode ser de fácil implantação, não exigindo infra-estruturas caras e não requerendo cilindros de pressão para armazenamento e transporte do material, seu manejo é de menor risco a saúde (HADJIPANAYIOTOU, 1984; SUNDSTØL & COXWORTH, 1984) o que facilita seu uso pelos pecuaristas.

2.2 Fatores que influenciam a amonificação através da uréia

Existem diversos fatores que afetam a amonificação das palhas, como nível e atividade da urease, quantidade de amônia a ser adicionada, umidade, temperatura, tempo de tratamento e qualidade e tipo de material a ser tratado.

2.2.1 Urease

A urease existente na palha é um fator determinante na hidrólise da uréia e, sendo uma enzima, a temperatura influencia sua atividade. Uma atividade ótima da urease no solo é encontrada a uma temperatura de 30°C. A 20°C a ação é reduzida (CLOETE & KRITZINGER, 1984a), mas sua atividade é considerada marginal quando a temperatura é de 45°C no solo (WAHHAB *et alii*, 1960). ØRSKOV *et alii* (1983) relataram que uma ótima temperatura para a hidrólise da uréia a amônia era de aproximadamente 60°C, e que a hidrólise era menor a uma temperatura abaixo de 20°C. WILLIAMS *et alii* (1984) encontraram uma extensiva hidrólise da uréia a uma temperatura de 5,5°C.

Fue observado por CLOETE & KRITZINGER (1984a) que a uma temperatura de 35°C a perda total de nitrogênio foi relativamente menor que à temperatura de 24°C. Os autores explicaram que a baixa taxa de conversão de uréia a amônia, à temperatura de 35°C era devido a diminuição da atividade da urease a esta temperatura. Concidera-se que uma temperatura de aproximadamente 24°C, seja a mais adequada para uma melhor atividade da urease.

Se o tratamento com uréia depende da atividade da urease existente nas plantas (CLOETE *et alii*, 1983b) deve existir então materiais com urease de atividade diferente. IBRAHIM *et alii* (1985) confirmaram que a urease existente principalmente na palha de arroz é de baixa atividade. Se

essa atividade é baixa pode ocorrer uma limitação na hidrólise da uréia a amônia e conseqüentemente alterar o tempo de tratamento.

Para aumentar a hidrólise CAFANTARIS *et alii* (1985), IBRAHIM *et alii* (1985), JAYASURIYA & PEARCE (1983), SILVESTRE *et alii* (1976), VAN DER MERWE (1976), e WILLIAMS *et alii* (1984) incluíram um material fornecedor de urease, sementes de soja (Glycine max L.), sementes de melancia (Colocynthis citrullus (L.) Kunze), abóbora (Cucurbita maxima Duchesme), feijão de porco (Canavalia ensiformis) e fezes frescas de bovinos. SILVESTRE *et alii* (1976) incorporaram conteúdo ruminal. JAYASURIYA & PEARCE (1983) observaram que a urease das sementes de soja (Glycine max L.) ajudava a criar em poucas horas de tratamento uma atmósfera rica em amônia, sendo constatado uma rápida mudança da cor e cheiro forte do material tratado.

A diminuição no tempo de tratamento pode ocorrer também na palha de arroz, onde no material não tratado a hidrólise da uréia à amônia ocorre em aproximadamente 2 a 3 semanas. Esse tempo poderá ser reduzido para 5 dias com o fornecimento de urease (JAYASURIYA & PEARCE, 1983). IBRAHIM *et alii* (1985) testando a eficiência de alguns fornecedores de urease constataram uma diminuição no tempo de reação de 21 para 1 dia. Para uma atividade de urease de 25% e 100% com um tratamento de incorporação de 8% de uréia na palha, o tempo de reação foi de 4 dias e 2 dias respectivamente, segundo JAYASURIYA & PEARCE (1983).

2.2.2 Quantidade do fornecedor de amônia a ser adicionada

Dentro dos fatores que afetam a amonificação um dos primeiros a ser estudado foi o nível de uréia ou amônia a serem utilizados no material a ser tratado.

JAYASURIYA & PERERA (1982) encontraram ótimos resultados quando a palha de arroz foi ensilada em sacos plásticos com 4% de uréia durante 3 a 4 semanas de tratamento. SAADULLAH *et alii* (1981) utilizando dois níveis de uréia, não encontraram vantagem no uso de 5%, no lugar de 3% uréia, apesar do efeito marginal em termos de digestibilidade e de consumo. GUPTA *et alii* (1985) tratando palha de arroz verificaram que um nível de 4% de uréia tinha um efeito definido na melhoria do valor nutritivo do material tratado. WAISS *et alii* (1972) observaram um efeito marginal na solubilidade enzimática da palha de arroz seca ao ar, quando os níveis de amônia foram aumentados de 5,2 para 7,8 na palha de arroz, a uma temperatura ambiente de 22°C. WAAGEPETERSEN & THOMSEN (1977), ao comparar níveis de amônia de 3,4 4,4 e 5,9%, observaram que a solubilidade enzimática na palha de cevada aumentava conforme a elevação nos níveis de amônia, sendo o efeito maior em baixas temperaturas (15°C). Para uma temperatura de 55°C, os autores mostraram

que houve um efeito negativo na digestibilidade e um pequeno efeito no conteúdo da proteína bruta. Os outros explicam que o efeito negativo do tratamento a uma temperatura de 55 °C poderia ser devido a mudanças na disponibilidade de certos carboidratos ou a formação de materiais inibidores. Testando diferentes tipos de amonificação, BORAHAMI & SUNDSTØL (1982) determinaram que o aumento de amônia de 2% para 4% promoveu um aumento na digestibilidade da matéria orgânica da palha. SOLAIMAN *et alii* (1979) verificaram que 3% de amônia era um nível adequado, o que foi também comprovado por GARRET *et alii* (1974). SUNDSTØL *et alii* (1978) mostraram que os aumentos dos níveis de amônia de 1% para 2,5% promoveu um aumento substancial na digestibilidade da matéria orgânica e que elevando esses níveis de 2,5% para 4%, resultou em uma pequena melhoria na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. SUNDSTØL *et alii* (1978) afirmaram que ocorre muito pouca melhoria na digestibilidade a partir dos aumentos dos níveis de amônia acima de 3 e 4% na matéria seca. Trabalhos experimentais relatados por SUNDSTØL & COXWORTH (1984) mostraram os mesmos resultados. Os mesmos autores afirmaram que os níveis ótimos e econômicos na dosagem de amônia ficam provavelmente entre 2,5 a 3,5% da matéria seca, para uma temperatura de aproximadamente 24°C.

2.2.3 Umidade da palha

Entre os fatores que influenciam a amonificação, a umidade é um dos mais importantes. Resultados obtidos por WAISS *et alii* (1972) indicaram que um efeito significativo da amonificação foi obtido com uma umidade de 30%. IBRAHIM *et alii* (1986) demonstraram que uma umidade de 100% e outra de 30% são igualmente eficientes na melhoria da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica e admitiram que os requerimentos por água poderiam ser reduzidos. SUNDSTØL *et alii* (1978) demonstraram que aumentando o nível de umidade de 12% para 50% ocorreu um efeito positivo na digestibilidade *in vitro* da palha tratada. Resultados semelhantes foram encontrados também por SOLAIMAN *et alii* (1979). GUPTA *et alii* (1985) observaram que um nível de umidade de 50% com 4% de uréia e 4 semanas de tratamento, promoveram um aumento na porcentagem de proteína e uma diminuição no conteúdo de fibra. O que poderia ser devido a parcial solubilização da hemicelulose, sílica e lignina, embora não celulose com o alcali.

Estudando níveis elevados de umidade, KIANGI *et alii* (1981) reportaram que o tratamento com amônia era mais eficiente para níveis de 40% comparados a 20% para palha de arroz e de trigo, mas não para restos de cultura de milho. CLOETE & KRITZINGER (1984a), testando níveis de umidade de 25 e 37,5%, verificaram que o tratamento foi mais rápido e efetivo em níveis elevados de umidade, exceto para temperaturas baixas. Para níveis de umidade de 25%, 37,5% e

50%, CLOETE & KRITZINGER (1985), observaram que mais uréia foi hidrolisada em níveis elevados de umidade, o que confere com os resultados obtidos por WILLIAMS *et alii* (1984). De acordo com CLOETE & KRITZINGER (1985) os níveis elevados de umidade resultam numa rápida e eficiente amonificação, e que para níveis de umidade relativamente baixos é necessário um tempo de tratamento maior para se obter resultados aceitáveis. Para níveis baixos de umidade (3,3%), SUNDSTØL (1983/84) não encontrou efeitos do tratamento com amônia gasosa na solubilidade enzimática e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Num estudo feito por BORHAMI & SUNDSTØL (1982) foi observado um claro efeito do aumento da umidade sobre a amonificação. SUNDSTØL (1983/84), através de resultados obtidos com a aplicação de 25% de amônia em solução, observaram um efeito positivo do tratamento com níveis de umidade de 15 a 20%, o que inclui a água adicionada para formar a solução de amônia. O autor considerou esses níveis de umidade como ótimos para o armazenamento do material tratado sem deterioração.

Em níveis elevados de umidade no material, o uso da amônia pode ser problemático, interferindo com a distribuição quando o produto é injetado (SUNDSTØL *et alii*, 1978). Além disso, pode também haver risco maior de dano durante o armazenamento por fungos e aumentar os problemas de manejo (SUNDSTØL & COXWORTH, 1984).

2.2.4 Temperatura

De uma forma geral as reações químicas são mais rápidas em temperaturas elevadas do que em baixas. CLOETE & KRITZINGER (1984a) observaram que para uma temperatura de 35°C a amonificação foi mais rápida e efetiva, que quando a temperatura era de 24°C, mas que menos uréia foi hidrolisada a amônia na temperatura de 35°C. Os autores consideram que essa tendência foi devida a uma diminuição na atividade da urease a temperatura mais elevada, ao passo que a reação de amonificação foi aumentada pelas temperaturas elevadas de 24°C e 35°C. JAYASURIYA & PERERA (1982) relataram que a amônia reage lentamente, e que seu efeito é incrementado pelos aumentos de temperatura. Os autores verificaram que a uma temperatura de 28°C a ensilagem de palha de arroz com uréia foi satisfatória. WAAGEPETERSEN & THOMSEN (1977) encontraram um aumento na digestibilidade da palha quando a temperatura foi elevada de 15°C para 30°C; o aumento da temperatura de 30°C para 45°C resultou numa pequena melhoria, e resultados negativos ocorreram quando a temperatura foi aumentada de 45°C para 55°C. SUNDSTØL & COXWORTH (1984) relataram que foi encontrado um efeito positivo da temperatura quando esta foi aumentada de -20 para 20 e 25°C. Para temperatura de 4°C a liberação de amônia parece ser lenta, o que resulta numa menor eficiência da amonificação, segundo CLOETE & KRITZINGER (1984).

ØRSKOV *et alii* (1983) verificaram que quando

a amônia foi injetada em fardos a temperatura aumentava entre 2 a 4 horas após a injeção para aproximadamente 30°C. Posteriormente observou-se um decréscimo lento da temperatura até atingir a temperatura ambiente, em aproximadamente 16 dias. Durante o primer dia ocorria uma queda de temperatura para - 40°C, como consequência do calor perdido pela volatilização da amônia líquida. As observações feitas por diferentes autores indicam (SUNDSTØL & COXWORTH, 1984) que a amônia gasosa injetada em pilhas de fardos de palha determinaram uma rápida elevação da temperatura para valores entre 40°C e 60°C. Os resultados revelaram que esses valores dependem da temperatura inicial, nível de amônia, conteúdo de umidade e outros fatores.

SUNDSTØL & COXWORTH (1984) consideraram que a imediata elevação da temperatura após aplicação da amônia é considerada de significância limitada, sendo que a temperatura do ambiente é de maior importância na velocidade de reação entre o agente químico e a palha. Os autores afirmaram que a reação nas temperaturas próximas de 100°C é imediata e que nas temperaturas próximas de 0°C a velocidade de reação é muito lenta. Neste caso um tempo longo de tratamento poderá compensar as temperaturas baixas objetivando a obtenção de resultados positivos no aumento do valor nutritivo do material tratado.

