PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Influência de tratamentos alcalinos no valor nutritivo de forragens

Bruno Spindola Garcez¹, Miguel Arcanjo Moreira Filho¹, Raimundo Nonato Pereira da Silva², Arnaud Azevêdo Alves¹

¹Programa de Pós Graduação em Ciência Animal/CCA/UFPI

²Departamento de Zootecnia/CCA/UFPI

Resumo

O valor nutritivo dos alimentos produzidos em clima temperado difere da qualidade dos alimentos produzidos em regiões tropicais, onde predomina em algumas áreas desta, forragens mais fibrosas e com baixa qualidade em teores de proteína. De todos os nutrientes necessários às exigências nutricionais para manutenção, crescimento e produção dos ruminantes, a energia procedente da degradação ruminal de celulose e hemicelulose constitui a principal contribuição dos volumosos. Nesse sentido, os tratamentos químicos que visam à melhoria das frações fibrosas dos alimentos, aumentando sua disponibilidade para a degradação ruminal tornam-se necessários em algumas regiões do Brasil, evitando assim grandes perdas em produtividade e desempenho animal decorrentes da alimentação com volumosos de baixa qualidade. Dentre os tratamentos que podem ser utilizados destacam-se a amonização com ureia, que além de atuar sobre a fibra, fornece nitrogênio não proteico (NNP), e tratamentos com agentes alcalinos mais fortes, como NaOH e Ca(OH)₂, que tem efeito direto sobre as ligações lignocelulósicas.

Palavras-Chave: amonização, hidróxido de sódio, volumosos

Influence of alkali treatment on nutritional value of fodder

Abstract

The nutritional value of foods produced under tropical conditions differs from the quality of food produced in temperate regions, predominantly in the first, more fibrous forage quality and low in protein. Of all the nutrients needed for nutritional requirements for maintenance, growth and production of ruminants, the energy coming from ruminal degradation of cellulose and hemicellulose constitute the main contribution of bulky. In that sense, the chemical treatments aimed at improvement of fibrous fractions of food, increasing the availability for ruminal degradation are necessary in some regions of Brazil, thus avoiding large losses in productivity and animal performance resulting from feeding on poor quality forages. Among the treatments that can be used to highlight ammoniation with urea, which besides acting on the fiber, provides non-protein nitrogen (NPN), and treatment with strong alkali, such as sodium hydroxide (NaOH) and calcium hydroxide (Ca(OH)₂), which has direct effect on the links lignocellulosic.

Keywords: ammoniation, sodium hydroxide, bulky

1. INTRODUÇÃO

Diminuir os custos de produção na alimentação de ruminantes, a partir de tecnologias adaptáveis a situações específicas, tem sido importante para viabilização de alguns sistemas de produção. A disponibilidade de volumosos, mesmo que de baixo valor nutricional, tais como palhadas de culturas anuais de inverno e verão, fenos de baixa qualidade, silagens de capins passados, resíduos da colheita de sementes de plantas forrageiras e do beneficiamento de grãos e subprodutos agroindustriais têm sido utilizados como alternativas importantes na redução das perdas de desempenho nesses sistemas de produção. (LOUSADA JUNIOR et al., 2005; DANTAS FILHO et al., 2007).

A necessidade de suplementação alimentar de ruminantes durante os períodos de escassez de alimentos torna os métodos de conservação e

tratamento químico desses volumosos bastante recomendados e por isto, tem-se pesquisado alternativa que reflitam tanto na diminuição dos custos quanto no aumento do seu valor nutritivo (PINHEIRO et al., 2009). A utilização de tratamentos físicos, químicos ou biológicos pode ser uma alternativa apropriada para se fornecer forragem de qualidade, atendendo às exigências nutricionais dos animais e amenizando os efeitos da estacional da produção de forragem de alta qualidade (BERTIPAGLIA et al., 2005).