2.2.5 Tempo de tratamento

A amônia liberada pela hidrólise da uréia reage lentamente com a palha, e assim sendo, o efeito da amônia dependerá de um determinado tempo de tratamento. Esse tempo necessário para o tratamento de palhas de cereais e resíduos de outras culturas depende da temperatura ambiente (SUNDSTØL & COXWORTH, 1984).

Em muitos dos trabalhos iniciais para a amonificação de palhas, o tempo de tratamento aplicado foi pequeno, para se obter uma melhoria satisfatória no valor nutritivo do material tratado (SUNDSTØL *et alii*, 1978). WAAGEPETERSEN & THONSEM (1977), verificaram que um máximo na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica poderia ser obtido com um tempo de tratamento de 3 a 7 dias, com a aplicação de pequenas dosagens de NH_3 de 3.4% e 4.4% e temperaturas elevadas de 30°C e 45°C. Um período de tratamento de 10 dias foi determinado por SOLAIMAN *et alii* (1979) como adequado para aumentar a digestibilidade da palha de trigo. WAISS *et alii* (1972) e LAWLOR & O'SHEA (1979) encontraram um período de tratamento de 30 dias e HADJIPANAYIOTOU (1982) obteve uma melhora na digestibilidade da matéria seca *in vitro* num período de tratamento de 45 dias, para um nível de 10% de uréia e uma temperatura de 8.7°C. JAYASURIYA & PERERA (1982) sugeriram um período de tratamento de 3 a 4 semanas, mais 4% de uréia e GUPTA *et alii* (1985) estabeleceram um período de 4 semanas. BORHAMI & SUNDSTØL (1982) demonstram que o efeito sobre a

digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi mais pronunciado quando o tempo de tratamento foi aumentado de 3 para 6 semanas, para uma dosagem de amônia de 2% e 4%. e uma temperatura de aproximadamente 18.5°C. CLOETE & KRITZINGER (1984a)KRITZINGER (1984a) verificaram que um período de tratamento de uma a duas semanas a 35°C resultou em valores de digestibilidade da matéria orgânica *in vitro* comparáveis àqueles obtidos depois de um período de tratamento de 6 semanas a 24°C e um período de tratamento de 8 semanas para uma temperatura de 14°C e 4°C.

BORHAMI & SUNDSTØL (1982) observaram que com o aumento do tempo de tratamento de 3 para 6 semanas, o valor nutritivo do material tratado foi elevado de 60.1% para 74.5% na digestibilidade com 4% de amônia em solução. Fato semelhante foi mostrado por HARTLEY & JONES (1978) quando obtiveram melhoria na digestibilidade pelo aumento do período de tratamento de 1 semana para 13 semanas, a uma temperatura de 20°C.

Outra consideração a ser feita com relação ao tempo de tratamento, diz respeito a utilização da enzima urease com a finalidade de reduzir o tempo quando o tratamento é com uréia.

SUNDSTØL & COXWORTH (1984) relataram que o uso de 8,5% de soja como fornecedor de urease reduziu o tempo de tratamento de 21 dias para 3 dias, na palha de arroz ensilada com uréia. JAYASURIYA & PEARCE (1983) incorporando urease na solução de uréia, verificaram que o tempo de

tratamento foi reduzido de 21 dias para 2 e 4 dias. SUNDSTØL & COXWORTH (1984) estudando diferentes fornecedores da enzima urease e sua influência sobre o efeito do tratamento com uréia, verificaram que a inclusão da enzima urease reduzia o tempo de tratamento de 21 para 5 dias, IBRAHIM *et alii* (1985) estudando o efeito de diferentes fornecedores de urease no tempo de tratamento e na digestibilidade da palha de arroz, verificaram uma vantagem na redução do tempo de tratamento de 14 para 1 e 2 dias.

2.2.6 Qualidade e tipo de material a ser tratado

Este fator poderá de certa forma influenciar sobre o efeito da amonificação, porque foi observado que diferentes resíduos de culturas respondem diferentemente ao tratamento com álcali(SUNDSTØL & COXWORTH, 1984). A partir de um estudo feito por IBRAHIM & PEARCE (1983), foi possível determinar diferenças no grau de resposta de diferentes substratos a agentes químicos e aos seus níveis. Um resíduo não tratado, com uma baixa digestibilidade inicial tem uma melhora mais pronunciada do que aquele com uma digestibilidade inicial maior de acordo com WAISS *et alii* (1972). Essa observação foi confirmada por KERNAN *et alii* (1979), ao verificar que os resultados obtidos da digestibilidade após o tratamento e altamente dependente da qualidade inicial do material, como os cultivares de trigo,

aveia e cevada. Os dados encontrados por WALLI *et alii* (1988) demonstraram uma variação significativa entre variedades de palha de arroz, no que diz respeito ao potencial de degradabilidade e à taxa de degradação de matéria seca, perda de matéria orgânica e matéria orgânica digerível na matéria seca. KERNAN *et alii* (1979) observaram uma diferença ampla na curva de degradação para a perda de matéria orgânica das palhas e também observaram que o efeito do tratamento com amônia era maior em variedades de palha com baixo valor nutritivo do que para palhas de variedades melhores. HORTON (1978) e HORTON & STEACY (1979) mostraram que as palhas de diferentes cereais não respondem uniformemente ao tratamento com amônia.

Para diferentes tipos de materiais, IBRAHIM & PEARCE (1983) demonstraram diferentes efeitos pelos tratamentos com amônia gasosa, amônia em solução, uréia-amônia e outros tratamentos. Estes agentes químicos promovem um efeito positivo sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da palha de cevada e bagaço de cana. Para o resíduo de girassol tratado com uma solução de amônia e uréia-amônia não revelou efeitos significativos dos tratamentos, para a palha de ervilha o efeito do tratamento com os três agentes químicos já citados foi médio. Esses resultados foram também confirmados por SUNDSTØL *et alii* (1978), ao verificar que a resposta ao tratamento com álcali era geralmente menor para as leguminosas que para as gramíneas.

A utilização de amônia no tratamento de palhada de milho foi estudada por diversos pesquisadores. ROUNDS *et alii* (1976) não obtiveram resultados do tratamento de residuo de milho com uma solução de amônia devido a um tempo de tratamento relativamente curto de 24 horas. OJI *et alii* (1977) encontraram uma melhoria na digestibilidade da matéria orgânica da palhada de milho tratada com níveis de amônia de 3 e 5% e período de tratamento de 30 dias. KIANGI *et alii* (1981) estudando o efeito do tratamento com amônia sobre a digestibilidade *in vitro* das palhas de trigo, milho e arroz, dentro de condições diferentes, observaram um efeito maior do tratamento sobre a palha de arroz, a qual tinha uma digestibilidade inicial de 43% na matéria seca.

Para a casca de arroz, de baixa digestibilidade, o tratamento com amônia determina uma melhoria em sua qualidade como alimento, mas essa melhoria não é suficiente para considerar o produto como um alimento de valor na nutrição animal, segundo WHITE (1966) e FAHMY *et alii* (1968). Estudos feitos por KERNAN *et alii* (1981) com o uso de amônia em palhas de cereais e outros resíduos das culturas, forneceram evidências adicionais para confirmar o fato de que o tratamento com amônia tem um efeito relativamente mais pronunciado para materiais de baixa digestibilidade.

SUNDSTØL & COXWORTH (1984) questionaram o uso de alcali no caso de aqueles que fornecem nitrogênio como amônia gasosa e em solução e uréia para materiais com

digestibilidades de 55-65%, o que sera vantagem se o conteúdo de nitrogênio do material a ser tratado não seja adequado para a nutrição animal.

2.3 Fração nitrogenada das palhas tratadas

2.3.1 Níveis de proteína bruta

Considera-se que um dos fatores que influenciam sobre a baixa utilização das palhas na alimentação animal é o baixo conteúdo de proteína bruta de 4.5%, tornando-as inadequadas para satisfazer os requerimentos de manutenção de bovinos. (SAENGER *et alii*, 1983), KERNAN *et alii* (1979) estudando palhas de diferentes cultivares de trigo, aveia e centeio. observaram diferentes composições no conteúdo de proteína bruta. Esse fato foi confirmado por trabalhos de pesquisa analisados por SUNDSTØL & COXWORTH (1984). WALLI *et alii* (1988) estudando duas variedades de palhas de arroz também constatarau níveis baixos de proteína bruta. As variações nos teores de proteína bruta existente nas palhas de cereais, devem-se a variedades, condições de solo, adubação e outros fatores como maturidade irrigação e clima (SUNDSTØL e COXWORTH, 1984).

Uma das finalidades do tratamento químico com amônia e uréia é a de fornecer nitrogênio não proteico e

consequentemente aumentar os níveis de proteína bruta (SAENGER *et alii*, 1983) no material tratado, melhorando seu valor nutricional (HAMAD & EL-SAIED, 1982).

Em um estudo desenvolvido por KERNAN *et alii* (1979), com palhas de diferentes cultivares de trigo, aveia e centeio, o tratamento com amônia gasosa aumentou os níveis de proteína bruta em todos os cultivares de 3.6% para 11.7%; 3.9% a 8.5%; e de 4.9% para 10,2% nos cultivares de trigo, aveia e centeio. O fato foi também confirmado por ØRSKOV *et alii* (1988) e REID *et alii* (1988). Em um trabalho desenvolvido por WALLI *et alii* (1988), para estudar o efeito do tratamento com amônia em duas variedades de arroz, foi verificado tanto um aumento de proteína bruta de 6.9 e 5.2% para as duas variedades, como também uma elevação na concentração da proteína bruta em todas as partes da planta para as duas variedades. LAWLOR & O'SHEA (1979) ao tratar fardos de palha de cevada de 0.5 toneladas com amônia gasosa por um período de tratamento de 30 e 56 dias, observaram um aumento da proteína bruta para o período de 30 dias. tratamento. Entretanto, não foram notadas diferenças no teor de proteína entre os períodos de 30 a 56 dias. Tratando fardos de palha de trigo, com peso médio de 295Kg, SAENGER *et alii* (1983) obtiveram aumentos de 3.6% para 11.2% da proteína bruta, para um período de tratamento de 12 semanas. Esses resultados também foram constatados por HADJIPANAYIOTOU (1982) para a palha de cevada picada tratada com uréia. Para um período menor do que 4 semanas de

tratamento, GUPTA *et alii* (1985) e JAYASURIYA & PERERA (1982) obtiveram aumentos na proteína bruta da palha de arroz tratada com quantidades diferentes de uréia de 3% e 4%.

Com a adição de níveis crescentes de uréia, observa-se geralmente um efeito linear nos aumentos da proteína bruta da palha tratada de 3.7% para 10.2% (MACDEARMID *et alii* 1988). Resultados mostrando efeitos lineares pela adição de níveis crescentes de uréia, também foram obtidos por DOLBERG *et alii* (1981) testando diferentes formas de armazenamento de palha de arroz, como poço de terra, cesta de bambu e cobertura com folhas de banana e coqueiro. O efeito linear depende de outros fatores que influenciam a amônificação das palhas, como a habilidade de diferentes cultivares em fixar nitrogênio durante o tratamento (KERNAN *et alii*, 1979).

Diferentes resíduos da agricultura respondem de uma forma diversa em termos de aumentos de proteína bruta como resultantes do tratamento químico. O trabalho desenvolvido por IBRAHIM & PEARCE (1983) demonstraram esse fato, pois o tratamento com amônia e uréia aumentou os níveis de proteína bruta de forma variável em função do material tratado, do nível de uréia ou amônia e do período de tratamento. O tratamento de palhada de milho com níveis diferentes de amônia promoveu um aumento nos teores de proteína bruta, de acordo com trabalhos de OJI *et alii* (1977) e de MORRIS & MOWAT (1980). Foi observado que para

diferentes resíduos de culturas como, bagaço de cana, caule de milho, palha de arroz e casca de arroz, o tratamento com uréia aumentou a quantidade de proteína de maneira diferente (HAMAD & EL-SAIED 1982).