Os tratamentos mais utilizados são o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), o hidróxido de sódio (NaOH) e a amonização com ureia, sendo os dois primeiros mais utilizados em cana-de-açúcar, devido a melhoria no armazenamento do material. Já a amonização tem dentre suas vantagens, o fornecimento de NNP, aumentando assim a disponibilidade desse nutriente no ambiente ruminal, com incremento nos níveis de proteína bruta (PB), além de ser uma tecnologia de baixo custo e de fácil aplicação pelos produtores.

A digestibilidade melhorada dos volumosos com a adição de aditivos alcalinos, relacionada à ação da hidrólise alcalina, beneficia o valor nutricional. Em um eventual sistema de alimentação, dietas balanceadas com volumosos tratados podem predispor animais a desempenhos semelhantes ao obtido com dietas de alta qualidade (Carvalho et al. 2009). Objetivou-se com esta revisão, compreender a ação de tratamentos alcalinos sobre o valor nutritivo de volumosos, quanto a composição química e a degradação ruminal.

2. AMONIZAÇÃO

Na amonização da forragem ocorrem dois processos importantes: a ureólise, que é uma reação enzimática com transformação da ureia em amônia na presença de uréase produzida pelas bactérias ureolíticas, sob condições ideais de umidade, atuando na parede celular da forragem e a hidrólise alcalina, promovida pelo hidróxido de amônia, que é uma base fraca resultante da alta afinidade da ureia em reagir com a água e as ligações ésteres dos carboidratos estruturais (ROSA e FADEL, 2001), que promove efeitos sobre a estrutura da fibra dos volumosos, solubilizando a hemicelulose e aumentando

sua degradação juntamente com a celulose, devido à expansão da fração fibrosa (KLOPFENSTEIN, 1978; JACKSON, 1977), com reduções nas frações fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

A elevação do teor de nitrogênio, aumentando assim, sua disponibilidade para os microrganismos ruminais, também é uma das grandes vantagens da amonização (PINHEIRO et al., 2009). Cândido et al. (1999), citam que o efeito da amonização é mais marcante em forragens de baixa qualidade, pois como esses materiais apresentam normalmente baixo teor de nitrogênio, que limita o desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, o aumento no teor desse elemento após a amonização permite atuação mais eficaz das bactérias ruminais sobre os mesmos

Com a expansão da celulose tratada com agentes alcalinos ocorre redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio que ligam as moléculas de celulose. Parte da lignina e sílica são dissolvidas durante a amonização, com as ligações intermoleculares do tipo éster entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose sendo rompidas. Entretanto, o teor de umidade do material tratado e as características químicas da planta, são fatores que exercem grande influência sobre os efeitos da amonização de volumosos (FERNANDES et al., 2002).

Na amonização de forragens, vem sendo utilizado principalmente à amônia anidra, a amônia líquida e a ureia. A ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) como uma das principais alternativas para amonização de volumosos é um produto químico de coloração branca, em estado sólido, higroscópica e solúvel em água, álcool e benzina. É de fácil aplicação, não polui o ambiente, e fornece nitrogênio não proteico (NNP) (ROSA e FADEL, 2001), além de ser um produto de grande disponibilidade no mercado, menos perigoso à intoxicação e, na maioria das vezes, menos oneroso que a amônia anidra (GOBBI et al., 2005).

Ao submeterem palhada de cevada ao tratamento com 3% de amônia anidra (base MS), Goto e Yokoe (1996), concluíram que a amonização promoveu dois efeitos para o aumento da degradabilidade do material tratado. O primeiro relacionado ao fato de a amônia ser um álcali, proporcionando a

quebra das ligações éster interpolímeros, resultando em afrouxamento na estrutura da parede celular com maior grau de hidratação da parede. O segundo, referente à habilidade da amônia formar complexo com a celulose, reduzindo então, a sua cristalinidade. Embora esta redução tenha influência também na taxa de digestão enzimática, o efeito mais importante é proporcionar a fragilidade da estrutura. Rocha et al. (2006) afirmam que a desestruturação do complexo formado pelos componentes da fibra (celulose, hemicelulose, lignina) oferece aos microrganismos maior área de exposição e, conseqüentemente, melhor utilização das diferentes frações da fibra.

As alterações no valor nutritivo de volumosos tratados são mais acentuadas naqueles de baixa qualidade. Forrageiras de baixo valor nutritivo respondem melhor aos efeitos da amonização quando comparadas com outras de melhor valor nutritivo, podendo variar para uma mesma espécie entre diferentes cultivares (PIRES et al., 2006).

Ao avaliarem o efeito da amonização com ureia na qualidade nutricional de cascas de soja, Andrade et al. (2011) constataram aumento nos teores de PB e redução nos níveis de FDN e FDA e hemicelulose (HEM). Quanto ao efeito de níveis de ureia sobre o valor nutricional do feno de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.), Zanine et al. (2007) observaram efeito linear positivo dos níveis de ureia sobre o teor de PB, com o nível de 3% de ureia proporcionando aumentos de 4% em relação ao tratamento testemunha (0% de ureia), além de redução nos teores de FDN, FDA e HEM com comportamento linear negativo. A digestibilidade teve efeito linear positivo com aumentos médios de 53,93% na testemunha, para 63,96% na dose de 3%, concluindo que o uso da ureia foi eficiente em promover melhorias no valor nutritivo do feno de capim-tanzânia.

Gobbi et al. (2005), avaliaram a composição química e a digestibilidade *in vitro* do feno de Braquiária decumbens tratado com vários níveis (0, 2, 4, 6, 8 e 10%) de ureia. Observaram que a adição de ureia promoveu redução no teor de FDN, FDA e celulose (CEL), enquanto os teores de lignina (LIG) e HEM não foram alterados. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi

influenciada de forma quadrática pelos níveis de ureia, sendo estimado valor máximo de 68,9% para o nível de 7,15% de ureia.

Fernandes et al. (2002), avaliaram o tratamento com amônia anidra (3% na MS) e ureia (5% na MS) em feno de capim-braquiária *decumbens*, e concluíram que ambas aumentaram o conteúdo de PB e DIVMS, sendo que o tratamento com amônia reduziu os conteúdos de FDN e FDA, e a aplicação de ureia reduziu os conteúdos de HEM e LIG. A amonização não afetou os valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA).

Ao avaliarem o efeito da amonização com ureia (4%) sobre os parâmetros de qualidade do feno de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) submetido a cinco épocas de corte, Alfaya et al. (2002), demonstraram que a amonização proporcionou aumento nos teores de PB, enquanto a fração de FDA e os teores de CEL decresceram em função do tratamento com ureia. Para os teores de FDN, HEM, LIG e os coeficientes de DIVMS não houve efeito da amonização.

Pádua et al. (2011), avaliaram o efeito de doses crescentes de ureia (0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5%) sobre a composição do feno de grama-batatais (*Paspalum notatum*) e concluíram que o teor de PB foi linearmente elevado em função do aumento das doses de ureia aplicada e que os constituintes da parede celular vegetal foram significativamente alterados pela amonização com redução nos teores de FDN e FDA.

2.1. FATORES QUE PODEM AFETAR O PROCESSO DE AMONIZAÇÃO

2.1.1. Quantidade de nitrogênio aplicado

São muitas as recomendações relacionadas à quantidade de ureia para o tratamento da forragem. Alguns trabalhos comprovam que há maior eficiência do tratamento quando se utiliza ureia na dose de 4 a 8% da MS, com 30% de umidade no material (GOBBI et al., 2005). Reis et al. (2001) recomendam doses de 2 a 4% de amônia anidra e 7 a 8% de ureia para promover melhoria na digestibilidade e no valor nutritivo de fenos. Aumento nos teores de PB

foram observados por Cândido et al. (1999), ao tratarem bagaço de cana de açúcar com 8% de ureia.

Avaliando a composição química do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com diferentes doses de ureia (2, 4, 6 e 8% com base na MS), Zanine et al. (2007) verificaram redução nos teores de FDN, FDA, CEL, HEM e LIG, e aumento nos teores de PB com o aumento das doses de ureia, com os melhores resultados obtidos nos tratamentos acima do nível 4%.