Segundo KIANGI *et alii* (1981) a quantidade de amônia usada é o fator mais importante para aumentar o nível de proteína bruta das palhas tratadas.

2.3.2 Digestibilidade da proteína bruta

Nos trabalhos que procuram incorporar nitrogênio na palha tratada, considera-se como muito importante a disponibilidade do nitrogênio para uso pelo animal.

CLOETE & KRITZINGER (1984b) trabalhando com dietas diferentes, encontraram um aumento na digestibilidade aparente da proteína bruta para a palha de trigo tratada com uréia para aquela suplementada com uréia. Entretanto, foi constatada uma menor digestibilidade aparente da proteína bruta da palha de trigo tratada com uréia, em relação a palha suplementada com uréia, fato esse atribuído à facilidade de degradação do nitrogênio da uréia pelos microorganismos do rúmem. Resultados encontrados por DIAS DA SILVA & SUNDSTØL (1986) indicaram que a digestibilidade aparente do nitrogênio das palhas amonificadas foi menor do que aquelas obtidas para as palhas suplementadas com uréia

durante a alimentação.

Resultados semelhantes em termos de aumentos na digestibilidade da proteína bruta foram obtidos por HORTON & STEACY (1979) com palhas de variedades de cevada, aveia e trigo tratadas com amônia, por SALDANA *et alii* (1983), com palhas de trigo tratada com amônia e amônia em solução por SAADULLAH *et alii* (1982), usando diferentes tratamentos na palha de arroz.

Segundo WANAPAT *et alii* (1985), os aumentos na digestibilidade da proteína bruta foram devidos à dieta de palha amonificada, folhas de mandioca secas e ao maior consumo de nitrogênio. HADJIPANAYIOTOU (1982) também encontrou aumentos significativos na digestibilidade da proteína bruta da palha tratada e considerou que as dietas com digestibilidade da proteína bruta elevada poderia ser consequência da elevada digestibilidade do concentrado.

SALDANA *et alii* (1982) relataram que o aumento no coeficiente de digestão da proteína bruta pela amonificação da palha indicou que parte do nitrogênio ligado a palha tratada estava disponível para os microrganismos do rúmen. Resultados similares foram também relatados por AL-RABBAT & HEANEY (1978). Entretanto, resultados diferentes foram encontrados por MORRIS & MOWAT (1980) ao determinar uma pequena diminuição na digestibilidade da proteína bruta. Esse tipo de resultado também foi encontrado por GARRET *et alii* (1979) e CLOETE *et alii* (1983 b) A pequena diminuição na digestibilidade da proteína bruta poderia ser devido à

ligação do nitrogênio via reação de MAILLARD, onde ocorre a condensação de aldeídos e açúcares ou a oxidação de fenóis, possivelmente lignina, com os compostos nitrogenados de acordo com a proposta de MORRIS & MOWAT (1980).

2.3.3 Formas e recuperação de nitrogênio

Uma das considerações a serem feitas na aplicação de agentes químicos que fornecem nitrogênio às palhas, através do tratamento, está relacionada com a forma pela qual este nitrogênio liga-se ao volumoso bem como sua disponibilidade para os microrganismos do rúmen. Também assume importância a recuperação do nitrogênio, aplicado, a partir das diferentes fontes. A extensão com que uma determinada quantidade de amônia se liga irreversivelmente à palha é de considerável importância. Esse nitrogênio ligado, para ser disponível para o ruminante, depende da temperatura e pressão na qual foi aplicada à amônia (DAVIS *et alii*, 1955). O nitrogênio total representa a soma do nitrogênio já existente na palha e aquele derivado a partir do nitrogênio aplicado.

LAWLOR *et alii* (1981) afirmaram que o nitrogênio ligado à palha através do tratamento fica rapidamente disponível para o ruminante. Afirmativa semelhante foi feita por GORDON & CHESSON (1983), que relataram que o nitrogênio solúvel poderá ser rapidamente

assimilado pelos microrganismos do rúmen. Por outro lado, GORDON & CHESSON (1983) relataram que o nitrogênio não amoniacal mostra-se mais firmemente ligado à palha, e que é pobremente digerido. Segundo STREETER & HORN (1984), a maior parte do nitrogênio presente na palha amonificada está na forma de nitrogênio amoniacal livre, sendo observado um nível elevado na palha tratada com elevada umidade. de 66.2% do nitrogênio total LAWLOR & O'SHEA (1979) afirmaram que o conteúdo de nitrogênio amoniacal livre aumenta a partir da amonificação da palha. Os valores obtidos por LAWLOR & O'SHEA (1979) indicaram que 58% da amônia gasosa permanece irreversivelmente ligada à palha após o tratamento. SAENGER *et alii* (1983), determinaram que 49% do nitrogênio amoniacal adicionado pelo tratamento com amônia foi retido pela palha de trigo tratada.

CLOETE & KRITZINGER (1984a), constataram que na palha de trigo amonificada os aumentos no conteúdo de nitrogênio amoniacal de 0.44% foi maior para uma temperatura de 24°C, relacionado as temperaturas de 4°C e 14°C. Os autores observaram que o nitrogênio amoniacal aumentou em função do período de tratamento e, que esse nitrogênio amoniacal ligado contribuiu para aumentar o nitrogênio total da palha.

Considerando a forma física do material a ser tratado, foi observado que para a palha não moída os níveis de nitrogênio amoniacal foram menores que os encontrados na palha moída. Esse fato poderia estar relacionado a uma inadequada distribuição da solução de uréia na palha não

móida ou a uma menor área de superfície de contato direto com a solução de uréia na palha integral, de acordo com relatos de CLOETE & KRITZINGER (1985).

Foi observado por MACDEARMID *et alii* (1988) que havendo aumentos nos níveis de aplicação de nitrogênio, ocorrerá uma elevação na quantidade do nitrogênio retido. Foi também constatado que com níveis elevados de uréia de 5.0% e 7.0%, a proporção de nitrogênio retida foi aproximadamente o dobro de 0.28 e 0.33 g/Kg de palha daquela atingida pela aplicação de amônia a qual foi de 0.15 g/Kg de palha.

Segundo KIANGI *et alii* (1981) na palha de arroz ocorre a mais elevada recuperação do nitrogênio aplicado, vindo em seguida a palha de trigo e finalmente a palha de milho com uma recuperação bem menor. Os autores observaram que a recuperação de nitrogênio foi elevada, mesmo com baixa taxa de aplicação e que o nitrogênio da uréia era mais fortemente retido pelas palhas do que o nitrogênio da amônia. Foi observado que a recuperação de nitrogênio tendia a diminuir com os aumentos nos níveis de amônia aplicados.

OJI *et alii* (1977) estudando o tratamento de palhas verificaram uma recuperação de nitrogênio, variando de 17 a 64%. Valores médios obtidos por MIRA *et alii* (1983) para o nitrogênio retido foram de 7,9g/Kg de palha, depois da amonificação.

No trabalho desenvolvido por DRYDEN & KEMPTON

(1983/84), foi observado que a maior parte do nitrogênio adicionado estava na fração solúvel em água, sendo 65% deste nitrogênio na forma amoniacal. Os autores relataram que 23% do nitrogênio adicionado foi retido como nitrogênio não amoniacal solúvel em água, e que 21% do nitrogênio retido na parede celular estava aparentemente ligado a lignina, na forma de uma amina aromática não identificada, que foi encontrada nas análises de aminoácidos da palha tratada. DRYDEN & KEMPTON (1983/84) consideraram que o nitrogênio amoniacal era fixado na palha na forma de lignina amoniacal.

2.4 Fração fibrosa das palhas tratadas

Com o avanço do estágio de crescimento ocorre uma mudança relativa na proporção de nutrientes das plantas, com diminuição no conteúdo de proteína (HEANEY *et alii* 1966; MELLIN *et alii*, 1962), aumento nos teores de fibra bruta e diminuição na digestibilidade da matéria seca (MURDOCK *et alii* 1961; HEANEY *et alii*, 1966).

Os constituintes da parede celular das plantas são compostos essencialmente de celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST, 1967). Durante a fase de crescimento o conteúdo de lignina aumenta (MEYER *et alii* 1957) e foi caracterizada uma correlação negativa entre lignina e/ou celulose e digestibilidade da matéria seca (DEHORITY *et alii* 1962, TOMLIN *et alii* 1965 e VAN SOEST 1964). Nas plantas a

lignina e a celulose ocorrem principalmente como um complexo lignocelulolítico e de acordo com DEHORITY & JOHNSON (1961) a lignina atua como uma barreira física entre celulose e as bactérias do rúmen.

Após a colheita, os resíduos das culturas que são denominados palhas, apresentam paredes celulares altamente lignificadas, acima de 80% na matéria seca (SUNDSTØL & COXWORTH, 1984). As paredes celulares são principalmente formadas por polissacarídeos estruturais e lignina e seu conteúdo em carboidratos rapidamente disponíveis é baixo (SUNDSTØL & COXWORTH, 1984). As palhas, apresentando um elevado conteúdo de fibra, revelam limitação na ingestão e na digestibilidade (HADJIPAYIOTOU, 1982).

Muitas pesquisas tem sido desenvolvidas com a finalidade de modificar a estrutura da parede celular das palhas. GUPTA *et alii* (1985), estudando a amonificação das palhas de arroz com diferentes níveis de uréia e períodos de tratamentos, observaram uma diminuição no conteúdo de fibra bruta no material tratado, e verificaram que a diminuição estava relacionada com os níveis de uréia aplicados e a duração dos períodos de tratamentos. Em um trabalho desenvolvido por BORHAMI *et alii* (1982) para estudar o efeito do tratamento com amônia e sua fixação com ácidos na palha de cevada, foi verificado que o conteúdo de fibra bruta na palha sofria uma pequena mudança, devido aos tratamentos. Foi constatado que a digestibilidade da fibra bruta da palha tratada com amônia e os ácidos fórmico e

acético foi elevada, mas que a palha tratada com ácido fosfórico, a digestibilidade da fibra bruta foi menor, mas um pouco superior em relação ao material não tratado.

Em um ensaio, WANAPAT *et alii* (1985) determinaram um coeficiente de digestão maior para a fibra bruta na palha de arroz amonificada com uréia e para o material tratado adicionado de folhas de mandioca secas, quando comparado com a palha não tratada. Foi verificado por HADJIPANAYIOTOU (1982) que a digestibilidade da fibra bruta encontradas nas dietas suplementadas com níveis elevados em concentrados, era baixa quando comparada com a palha de cevada amonificada com uréia. MERTERTENS & LOFTEN (1980) obtiveram resultados semelhantes, ao constatar uma diminuição da digestibilidade da fibra bruta, resultante da adição de carboidratos fermentescíveis.

Segundo SAADULLAH *et alii* (1982), dietas com palha de arroz tratada com uréia (amônia), hidróxido de sódio e cal, e suplementada com uréia na hora da alimentação, apresentaram uma melhoria na digestibilidade da fibra bruta. HORTON & STEACY (1979) observaram que para rações onde a palha era tratada com amônia gasosa houve um aumento marcante na digestibilidade da fibra bruta. Foi observado por CLOETE *et alii* (1983b) que a amonificação aumentava significativamente a digestibilidade da fibra bruta. Os autores concluíram que os aumentos na digestibilidade aparente das diferentes frações da fibra foi devido ao nível mais elevado de proteína. Aumentos

comparáveis na digestibilidade aparente das diferentes frações de 60.1%, 60.3%; 61.7%, 59.5%; e 77.6%, 78.5% para a matéria seca, ácido detergente fibra e celulose, foram relatados por OJI *et alii* (1977). Em um trabalho desenvolvido por CLOETE & KRITZINGER (1985) com palha de trigo tratada, foi verificado que ocorria uma diminuição no conteúdo de parede celular com o aumento do período de tratamento do material.

Foi verificado por KIANGI *et alii* (1981) que havia uma diminuição dos constituintes da parede celular como consequência da umidade, período de tratamento de 15 a 30 dias e nível de de amônia de 2.5% e 5.0% fornecedor de amônia (amônia gasosa ou em solução e uréia) nas palhas de milho, trigo e arroz. Para a palha de milho, os autores observaram diferenças dentro de cada fator estudado, em relação ao efeito sobre o conteúdo de parede celular. Dentro dos fatores umidade e período de tratamento, ocorreram diferenças no conteúdo da parede celular para a palha de trigo. Os diferentes níveis de amônia apresentaram diferenças de efeitos no conteúdo de parede celular, sendo mais pronunciado para o nível maior de 5% de amônia. Para o estudo sobre os fornecedores de amônia, a uréia causava uma diminuição menor de 72.9% no conteúdo de parede celular sendo o efeito maior de 71.9% e 71.9% para a amônia em solução e amônia gasosa, que foram iguais entre si. Com relação à palha de arroz, foi verificado que a mesma mostrava uma diminuição no conteúdo de parede celular,

dentro os fatores umidade, período de tratamento e nível de amônia. O efeito na diminuição do conteúdo de parede celular foi menor de 74.3% para a amônia gasosa, em relação a uréia e amônia em solução, os quais foram de 74.9% e 74.6%. Dentro dos fatores estudados, foi verificado que o mais importante para a diminuição dos constituintes da parede celular era o nível de amônia.

A literatura revela que a amonificação promove aumentos na digestibilidade da matéria orgânica das palhas, fato esse determinado pela elevação da digestibilidade das frações ácido detergente fibra (ADF) e neutro detergente fibra (NDF). O trabalho desenvolvido por MACDEARMID *et alii* (1988) mostra que o coeficiente de digestibilidade da ADF foi aumentado pelo tratamento da palha de cevada com uréia e amônia. Segundo WAAGEPETER & THOMSEM (1977) o aumento na solubilidade enzimática da matéria seca da palha, foi acompanhado por um decréscimo no conteúdo de ADF. Os autores verificaram que aumentos na solubilidade enzimática devido ao tratamento com calor e pressão, não foram acompanhados por um decréscimo no conteúdo de ADF.

IBRAHIM & PEARCE (1983) estudando o efeito de diferentes agentes químicos em subprodutos de culturas, verificaram que os aumentos nos níveis do agente químico causava um decréscimo no conteúdo de NDF, hemicelulose e lignina. Os autores observaram que para alguns casos existia uma correlação entre os componentes da parede celular e a digestibilidade da matéria orgânica *in vitro*, embora estas

relações tenham sido inconscientes. As mudanças no conteúdo de ADF foram menores do que aquelas observadas para o NDF e os pesquisadores concluíram que o mesmo agente químico era capaz de afetar os diferentes substratos de formas diferentes.

Aumentos nos níveis de ADF e ácido detergente lignina (ADL) na palha de arroz amonificada com uréia, adicionada a folhas de mandioca, foram observados por WANAPAT *et alii* (1985). O aumento do ADF em volumosos amonificados está relacionado a um efeito de diluição causado pela solubilização da hemicelulose, de acordo com SOLAIMAN *et alii* (1979).

Uma pequena redução no conteúdo de hemicelulose foi obtida por CLOETE & KRITZINGER (1984b), HORTON (1981), ABADIN & KEMPTON (1981), IBRAHIM & PEARCE (1983). A redução de hemicelulose, está geralmente associada com um pequeno aumento da ADF e a um decréscimo marginal nos constituintes da parede celular, de acordo com os trabalhos de OJI *et alii* (1977), SOLAIMAN *et alii* (1979) e CLOETE *et alii* (1983b).

Os resultados obtidos por SALDANA *et alii* (1983) indicaram que os aumentos na digestibilidade da ADF, devido ao tratamento com amônia na palha de trigo, poderiam ser atribuídos à quebra das ligações entre lignina e celulose ou hemicelulose.

Resultados obtidos por CLOETE *et alii* (1983b), num estudo sobre amonificação de palha, indicaram que os aumentos na digestibilidade aparente do ADF não foram

significativos, e que a elevação da digestibilidade aparente das diferentes frações da fibra foi devida ao nível mais elevado de proteína no material tratado.

ØRSKOV *et alii* (1988) verificaram que o tratamento com amônia em palhas de diferentes variedades de cevada causou pequenas diferenças entre a ADF, o NDF e a lignina. O estudo mostrou serem as indicações obtidas insuficientes para explicar a melhoria devida ao tratamento com amônia, e que havia diferenças entre variedades. WALLI *et alii* (1988) observaram, em duas variedades de palha de arroz, pequenas diferenças na concentração de NDF.

STREETER & HORN (1984) verificaram que a amonificação da palha de trigo aumentava o conteúdo de celulose e diminuía o de hemicelulose, promovendo também uma pequena mudança no conteúdo de lignina, como um resultado do tratamento com amônia.

Segundo STREETER & HORN (1984), o decréscimo maior na hemicelulose da palha tratada com amônia e em presença de umidade mais alta poderia ser atribuído a um maior contato entre as moléculas de amônia e as células da parede celular da palha, ocorrendo assim uma maior dissolução da hemicelulose e um pequeno aumento da lignina.

HORTON, (1981), estudando palhas de diferentes variedades de aveia, cevada e trigo, tratadas com amônia gasosa, observou uma tendência consistente na diminuição dos níveis de hemicelulose e lignina, o que evidenciava que o tratamento com amônia solubilizava alguma hemicelulose e

lignina na palha. O autor verificou que o nível de celulose não foi afetado, e relatou que o baixo conteúdo de lignina nas palhas tratadas com amônia poderia indicar que ocorria uma hidrólise das ligações entre os grupos de ácido urônico da hemicelulose e da celulose.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido junto ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e teve como objetivo caracterizar a viabilidade do uso da uréia como agente amonificador da palha de arroz, visando a melhoria do seu valor nutritivo. Para a liberação da amônia utilizou-se uma solução de uréia com fezes de bovino (SILVESTRE *et alii*, 1976), já que a atividade da urease na palha de arroz foi considerada baixa por IBRAHIM *et alii* (1985).

3.1 Pré - estudo

Antes do estabelecimento do experimento um pré-estudo foi conduzido junto ao Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" objetivando testar a metodologia proposta, bem como determinar a recuperação e a perda de nitrogênio por volatilização. Para tanto, soluções de uréia contendo fezes de bovino foram pulverizadas rapidamente sobre a palha de arroz umedecida para a obtenção de níveis de umidade próximas de 20% e 40%,

já que trabalhos experimentais mostraram haver efeito da umidade sobre a atuação da amônia nas palhas a serem tratadas (KIANGI *et alii*, 1981). A determinação da quantidade de água a ser adicionada foi feita através da seguinte fórmula:

$$(100 + x)y = 100(z + x)$$

onde x é a quantidade de água a ser adicionada, y é a umidade que se pretendia obter após a adição da água, e z é a umidade da palha que seria tratada (89% MS).

Para o teste de tratamento com uréia, 25g de palha previamente umedecida para obtenção de níveis de umidade próximos de 20 e 40% foram pulverizadas com soluções contendo 0,025g de fezes e uréia para perfazer 3%, 6% e 9% do peso da palha e adicionar 12,6, 25,2 e 37,8 g de N/kg de palha. A quantidade de água para diluição da uréia e fezes era retirada do total calculado para umedecimento do material a ser tratado, de maneira que a quantidade adicionada era a estabelecida previamente. Após a mistura das fezes com a água a solução era passada por um filtro para a remoção das partículas maiores, e então a uréia era adicionada às fezes com água e a mistura rapidamente pulverizada sobre a palha em ambiente aberto. Para cada nível de uréia e umidade três repetições foram estabelecidas, num esquema fatorial 4x2 Inteiramente Casualizado (STELL & TORRIE, 1980).

Após o tratamento, as amostras foram colocadas em vasos de vidro captadores de N descritas por BARRETO *et*

alti (1987), que eram seladas para evitar perdas de nitrogênio. Após um período de 8 dias, as amostras foram retiradas, moídas úmidas em moinho de laboratório com peneira de 1 mm, e submetidas a análise de nitrogênio pelo método de SARRUGE & HAAG (1974).

A perda de nitrogênio foi determinada comparando-se a quantidade total existente no meio logo após o tratamento (nitrogênio da palha + nitrogênio da uréia adicionada) com a quantidade de nitrogênio obtida na palha após 8 dias de tratamento.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente para a caracterização dos efeitos dos tratamentos sobre a palha de arroz, os quais indicaram a viabilidade do método proposto para tratamento da palha.

3.2 Trabalho experimental

A palha de arroz usada no experimento foi recolhida logo após a colheita e apresentava cerca de 50% de matéria seca. Foi secada ao sol até atingir 11% de umidade e armazenada a granel, coberta por lona plástica. Posteriormente o material foi picado através de um picador de forragem, obtendo-se partículas com no máximo 17 cm de comprimento.

O delineamento experimental proposto para o trabalho foi de um fatorial 4x2, inteiramente casualizado

(STEEL & TORRIE, 1980), onde 4 níveis de uréia (44% de N), a saber 0%, 3%, 6% e 9% foram aplicados, em palha umedecida para valores de umidade próximos de 20% e 40%, como descrito anteriormente. Para tanto, 1 kg de palha foi colocada sobre uma lona plástica e então pulverizada com uma solução de uréia contendo 1 g de fezes frescas de bovinos, sendo feitas 3 repetições para cada tratamento. O material tratado foi rapidamente colocado em sacos plásticos duplos, o ar retirado e os sacos fechados para evitar a volatilização da amônia. O esquema a seguir mostra os tratamentos propostos para 1 kg de palha.

TRATA- MENTO	% UMIDADE proposta	g. Uréia adicio- nadas	g. Fezes adicio- nadas	Quantidade potencial de NH ₃ para o tra- tamento g.
1	20	0	0	00,00
2	20	30	1	16,02
3	20	60	1	32,06
4	20	90	1	48,08
5	40	0	0	00,00
6	40	30	1	16,02
7	40	60	1	32,06
8	40	90	1	48,08

Durante o armazenamento da palha tratada, a temperatura ambiente média foi de 24,6°C no laboratório. O material ficou estocado por 59 dias, após os quais os sacos foram abertos e a palha moída em moinho de laboratório com peneira de 5mm. As amostras foram colocadas em vidros tampados e armazenadas em congeladores a temperatura de -10°C.

As determinações de matéria seca, nitrogênio

total e nitrogênio amoniacal foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela A.O.A.C. (1970). As análises de fibra em detergente ácido foram analisadas segundo o método descrito por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). A digestibilidade *in vitro* das amostras foi determinada pelo método de TILLEY & TERRY (1963) modificado por TINNIMET (1974).

Os dados obtidos no experimento foram analisados segundo um delineamento experimental de um fatorial 4x2 (STELL & TORRIE, 1980), de acordo com o esquema que se segue, e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

Causas de Variação	G.L.
Tratamentos	7
Níveis de Uréia (UR)	3
Níveis de Umidade (UM)	1
UR x UM	3
Resíduo	16
TOTAL	23

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Pré - estudo

A tabela 1 mostra a porcentagem de nitrogênio perdido nos recipientes usados no pré-estudo e indica que tanto os níveis de uréia usados nos tratamentos, quanto a umidade do material, influenciam sobre a quantidade de nitrogênio retido pela palha. A análise estatística (tabela 2) mostra que foram obtidos efeitos significativos para níveis de uréia, de umidade e para a interação entre os dois fatores, já que no menor nível de umidade não ocorreram diferenças significativas entre os valores de nitrogênio perdido para os níveis de 6 e 9% de uréia.

Tabela 1. Porcentagem de nitrogênio volatilizado no teste de tratamento de palha com uréia (%).