O efeito de níveis de amonização com ureia (0, 2, 4, 6 e 8% com base na MS) sobre a composição química de coprodutos do desfibramento do sisal (*Agave sisalana* Perrine) foram avaliados por Faria et al. (2008). A análise de variância revelou significância para o efeito das doses de ureia para as variáveis PB e MS. Para FDA, carboidratos não fibrosos (CNF) e DMS houve efeito significativo da interação dose de ureia x período de tratamento, enquanto que para a FDN não houve significância de nenhum dos fatores, sendo observados acréscimos nos teores de FDA, em função do decréscimo dos teores de CNF, os autores concluíram que a dose com 8% de ureia elevou os teores de PB e, com o aumento do tempo de estocagem, reduziu os teores de CNF e a DMS.

2.1.2. Fontes de nitrogênio

Utilizando-se bagaço e ponta de cana de açúcar, tratados com amônia anidra, ureia e sulfato de amônia, Gesualdi et al. (2001) verificaram interação fonte de amônio e tipo de subproduto. A amônia anidra resultou em menor teor de hemicelulose no bagaço e maior teor na ponta da cana-de-açúcar. Estes autores relataram ainda, que a amonização com sulfato de amônia demonstra melhor eficiência na redução do conteúdo de FDA, principalmente para a ponta de cana. Porém, a ureia vem sendo bastante utilizada como fonte de amônia, justificando-se principalmente pelo seu baixo custo (PINHEIRO et al., 2009).

Avaliando fontes de amônia (ureia, ureia + labe-labe ou amônia anidra) para o tratamento de feno de gramíneas tropicais, Reis et al. (2001),

concluíram que o tratamento químico com ureia ou amônia aumentou o pH e a DIV dos fenos, enquanto a amonização com ureia não apresentou efeitos significativos sobre os teores de FDA e celulose, mas diminuiu os teores de FDN, HEM e LIG, o que demonstra, segundo os mesmos autores, o efeito mais significativo da amônia nas ligações entre a celulose e lignina.

Pires et al. (2004), avaliaram a degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra com ou sem sulfeto de sódio. Verificaram para a degradabilidade da FDN, maiores valores da fração potencialmente degradável "b" e menores da fração indigerível "I" para o bagaço tratado com NH_3 , independente do sulfeto. Para a degradabilidade da FDA foi observado efeito semelhante. Maiores valores de degradabilidade efetiva foram verificados para o bagaço tratado com NH_3 e $\text{Na}_2\text{S} + \text{NH}_3$, quando comparados ao controle (bagaço sem tratamento).

2.1.3. Teor de Umidade

O umedecimento de forragens com baixos teores de umidade, principalmente palhadas, é um importante fator para a eficiência da amonização, principalmente quando se trabalha com ureia, devido sua alta higroscopicidade (CARVALHO et al., 2006). Há uma maior eficiência do tratamento da forragem com ureia quando se utiliza volumosos com teor de umidade de 30% (GOBBI et al., 2005).

Forragens com baixo teor de umidade devem ser diluídas, adicionando-se água até atingirem um teor de matéria seca adequado para o processo de amonização. Logo após a diluição, a solução é aspergida em camadas da forragem tratada. A diluição da ureia em água facilita a aplicação e permite menores teores de fibra (ROSA et al., 2000).

Fadel et al. (2003), avaliaram proporções variadas de ureia e de água sobre a composição química de palha de arroz e concluíram que a adição de 4% de ureia e 30% de água promoveu aumento dos teores médios de PB e proporcionaram maiores reduções nos teores médios de FDN, FDA e HEM.

2.1.4. Fontes de uréase

A utilização de fontes que facilitem a quebra das moléculas de ureia por fornecer uréase ao material tratado pode aumentar o rendimento da amonização bem como seus efeitos benéficos nos tratamentos quando da atuação na fração fibrosa do volumoso. Níveis adequados de inclusão dessas fontes quando do tratamento com ureia ou outras fontes de amônia ainda não estão definidos, com recomendações variadas de acordo com diversos autores.