UMIDADE PROPOSTA %	NÍVEIS APLICADOS DE URÉIA			MÉDIAS
	3%	6%	9%	
20	18,72 ^{ax}	15,30 ^{bx}	14,80 ^{bx}	16,46 ^x
40	33,62 ^{ay}	41,94 ^{by}	53,77 ^{cy}	43,11 ^y
MÉDIAS	26,17 ^a	28,62 ^b	34,28 ^c	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

a, b, c - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 2. Análise de Variância para a determinação de perdas de nitrogênio.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	2	428,82	214,41	5,65
Níveis de Umidade (UM)	1	2832,39	2832,39	74,61
UR x UM	2	387,04	193,52	5,61
Resíduo	11	417,61	37,96	
TOTAL	16	4065,86		

* - significativo (P<0,05)

C.V. = 20,16%

Os resultados obtidos indicam que a umidade da palha não só é um fator que influencia sobre a hidrólise da uréia, como também tem relação com a quantidade de nitrogênio volatilizado no tratamento, já que no nível mais baixo de umidade foram perdidos em média 16,46% do nitrogênio, ao passo que no material mais umido, as perdas foram de 43,11% em média. Esses dados indicam que a umidade

maior da palha favorece a hidrólise da uréia, formando amônia (NH_3), fato que poderia ser explicado pelas condições de acidez do meio (FERGUSON *et alii*, 1984).

Pode-se verificar que na palha de menor umidade a porcentagem de nitrogênio volatilizado foi menor nos níveis mais altos de uréia aplicado. Este fato indica que houve desprendimento menor de amônia ou seja pela formação de NH_4^+ devido à presença de um meio mais ácido, ou porque não houve hidrólise da uréia.

A umidade é um fator importante na hidrólise da uréia para amônia (CLOETE & KRITZINGER, 1985).

Os resultados obtidos estão de acordo com os publicados por CLOETE & KRITZINGER (1985), OJI *et alii* (1979) e SUNDSTOL & COXWORTH (1984), que observaram uma maior hidrólise da uréia em níveis mais altos de umidade. KIANGI *et alii* (1981) também observaram um eficiência maior no tratamento com uréia, como fornecedora de amônia, em um nível de umidade mais elevado para as palhas de arroz e trigo, mas não para a palha de milho.

Os dados apresentados na tabela 1 também indicam que as porcentagens de perdas de nitrogênio são menores quando a quantidade de uréia aplicada é menor. Resultados semelhantes foram relatados por KIANGI *et alii* (1981).

Pode-se verificar que a perda de nitrogênio dentro da umidade teórica de 40% foi crescente, à medida que foram aumentadas as quantidades de uréia aplicadas na palha

de arroz sendo o efeito mais pronunciado na palha mais úmida, que teóricamente devia ter 40% de umidade. Os índices de perda mais baixos poderiam ser atribuídos a uma menor perda por volatilização na palha menos úmida e ao curto tempo de duração do pré-estudo, que foi de 8 dias. Talvez o tempo não tenha sido suficiente para que uma quantidade maior de uréia fosse hidrolisada, e, assim, nos níveis mais elevados de aplicação de uréia na palha a hidrólise não tenha sido completa. Pode-se sugerir que para a palha de menor umidade seja necessário um tempo maior de tratamento. Deve-se mencionar que a temperatura média ambiente foi de 24,6°C, considerada adequada para a hidrólise da uréia (CLOETE & KRITZINGER, 1984a).

Estudos conduzidos por WAISS *et alii* (1972) mostram que para a obtenção de uma melhor amonificação do material tratado era necessário 30 dias, ao passo que KIANGI *et alii* (1981) sugeriram um período de 15 a 30 dias. HADJIPANAYIOTOU (1982) considerou que a reação da uréia com a palha se completava em aproximadamente 30 dias, e SUNDSTOL *et alii* (1978) recomendaram um tempo de tratamento de 1 a 8 semanas, para temperaturas de 5 a 30°C.

A quantidade de nitrogênio, em g/kg, contida na palha tratada e não tratada pode ser vista na tabela 3. A tabela 4 mostra a análise estatística, revelando os efeitos significativos obtidos para os níveis de uréia, níveis de umidade e para a interação entre os dois fatores, já que na quantidade de nitrogênio para os níveis de 6% e 9%

de uréia aplicada.

Tabela 3. Quantidade de nitrogênio em g/Kg de palha tratada e não tratada determinado para as amostras utilizadas no pré-estudo.

UMIDADE PROPOSTA %	NÍVEIS APLICADOS DE URÉIA				MÉDIAS
	0%	3%	6%	9%	
20	5,81 ^{ax}	14,55 ^{bx}	25,74 ^{cx}	38,64 ^{dx}	21,19 ^x
40	5,65 ^{ax}	11,88 ^{bx}	17,64 ^{cy}	19,83 ^{cy}	13,75 ^y
MÉDIAS	5,73 ^a	13,22 ^b	21,69 ^c	29,24 ^d	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

a, b, c, d - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Tabela 4. Análise de Variância para a quantidade de nitrogênio na palha tratada e não tratada.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	3	1872,94	624,31	172,66
Níveis de Umidade (UM)	1	331,53	331,53	91,68
UR x UM	3	308,42	102,81	28,43
Resíduo	16	57,85	3,62	
TOTAL	23	2570,74		

* - significativo ($P < 0,05$)

C.V. = 10,88%

Pode-se verificar que dentro do nível teórico de 20% de umidade, a inclusão de doses crescentes de uréia promovem aumentos significativos na quantidade de nitrogênio existente na palha, mas que no material mais úmido o aumento significativo foi crescente até o nível de 6% de uréia.

Como efeito geral, a palha de menor umidade apresentou um nível de nitrogênio (21,19 g/kg) significativamente maior que o material mais úmido (13,75 g/kg).

Deve-se considerar que os efeitos observados estão de acordo com as informações coletadas com respeito à perda de nitrogênio no processo (tabela 1) onde observa-se perdas significativamente maiores no material mais úmido, contendo os níveis mais elevados de uréia. Por outro lado, a inclusão de uma maior quantidade de uréia promoveu, além de perdas crescentes, também uma maior disponibilidade de nitrogênio na palha, isto porque maior quantidade de uréia foi hidrolisada na palha mais úmida.

O nitrogênio contido na palha tratada representa a soma do nitrogênio proteico contido na palha e do nitrogênio não proteico (amídico na uréia e outras formas) incorporado principalmente pela hidrólise da uréia. Deve-se também mencionar, como discutido anteriormente, que uma parcela da uréia aplicada provavelmente não sofreu hidrólise, o que ficou melhor caracterizado na palha tratada que apresentava um teor mais baixo de umidade. Na tabela 1 ficou evidente que as perdas de nitrogênio diminuíram com o incremento da dosagem de uréia na palha que devia ter 20% de umidade, e na tabela 5 é possível verificar que a quantidade de nitrogênio contido nas amostras era muito elevada para a palha tratada com uréia e teoricamente 20% de umidade.

Atraves do pre-estudo foi possível verificar que a metodologia proposta de tratamento de palha de arroz

com uréia era viável, e que o tempo de tratamento talvez devesse ser ampliado. Ficou também evidenciado que a hidrólise da uréia, mesmo na presença de fezes de bovino como elemento fornecedor da urease, depende da umidade do meio, confirmando ensaios experimentais (WILLIAMS *et alii*, 1984 e CLOETE & KRITZINGER, 1984a) realizados em condições diferentes de clima e metodologia.

4.2 Teores de umidade da palha tratada

Os teores de umidade da palha tratada estão relacionados na tabela 5. A tabela 6 mostra a análise de variância, indicando os efeitos significativos obtidos pela incorporação de água.

Tabela 5. Teores de umidade da palha usada no trabalho experimental (%).

UMIDADE PROPOSTA %	NIVEIS APLICADOS DE URÉIA				MÉDIAS
	0%	3%	6%	9%	
20	15,06	13,88	13,34	12,94	13,80 ^x
40	32,31	32,17	32,59	31,25	32,92 ^y
MÉDIAS	23,69 ^a	23,02 ^a	22,96 ^a	22,09 ^a	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

a, b - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 6. Análise de Variância para os teores de matéria seca da palha tratada com uréia^a.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	3	7,69	2,56	1,93
Níveis de Umidade (UM)	1	2003,30	2003,30	1515,39
UR xUM	3	3,01	1,00	0,76
Resíduo	16	21,15	1,32	

* - significativo ($P < 0,05$) C.V. = 1,49%

^a A análise de variância foi realizada com os valores de matéria seca.

Como pode ser visto, a incorporação de água à palha a ser tratada, pela metodologia proposta, não conseguiu elevar os níveis de umidade para aqueles desejados de 20% e 40%. Entretanto, as diferenças foram pequenas, entre 6 e 7 unidades percentuais de umidade, fato esse que não comprometeu o estudo proposto. Deve-se mencionar que as diferenças de umidade foram significativas entre os níveis de 20 e 40% propostos, e que a avaliação dos efeitos dos tratamentos poderá então ser caracterizada com a umidade existente no material de 13,80 e 32,92%. Por outro lado, pode-se verificar que não ocorreram diferenças significativas nos teores de umidade das palhas dentro dos diferentes níveis de uréia.

4.3 Teores de proteína bruta da palha tratada e não tratada

A tabela 7 mostra os teores de proteína bruta determinados para as amostras usadas no trabalho experimental, e a tabela 8 mostra a análise estatística para a variável, indicando efeitos significativos para níveis de uréia, níveis de umidade e interação.

Tabela 7. Teores de proteína bruta na matéria seca da palha tratada e não tratada (%).

UMIDADE PROPOSTA %	NÍVEIS APLICADOS DE URÉIA				MÉDIAS
	0%	3%	6%	9%	
20	4,15 ^{ax}	10,92 ^{bx}	17,28 ^{cx}	26,19 ^{dx}	14,63 ^x
40	4,35 ^{ax}	10,09 ^{bx}	14,05 ^{cy}	15,97 ^{cy}	11,11 ^y
MÉDIAS	4,25 ^a	10,50 ^b	15,66 ^c	21,08 ^d	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05)
a, b, c, d - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 8. Análise de Variância para os teores de proteína bruta da palha.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	3	930,87	310,29	446,33
Níveis de Umidade (UM)	1	74,48	74,48	107,14
UR x UM	3	99,03	33,01	47,48
Resíduo	16	11,12	0,69	
TOTAL	23			

* - significativo (P<0,05)

C.V. = 6,47%

Pode-se verificar que os efeitos conseguidos nos teores de proteína da palha tratada após 59 dias, foram semelhantes àqueles observados no pré-estudo, com 8 dias de tratamento e que os valores de proteína bruta para as médias de tratamentos foram ligeiramente superiores, como pode ser visto a seguir, onde é representado a transformação dos dados obtidos na tabela 3 para valores de proteína bruta:

- Médias para teores de umidade proposta:

20% = 13,68% PB

40% = 8,59% PB

- Médias para os níveis de uréia:

0% = 3,58% PB

3% = 8,26% PB

6% = 13,55% PB

Analisando-se a tabela 3, deve-se também mencionar que os efeitos de adição de uréia seguiram o mesmo padrão observado no pré-estudo, ou seja, na palha apresentando maior teor de umidade, os incrementos nos valores de proteína ocorreram até a inclusão de 6% de uréia, não havendo efeitos significativos entre esse nível e 9% (comparar com efeitos observados na tabela 3). Pode-se também verificar que as perdas de nitrogênio observadas no pré-estudo (tabela 1), explicam o motivo de se obter níveis mais baixos de proteína bruta na palha, apresentando teores mais elevados de umidade.

Os dados obtidos permitem supor que o tempo de 8 dias utilizados no pré-estudo tenha sido suficiente para

completar a amonificação da palha, já que os resultados foram semelhantes e próximos aos obtidos com o uso de sacos plásticos e período maior de tratamento, fato esse que poderá auxiliar em estudos em diferentes resíduos em escala piloto de laboratório. A sugestão apontada no pré-estudo de que no tempo de 8 dias não tenha havido tempo para uma maior hidrólise da uréia na palha não se confirmou durante o teste em tempos mais longos, já que os teores de proteína bruta das amostras foram bastante próximas (14,63% PB para 59 dias e 13,68% PB para 8 dias). Assim sendo, a unidade da palha parece ser o fator realmente importante para a liberação de amônia e tratamento de palhas de cereais, considerando o fato de que a temperatura ambiente foi adequada.

O tratamento com uréia de 3% elevou os teores médios de proteína da palha de arroz de 4,25% para valores acima de 10%, cumprindo assim um dos objetivos do processo, sendo este resultado semelhante aos de SALDANA *et alii*, 1983; MACDEARMID *et alii*, 1988; CLOETE & KRITZINGER, 1984b), e indicando que a metodologia proposta foi válida. Acredita-se que os volumosos a serem utilizados na alimentação de ruminantes devam ter pelo menos 8 a 10% de PB para o fornecimento de nitrogênio para os microorganismos do rumen (HAN, 1978).

Teores de proteína bruta bastante elevados, variando de 15 a 28% após a amonificação de diferentes palhas de cereais foram também obtidos por diferentes pesquisadores como CLOETE *et alii* (1983a), OJI *et alii*

(1977), BORHAMI *et alii* (1982), STREETER & HORN (1984), GUPTA *et alii* (1985), HAMAD *et alii* (1982) e IBRAHIM & PEARCE (1983), indicando que os valores determinados para os níveis de 6% e 8% de uréia estão dentro do esperado para a técnica empregada.

Alguns trabalhos publicados sobre a amonificação de palhas (LAWLOR & O'SHEA, 1979; KIANGI *et alii*, 1981; SALDANA *et alii*, 1982; SUNDSTOL, 1983/84; SUNDSTOL & COXWORTH, 1984; JAYASURIYA & PERERA, 1982; WANAPAT *et alii*, 1985; DOLBERG *et alii*, 1981; SAADULLAH *et alii*, 1981, MACDEARMID *et alii*, 1988) obtiveram incrementos nos teores de proteína bruta de palha de cereais de 10%, como consequência da dosagem, do tipo de palha, do método de tratamento e de outros fatores. Para o caso do presente estudo o nível de 3% de uréia possibilita a obtenção de palhas com um teor médio de 10,5% PB, valor esse que colocaria a palha numa categoria de volumoso de boa qualidade (NRC, 1988) se o mesmo fosse avaliado somente pela composição em nitrogênio.

4.4 Conteúdo de Nitrogênio Amoniacal das Amostras

A tabela 9 mostra os resultados obtidos pela análise de nitrogênio amoniacal nas amostras usadas no trabalho experimental, e a tabela 10 indica o resultado da análise estatística da variância.

Tabela 9. Teores de nitrogênio amoniacal na matéria seca das amostras de palha tratada e não tratada (%).

UMIDADE PROPOSTA %	NÍVEIS APLICADOS DE URÉIA				MÉDIAS
	0%	3%	6%	9%	
20	0,12	0,87	1,27	1,69	0,99
40	0,20	0,91	1,45	1,72	1,07
MÉDIAS	0,16 ^a	0,89 ^b	1,36 ^c	1,71 ^d	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

a, b, c, d - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Tabela 10. Análise de Variância para teores de nitrogênio amoniacal da palha tratada.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	3	8,042	2,680	320,56
Níveis de Umidade (UM)	1	0,042	0,042	5,08
UR x UM	3	0,021	0,007	0,86
Resíduo	16	0,133	0,008	
TOTAL	23			

* - significativo ($P < 0,05$)

C.V. = 8,86%

Pode-se verificar que adição de água à palha não tratada elevou significativamente o conteúdo de nitrogênio amoniacal de 0,12% na matéria seca para 0,20%. Esse fato poderia ser atribuído talvez à atividade de microrganismos, já que a palha umedecida foi colocada em sacos plásticos, e armazenada em ausência de ar por um

período de 59 dias. Sabe-se que na ensilagem de plantas forrageiras existem modificações na fração nitrogenada, com elevação do conteúdo de nitrogênio amoniacal (WOOLFORD, 1984).

A adição de níveis crescentes de uréia promoveu aumentos nos teores de nitrogênio amoniacal na palha tratada, indicando que a metodologia proposta foi capaz de efetivamente amonificar o resíduo agrícola mais seco e mais úmido. Ficou também evidente, pela análise dos dados, que uma palha mais úmida houve uma amonificação mais eficiente, já que os valores de nitrogênio amoniacal de 1,07% foram significativamente maiores que 0.99% . Seria interessante ressaltar que a quantidade total de nitrogênio existente na palha de menor teor de umidade (tabela 7) era significativamente maior que o analisado para a palha mais úmida, sendo o efeito mais pronunciado para o nível de 9% de uréia. Apesar desse fato, a amonificação foi mais efetiva na palha mais úmida, já que a metodologia usada para a determinação de nitrogênio amoniacal possibilitou a determinação dessa fração na palha. Esses resultados indicam que a elevada quantidade de nitrogênio total existente na palha de menor umidade era devida à presença de uréia que não foi hidrolisada, como discutido anteriormente. Assim sendo, a sugestão de que o curto tempo de tratamento de 8 dias no pré-estudo não permitiu a hidrólise de toda a uréia, parece realmente não ser comprovada. Na realidade a umidade deve ter sido o fator mais importante na liberação

de amônia, o que está de acordo com CLOETE E KRITZINGER, 1984a).

Deve-se mencionar que apesar de se detectar teor significativamente menor de nitrogênio amoniacal na palha contendo 13,80% de umidade, os valores em termos quantitativos foram elevados, indicando que a amonificação também foi efetiva nesse nível de umidade. Deve-se, entretanto, ressaltar que a palha tratada poderia ser refugada pelos ruminantes, já que a uréia residual deve ter sido elevada e a adição de uréia em níveis acima de 1% faz com que os volumosos não sejam consumidos (HUBER *et alii*, 1980). Os dados obtidos no pré-estudo (tabela 1) indicaram que as perdas de nitrogênio na palha de umidade mais baixa era realmente reduzida.

Os valores relatados na literatura para a quantidade de nitrogênio amoniacal existente nas palhas de cereais tratadas variam de 0,30% a 0,58% (CLOETE & KRITZINGER, 1985; HADJIPANAYIOTOU, 1982; SOLAIMAN *et alii*, 1979; CLOETE & KRITZINGER, 1984a; DIAS DA SILVA E SUNDSTOL, 1986) sendo então consideravelmente menores que os observados no presente estudo. O fato poderia ser atribuído a uma possível capacidade maior de retenção de nitrogênio pela palha de arroz usada no presente estudo, já que KERNAN *et alii* (1979), WALII *et alii* (1988) e REID *et alii* (1988) encontraram diferenças marcantes entre a capacidade de fixação de nitrogênio para as palhas de cereais. De acordo com KERNAN *et alii* (1979), a fixação de nitrogênio é elevada

nas palhas que apresentam um nível original mais alto de nitrogênio, e deve-se considerar que a palha usada no presente estudo mostrava um teor de nitrogênio total relativamente alto, ao nível de 0,68% na matéria seca, correspondendo a cerca de 4,15% PB. De maneira geral, as palhas apresentam níveis de proteína bruta por volta de 3,12% a 3,75% na matéria seca (SUNDSTOL, 1983/84).

4.5 Teores de ADF na matéria seca da palha tratada e não tratada

A tabela 11 mostra os teores de ADF determinados para as amostras de palha de arroz não tratadas e tratadas com níveis crescentes de uréia. A análise estatística inserida na tabela 12 indica que efeitos significativos sobre a variável só foram detectados para níveis de umidade.

Tabela 11. Porcentagem de ADF das amostras de palha tratadas e não tratadas (%).

UMIDADE PROPOSTA %	NÍVEIS APLICADOS DE URÉIA				MÉDIAS
	0%	3%	6%	9%	
20	55,96	56,53	55,29	54,99	55,69 ^x
40	55,65	57,43	57,69	57,35	57,03 ^y
MÉDIAS	55,80 ^a	56,98 ^a	56,49 ^a	56,17 ^a	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)
a - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Tabela 12. Análise de Variância para teores de ADF da palha.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	3	4,46	1,48	0,82
Níveis de Umidade (UM)	1	10,71	10,71	5,95*
UR x UM	3	7,63	2,54	1,41
Resíduo	16	28,80	1,80	
TOTAL	23			

* - significativo ($P < 0,05$)

C.V. = 2,38%

Verifica-se pelos dados obtidos que efeitos significativos somente ocorrem para níveis de umidade, havendo um aumento nos teores de ADF de palha tratada com maior teor de umidade. Os resultados também indicam que os tratamentos com uréia não afetaram a composição de ADF da palha tratada. Resultados semelhantes foram relatados por HADJIPANAYIOTOU (1984), que não encontrou diferenças

significativas no conteúdo de ADF da palha de cevada tratada com 10% de uréia.

Aumentos nos teores de ADF nas palhas amonificadas tem sido relatados por diferentes autores como SAENGER *et alii* (1983); WANAPAT *et alii* (1985); CLOETE *et alii* (191983b e 1984b); OJI *et alii* (1979) e SOLAIMAN *et alii* (1979). De acordo com CLOETE & KRITZINGER (1984b), a redução na quantidade de hemicelulose pela amonificação poderia explicar o aumento na fração ADF e a diminuição nos constituintes da parede celular. SOLAIMAN *et alii* (1979) consideram que os aumentos na fração ADF dos volumosos amonificados poderiam ser devidos a um efeito de diluição, causado pela solubilização da hemicelulose.

Como discutido anteriormente, pode-se considerar que na palha mais úmida a amonificação foi mais eficiente e, assim sendo, os teores mais elevados de ADF poderiam ser então atribuídos a esse fato. Entretanto, como não foram observados efeitos significativos pelos tratamentos com uréia, pode-se sugerir que os níveis de amônia disponíveis no tratamento com 3% de uréia já eram suficientes para promover alterações na hemicelulose da palha de arroz, pois apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas entre a palha tratada e não tratada, foi observada um tendência dos teores mais elevados na palha que foi amonificada com um nível mais alto de umidade.

Seria interessante ressaltar que VAN SOEST *et*

alii (1983-1984) consideram que a composição básica da palha não é usualmente alterada pela amonificação e que os componentes da parede celular e o conteúdo de lignina, necessariamente não refletem a qualidade nutricional do material tratado. IBRAHIM & PEARCE (1983) relataram que um agente químico pode afetar diferentes substratos de diversas maneiras e que os componentes separados pela análise com detergentes não são suficientes para descrever totalmente as mudanças na estrutura da parede celular que ocorreram após o tratamento químico.

4.6 Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palha de arroz tratada e não tratada

A tabela 13 mostra os coeficientes de digestibilidade da matéria seca das amostras usadas no experimento, expressas em porcentagem. A tabela 14 mostra a análise de variância para a variável em estudo, revelando efeitos significativos dos tratamentos com uréia, níveis de umidade e interação entre os dois fatores, já que os efeitos dos tratamentos foram variáveis, como pode ser visto na tabela 13.

Tabela 13. Digeribilidade *in vitro* da matéria seca da palha tratada e não tratada (%).

UMIDADE PROPOSTA %	NÍVEIS APLICADOS DE URÉIA				MÉDIAS
	0%	3%	6%	9%	
20	53,83 ^{ax}	58,28 ^{ax}	66,79 ^{bx}	64,24 ^{bx}	60,78 ^x
40	54,87 ^{ax}	66,18 ^{by}	63,67 ^{bx}	65,98 ^{bx}	62,70 ^y
MÉDIAS	55,35 ^a	62,23 ^b	65,11 ^b	65,28 ^b	

x, y - na coluna, médias seguidas de letras desiguais diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)
 a, b - na linha, médias seguidas de letras desiguais diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 14. Análise de Variância para coeficiente de digeribilidade *in vitro* da palha de arroz (%).

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de Uréia (UR)	3	472,73	157,57	39,33
Níveis de Umidade (UM)	1	22,10	22,10	5,51
UR x UM	3	91,26	30,42	7,59
Resíduo	16	64,10	4,00	
TOTAL	23	650,20		

* - significativo (P<0,05)

C.V. = 3,24%

Os dados obtidos com referência à digeribilidade *in vitro* da matéria seca permitem verificar que algumas das proposições apresentadas anteriormente poderiam ser justificadas. Pode-se verificar que a digeribilidade *in vitro* da matéria seca foi significativamente maior nas amostras de palha mais úmida,

significativamente maior nas amostras de palha mais úmida, onde aparentemente a amonificação foi mais eficiente (tabela 13), e onde ocorrem tendências de alteração na fração ADF (tabela 11). Deve-se também mencionar que a maior disponibilidade de nitrogênio incorporado à forragem para a ação dos microorganismos do rúmen deve ter contribuído para uma taxa maior de desaparecimento de matéria seca na palha mais úmida, já que esse fato é considerado essencial para o processo fermentativo do rúmen (SAADULLAH *et alii*, 1981; MBATYA *et alii*, 1983).

Como sugerido anteriormente, ficou caracterizado que realmente houve amonificação na palha apresentando 13,20% de umidade. Apesar de ser menos eficiente como foi discutido. Verifica-se que a partir do nível de 6% de uréia houve um aumento significativo na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, sendo os valores conseguidos iguais aos obtidos para a palha mais úmida. Entretanto, como efeito geral, os valores foram significativamente menores para a palha menos úmida, o que está de acordo com a proposta sobre amonificação e mudanças na fração ADF da palha de arroz. Alguns trabalhos de pesquisa revelaram ser possível obter melhoria na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de palhas amonificadas com baixos teores de umidade (BORHAMI & SUNDSTOL, 1982), revelando que os efeitos obtidos no presente trabalho podem ser justificados. Além desse aspecto, trabalhos de WAISS *et alii* (1972) também mostram

que para níveis de umidade mais baixos era necessária uma quantidade maior de amônia para a elevação da digestibilidade.

Deve-se ressaltar, entretanto, que efeitos mais pronunciados e característicos tem sido obtidos pela amonificação de palhas contendo níveis mais elevados de umidade (SOLAIMAN *et alii*, 1979; WAISS *et alii*, 1972; CLOETE & KRITZINGER, 1985), o que poderia ser explicado pela amonificação mais efetiva, devido à maior hidrólise de uréia e alterações na parede celular.

No presente estudo, o incremento absoluto na digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi da ordem de 8,8 a 9,9 unidades percentuais. Em trabalhos de pesquisa relatados na literatura, incrementos maiores, na ordem de 13 e 17 unidade percentuais foram relatados por JAYASURIYA & PERERA (1982), DOLBERG *et alii* (1981) e GORDON & CHESSON (1983). Pode-se sugerir que esse fato poderia ser devido à digestibilidade inicial maior da palha de arroz trabalhada possibilitando incrementos menores. Outros autores tem mencionado que à resposta obtida pelo tratamento de palhas é inversamente proporcional à digestibilidade inicial do material (KIANGI *et alii*, 1981; KERNAN *et alii*, 1979).

Alguns trabalhos de pesquisa também não obtiveram incrementos na digestibilidade *in vitro* de palhas com teores mais elevados de umidade, quando os níveis de uréia aplicados foram de 4% do peso da forragem (GUPTA *et alii*, 1985; JAYASURIYA & PERERA, 1982), BORHAMI & SUNDSTOL

(1982) verificaram que níveis de 2 a 4% de substâncias fornecedoras de amônia promoveram aumentos significativos na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, ao passo que SOLAIMAN *et alii* (1979) consideraram como ótimo um nível de 3% de amônia. SUNDSTOL *et alii* (1978) e SUNDSTOL & COXWORTH (1984) relataram que 4% seria o nível adequado.

No presente estudo, a aplicação de 3 e 6% de uréia daria um disponibilidade de amônia de 1,6 a 3,2%, se toda a uréia fosse hidrolisada, sendo esses níveis semelhantes aos preconizados por SUNDSTOL & COXWORTH (1984) como efetivos e econômicos. Na realidade, os dados indicam que na forragem mais úmida, para efeitos de melhoria na digestibilidade, não haveria vantagem de se utilizar mais que 3% de uréia, ao passo que na palha mais seca haveria necessidade de se adicionar 6% de uréia.

5. CONCLUSÕES

Com os dados obtidos no presente trabalho, torna-se possível tirar as seguintes conclusões:

1) Para trabalhos pilotos de laboratório, onde existe a possibilidade de utilização de câmaras que permitam um bom selamento do ambiente, é possível utilizar curtos espaços de tempo, como 8 dias, para estudar o efeito da amonificação sobre palhas.

2) Alterações na fração ADF das palhas amonificadas não traduzem as modificações na estrutura da parede celular, responsáveis pela melhoria na digestibilidade *in vitro* da palha.

3) A umidade da palha a ser amonificada é de grande importância para a liberação de amônia, e nas palhas mais secas a uréia residual em nível elevado após o tratamento, poderá afetar a palatabilidade do material.

4) Níveis de 3% de uréia em palhas de arroz mais úmida parece ser suficiente para melhorar o valor nutritivo (digestibilidade e teor protéico).

5) O presente estudo mostrou a possibilidade da utilização da uréia no tratamento de palhada de arroz para melhorar sua qualidade como alimento para bovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADIN, Z. & KEMPTON, T. J. Effects of treatment of barley straw with anhydrous ammonia and supplementation with heat-treated protein meal on feed intake and liveweight performance of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 6: 145-51, 1981.
- ABRAMS, J.T. Pajas,. In: _____ *Nutrición animal y Dietética Veterinaria*. Trad. de F.J. Castrejon Calderon y R. Garrido Garzon. Zaragoza, Acribia, 1965. p. 364-8.
- AL-RABBAT, M. F. & HEANEY, D.P. The effect of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. I. Feeding value assessments using sheep. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, 58: 1443-53, 1978.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL -1987, Rio de Janeiro, 25: 343-6, 1988.
- A.O.A.C. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) *Official methods of analysis*. 11^a. Washinton, 1970.1015 p.
- BARRETO, M. C. V.; CHITOLINA, J. C.; GLÓRIA, N. A. da. Avaliação de um sistema para determinação de perdas de nitrogênio por volatilização de NH₃. CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 4. Olinda, 1987. ANAIS. Olinda, STAB, 1987. p. 25-8.

- BORHAMI, B.E.A.; SUNDSTØL, F. Estudies On ammonia-treated straw . I. The effect of type and level of ammonia, moisture content and treatment time on the digestibility *in vitro* and enzyme soluble organic matter of dat straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 7: 45-51, 1982.
- BORHAMI, B.E.A.; SUNDSTØL, F.; GARMO, T. J. Etudies on ammonia-treated straw. II. Fixation on ammonia in treated straw by spraying with acids. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 7: 53-9, 1982.
- CAFANTARIS, B.; KAHN, J.; MENKE, K.H. Breakdown of straw with urea and a urease containing plant extrac. *Animal Research and Development*, Hobenhein, 21: 94-9, 1985.
- CHANDRA, S.& JAACKSON, M.G. A study of various chemical treatments to remove lignin from coarse roughages and increase their digestibility. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 77: 11-7, 1971.
- CLOTE, S.W.P.; VILLIERS, T.T. de; KRITZINGER, N.M. The effect of temperature on the ammoniation of wheat by urea. *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, 13: 202-3, 1983a.
- CLOTE, S.W.P.; VILLERS, T.T. de; KRITZINGER, N.M. The effect of ammoniation by urea on the nutritive value of wheat straw for sheep. *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, 3: 143-6, 1983b.
- CLOTE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M. A laboratory assesment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. I. The effect of temperature, moisture level and treatment period. *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, 14: 143-6, 1984a.

- CLOTE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M. Urea compared to urea supplementation as a method of improvig the nutritive value of wheat straw for sheep. *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, 14: 59-63, 1984b.
- CLOTE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M. Laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. II. The effect of physical form, moisture level, and prolonged treatment period *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, 15: 137-41, 1985.
- DAVIS, R.J.; WASSERMAN, R.H.; LOOSLI, GRIPPIN, C.H. Studies on the availability of nitrogen from various ammoniated products for rumen bacteria and dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaing, 38: 677-87, 1955.
- DEHORITY, B.A.; & JOHSON, R.R.; CONRAD, H.R. Effect of particle size upon the *invitro* celulose digestibility of forage by rumen bacteria. *Journal of Dairy Science*, Champaing, 44: 2242-9, 1961.
- DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R.; CONRAD, H.R. Digestibility of forage hemicellulose and pectin by rumen bacteria *in vitro* and the effect of lignification thereon. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 45: 508-12, 1962.
- DEVLIN, R.M. *Plant Physiology*. 3^a ed.. New york, Van Nostrad, 1975, 600 p.
- DIAS da SILVA, A.A. & SUNDSTØL, F. Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 14: 67-79, 1986.

- DOLBERG, F.; SAADULLAH, M.; HAQUE, M.; AHMED, R. Storage of urea treated straw using indigenous material. *World Animal Review*, Roma, 38: 37-41, 1981.
- DRYDEN, G.M. & KEMPTON, T.J. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 10: 65-75, 1983/84.
- FAHMY, S.T.M.; EL-SHAZLY, K.; BADR, M.F. The effect of treating rice hulls with ammonia on its nutritive value. *Journal Animal Production*, Merida, 8: 11-24, 1968.
- FERGUNSON, R.B.; KISSEL, D.E.; KOELLIKER, J.K.; BASEL, W. Ammonia volatilization from surface-applied urea: Effect of hydrogen ion buffering capacity. *Soil Science Society of America journal*, Madison, 48: 578-82, 1984.
- GARRETT, W.N.; WALKER, H.G.; KOHLER, G.D.; HART, M.R. Response of ruminants to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice straw. *Journal of Animal Science*, Champaign, 48: 92-103, 1979.
- GARRETT, W.N.; WALKER, H.G.; KOHLER, G.D.; WAISS, A.C.; GRAHAM, Jr R.P.; EAST, N.E.; HART, M.R. Nutritive value of NaOH and NH₃ treated rice straw. *Journal of Animal Science*, Champaign, 38: 1342, 1974. (abstr.).
- GORDON, A.H. & CHESSON, A. The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia-treated barley straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 8: 147-53, 1983.
- GRAHAM, H. & AMAN, P. A comparison between degradation *in vitro* and *in sacco* of constituents of untreated and ammonia-treated barley straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 10: 199-209, 1983/84.

- GUPTA, R.; SINHA, A.P.; GUPTA, B.S.; SRIVASTAVA, J.P.; MAHESHWARI, P.K. Effect of ammonia (generated from urea) on proximate constituents of paddy straw. *Indian Journal of Animal Health*, Calcutta, 24:(2): 101-4, 1985.
- HADJIPANAYIOTOU, M. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass and Forage Science*, Lewington, 37: 89-93, 1982.
- HADJIPANAYIOTOU, M. The value of urea treated straw in diets of lactating goats. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 11: 67- 74, 1984.
- HAMAD, M.A.& EL-SAIED, H. The ammoniation of agricultural residues. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, Cairo, 33: 253-4, 1982.
- HAN, Y.W. Microbial utilization of straw; a review. *Advances in Applied Microbiology* New York, 23: 119-53, 1978.
- HARBERS, L.H.; KREITNER, G.L.; DAVIS, G.V.; RASMUSSEN, M.A.; CORAH, L.H. Ruminant digestion of ammonium hydroxide treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. *Journal of Animal Science*, Champaign, 54: 1309-19, 1982.
- HARLEY, R.D. & JONES, E.C. Effect of homeous ammonia and other alkalis on the *in vitro* digestibility of barley straw. *Journal of Science of Food and Agriculture*, England, 29: 92-8, 1978.
- HEANEY, D.P.; PIGDEN, W.J.; PRITCHARD, G.I. Comparative energy availability for lambs of four timothy varieties at progressive growth stages. *Journal of Animal Science*, Champaign, 25: 142-9, 1966.

- HORTON, G.M.J. Composition and digestibility of cell wall components in cereal straw after treatment with anhydrous ammonia. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, 61: 1059-62, 1981.
- HORTON, G.M.J. The intake and digestibility of ammoniated cereal straw by cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, 58: 471-8, 1978.
- HORTON, G.M.J. & STEACY, G.M. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereals straw by steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, 48(5): 1239-49, 1979.
- HUBER, J.T.; BUCHOLTZ, H.F.; BOMAN, R.L. Ammonia versus urea treated silages with varying urea in concentrate. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 53: 76, 1980.
- IBRAHIM, M.N.M.; PEARCE, G.R. Effect of chemical pretreatment on the composition and *in vitro* digestibility of crops by-products. *Agricultural Wastes*, Essex, 5(3): 135-156, 1983.
- IBRAHIM, M.N.M.; WIJERATNE A.M.U.; COSTA, M.J.I. Effect of different sources of urease on the treatment time and digestibility of urea-ammonia treated rice straw. *Agricultural Wastes*, Essex, 13: 197-205, 1985.
- IBRAHIM, M.N.M.; SCHIERE, J.B.; PERERA, H.G.D. Effect of method of urea solution application on the nutritive value of treated rice straw. *Agricultural Wastes*, Essex, 18: 225-32, 1986.
- JACKSON, M.G. Treating straw for animal feeding. Rome, FAO, 1978. 81 p. (FAO - Animal Production and Health Paper, 10).

- JAYASURIYA, M.C.N. Sodium hydroxide treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. *Tropical Agriculture, Surey*, 56(1) 75-80, 1979.
- JAYASURIYA, M.C.N. & PERERA, H.G.D. Urea-ammonia treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. *Agricultural Wastes, Essex*, 4: 143-50, 1982.
- JAYASURIYA, M.C.N. & PEARCE, G.R. The effect of urease enzyme on treatment and the nutritive value of straw treated with ammonia as urea. *Animal Feed Science and Technology, Amsterdam*, 8: 271-81, 1983.
- KERNAN, J.A.; CROWLE, W.L.; SPURR, D.T.; COXWORTH, E.C. Straw quality of cereals cultivars before and after treatment with anhydrous ammonia. *Canadian Journal of Animal Science, Ottawa*, 59: 511-7, 1979.
- KERNAN, J.A.; COXWORTH, E.C.; SPURR, D.T. New crop residues and forages for western Canada: Assessment of feeding value *in vitro* and *reposta* to ammonia treatment. *Animal Feed Science and Technology, Amsterdam*, 6: 257-71, 1981.
- KIANGI, E.M.I.; KATEGILE, J.A.; SUNDSTØL, F. Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. *Animal Feed Science and Technology, Amsterdam*, 6: 377-86, 1981.
- KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. *Journal of Animal Science, Champaign*, 46(3): 841-7, 1978.
- KLOPFENSTEIN, T. & OWEN, F.G. Value and potential use of crops residues and by-products in dairy rations. *Journal of Dairy Science, Champaign*, 64: 1250-68, 1981.
- LAWLOR, M.J. & O'SHEA, J. The effect of ammoniation on the intake and nutritive value of straw. *Animal Feed Science*

- and Technology, Amsterdam, 4: 169-75, 1979.
- LAWLOR, M.J.; O'SHEA, J.; HOPKINS, J.P. Influence of ammoniation of the nutritive value. N retention and intake of straw. *Agriculture and Environment*, Amsterdam, 6: 273-81, 1981.
- MACDEARMID, A.; WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.A. Comparison under temperate condition of the nutritive value of straw for cattle following treatment using either ammonia from urea or via direct injection. *Animal Production*, Edinburgh, 46: 379-85, 1988.
- MBATYA, P.B.A.; KAY, M.; SMART, R.I. Methods of improving the utilization of cereal straw by ruminants. I. Supplements of urea, molasses and dried grass and treatment with sodium hydroxide. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 8: 221-7, 1983.
- MELLIN, T.N.; FOULTON, B.R.; ANDERSON, M.J. Nutritive value of timothy hay as affected by date of harvest. *Journal of Animal Science*, Champaign, 21: 123-6, 1962.
- MERTENS, D.R. & LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 63: 1437-46, 1980.
- MEYER, J.H.; WEIR, W.C.; JONES, L.G.; HULL, J.L. The influence of stage of maturity on the feeding value of oat hay. *Journal of Animal Science*, Champaign, 16: 623-32, 1957.
- MILLET, M.A.; BAKER, A.J.; FEIST, W.C.; MELLENBERGER, R.W.; SATTER, L.D. Modifying wood to increase its *in vitro* digestibility. *Journal of Animal Science*, Champaign, 31: 781-88, 1970.

- MIRA, J.J.F.; KAY, M.; HUNTER, E.A. Treatment of barley straw with urea or anhydrous ammonia for growing cattle. *Animal Production*, Edinburgh, 36: 271-5, 1983.
- MORRIS, P.J. & MOWAT, D.N. Nutritive value of ground and/or ammoniated corn stover. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, 60: 327-36, 1980.
- MURDOCK, F.R.; HODGSON, A.S.; HARRIS, J.R. Relationships of data of cutting, stage of maturity and digestibility of orchardgrass. *Journal of Animal Science*, Champaign, 44: 1943-5, 1961.
- NRC. (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6 ed. Washington, National Academy Press, 1988. 157 p.
- OJI, U.I.; MOWAT, D.N.; WINCH, J.E. Alkali treatment of corn stover to increase nutritive value. *Journal of Animal Science*, Champaign, 44(5): 798-802, 1977.
- ØRSKOV, E.R.; REID, G.W.; HOLLAND, S.M.; TAIT, C.A.G.; LEE, N.H. The feeding value for ruminants of straw and whole-crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 8: 247-57, 1983.
- ØRSKOV, E.R.; TAIT, C.A.G.; REID, G.W.; FLACHOWSKI, G. Effect of straw quality and ammonia treatment on voluntary intake, milk yield and degradation characteristics of faecal fibre. *Animal Production*, Ottawa, 46: 23-7, 1988.
- REID, G.W.; ØRSKOV, E.R.; KAY, M. A note on the effects of variety, type of straw and ammonia treatment on digestibility. *Animal Production*, Ottawa, 47: 157-60, 1988.

- ROBERTSON, J.B. & VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human food. In: JAMES, W.P.T. & THEANDER, O., ed. *The analysis of dietary fiber in Food*. New York, Marcell Dekker, 1981. p. 123-58.
- ROUNDS, W.; KLOPFENSTEIN, T.; WALLER, J.; MESSERMITH. Influence of alkali treatments of corn cobs on *in vitro* dry matter disappearance and lamb performance. *Journal of Animal Science*, Champaign, 43: 478-82, 1976.
- SAADULLAH, M.; HAQUE, M.; DOLBERG, F. La efectividad de la amonificación con urea en mejorar el valor nutritivo de la paja de arroz en ruminantes. *Producción Animal Tropical*, Merida, 6: 31-8, 1981.
- SAADULLAH, M.; HAQUE, M.; DOLBERG, F. Paja de arroz tratada y no tratada para ganado en crecimiento. *Producción Animal Tropical*, Merida, 7: 21-7, 1982.
- SAENGER, P.F.; LEMENAGER, R.P.; HENDRIX, K.S. Effect of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon *in vitro* digestion, performance and intake by beef cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, 56(1): 15-20. 1983.
- SALDANA, R.H.; CHURCH, D.C.; KELLEMS, R. O. The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. *Journal of Animal Science*, Champaign, 54(3): 603-8, 1982.
- SALDANA, R.H.; CHURCH, D.C.; KELLEMS, R.O. Effect of ammoniation treatment of wheat straw on *in vitro* and *in vivo* digestibility. *Journal of Animal Science*, Champaign, 56(4): 938- 42, 1983.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ-USP, 1974. 56 P.

- SILVESTRE, R.; MACLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. Sugar cane ensiled with urea or ammonia for fattening cattle. *Tropical Animal Production, Yucatán*, 1: 216-22, 1976.
- SOLAIMAN, S.G.; HORN, G.W.; OWENS, F.N. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *Journal of Animal Science, Champaign*, 49(3): 802-8 1979.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. 2^a ed. New York, McGRAW-HILL. 633 P. 1980.
- STREETER, C.L. & HORN, G.W. Effect of high moisture and dry ammoniation of wheat straw on its feeding value for lambs. *Journal of Animal Science, Champaign*, 59(3): 559-66, 1984.
- SUNDSTØL, F.; COXWORTH, E.; MOWAT, D. N. Improving the nutritive value of straw and other low quality roughages by treatment with ammonia. *World Animal Review, Rome*, 26: 13-21, 1978.
- SUNDSTØL, F. Ammonia treatment of straw: Methods for treatment and feeding experience in Norway. *Animal Feed Science and Technology, Amsterdam*, 10: 173-87, 1983/84.
- SUNDSTØL, F. & COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In _____. & OWEN, E., ed. *Straw and other fibrous by-products as feed*. Amsterdam, Elsevier, 1984. p. 196-247. (Development in animal and veterinary sciences, 14).
- TEJADA, R; MURILLO, B.; CABEZAS, M.T. Ammonia treated wheat straw as a substitute for maize silage for growing lambs. *Tropical Animal Production, Yucatan* 4: 172-6, 1979.
- TILLEY, J.M.A. & TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the*

British Grassland Society, Oxford, 18: 104-11, 1963.

TINNIMET, P. Forage evaluation using various laboratory techniques. East Lansing, 1974. (Ph.D-Michigan State University).

TOMLIN, D.C.; JOHSON, R.R.; DEHORITY, B.A. Relationship of lignification to *in vitro* cellulose digestibility of grasses and legumes. *Journal of Animal Science*, Champaign, 24: 161-5, 1965.

VAN der MERWE, B.K. African 752850, Animal Feed Material. Chem. Abstr. 87: 20898y, 1976.

VAN SOEST, P.J. Symposium on nutrition and forage and pasture: New chemical procedure to evaluating forages. *Journal of Animal Science*, Champaign, 23: 838-45, 1964.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Journal of Animal Science*, Champaign, 26: 119-28, 1967.

VAN SOEST, P.J.; FERREIRA, A.M.; HARTLEY, R.D. Chemical properties of fibre in relation to nutritive quality of ammonia-treated forages. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 10: 155-64, 1983/84.

WAAGEPETERSEN, J. & THOMSEN, K.V. Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 2: 131-42, 1977.

WAHHAB, A.; KHAN, M.; ISHQ, M. Nitrification of urea and its loss through volatilization of ammonia under different soil conditions. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 55(1): 47-51, 1960.

- WAISS, A.C.; GUEELZ, J.; KOHLER, O.G.; WALKER, H.G; GARRET, W.N. Improving digestibility of straw for ruminant feed by aqueous ammonia. *Journal of Animal Science*, Champaign, 35(1): 109-12, 1972.
- WALLI, T.K.; ØRSKOV, E.R.; BHARGAVA, P.K. Rumens degradation of straw III. Botanical fractions of two rice straw varieties and effects of ammonia treatment. *Animal Production*, Edinburgh, 46: 347-52, 1988.
- WANAPAT, M.; PRASERDSUCK, S.; CHANTAI, S. Efecto de ensilaje de paja de arroz con urea y suplementación con hojas de yuca secas sobre la digestión de búfalos de agua. *Producción Animal Tropical*, Yucatán, 10: 46-52, 1985.
- WHITE, T.W. Utilization of ammoniated rice hulls by beef cattle. *Journal of Animal Science*, 25: 25-8, 1966.
- WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.; BREWER, A. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II. Addition of soja bean (urease), sodium hydroxide and molasses; effects on the digestibility of urea-treated straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 11: 115-24, 1984.
- WOOLFORD, M.K. Introduction,. In: _____ *The silage fermentation*. New York, Marcel Dekker, Inc, 1984. p 1-22.(Microbiology Series, 14).