Trabalhando com resíduo agroindustrial da carnaúba como fonte de volumoso para ovinos em terminação, Gomes et al. (2007), avaliaram os efeitos da amonização com ureia (0; 2,5; 5; 7,5 e 10% com base na MS) e a utilização de grãos de soja tostados (0 e 20%) como fonte de uréase na melhoria da composição química do resíduo agroindustrial de carnaúba (*Copernicia prunifera*), constataram aumento no teor de PB na forragem com o aumento das doses de ureia, enquanto o teor de FDN aumentou com o processo de amonização com ou sem uréase. Também houve incremento nos teores de CEL, FDA e LIG com a amonização, embora sem efeito sobre a DIVMS.

Avaliando fontes de uréase na amonização de fenos de capim-braquiária *brizantha* com dois teores de umidade, Bertipaglia et al. (2005), observaram que a amonização dos fenos com diferentes conteúdos de umidade, associados a fontes de uréase, aumentou os teores de PB e diminuiu os teores de FDN. A adição de fontes de uréase não alterou os teores dos constituintes da parede celular, quando comparada aos tratamentos amonizados apenas com ureia. Os tratamentos aplicados não proporcionaram efeitos consistentes sobre os teores de FDA e de celulose dos fenos e não afetaram os teores de lignina. A aplicação de ureia associada a 15 ou 30% de umidade foi favorável para aumentar o nitrogênio solúvel do feno e diminuir o nitrogênio indisponível para o ruminante.

Carvalho et al. (2007), também trabalhando com cana-de-açúcar, avaliaram a degradabilidade *in situ* da MS e da fração fibrosa do bagaço de cana tratado com ureia (0, 2,5, 5,0 e 7,5%, com base na MS), com adição de

1,2% de soja grão moída como fonte de uréase, e constataram aumento na degradabilidade *in vitro* da MS e dos constituintes da parede celular. Houve incremento nas degradabilidades de 73,6, 61,3, 45,6 e 65,7% para a MS, FDN, FDA e HEM, respectivamente, no maior tempo de incubação (96 horas).

2.1.5. Espécies forrageiras

Segundo Fahey Júnior et al. (1993), a ação da amônia sobre as ligações da fração fibrosa variam entre as espécies forrageiras, onde em dicotiledôneas, há uma maior menor quantidade de ligações éster, o que facilita a ação desses compostos na desestruturação dessas frações. Segundo Bertipaglia et al. (2005), aumentos verificados nos teores de FDA, CEL e LIG em forragens amonizadas, são, provavelmente, decorrentes de efeitos de concentração, causado pela diminuição de um ou mais constituintes da parede celular ou tipo de ligação presente na mesma, principalmente a que envolvem a HEM.

A degradabilidade ruminal da MS, fração fibrosa e PB de leguminosas forrageiras foram avaliadas por Pires et al. (2006). A degradabilidade efetiva da MS da alfafa (*Medicago sativa*) e da aveia-preta (*Avena strigosa*), para uma taxa de passagem de 5% por hora, foram elevadas (acima de 60%). A leucena (*Leucaena leucocephala*) e guandu (*Cajanus cajan*) apresentaram valores inferiores, 50,9 e 56,0% respectivamente. A aveia apresentou melhor coeficiente de degradabilidade potencial e efetiva da MS, da FDN, da FDA e da PB no rúmen, em relação aos da alfafa e leucena, enquanto o guandu foi a forragem com piores taxas de degradação.

3. TRATAMENTOS COM NaOH E Ca(OH)₂

As bases fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), tem sido utilizadas para melhorar a degradação das palhas e resíduos agrícolas. Esses agentes promovem o intumescimento alcalino da celulose, que consiste da expansão das moléculas de celulose, causando ruptura de suas ligações com a lignina, sendo esta, particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dos compostos (PIRES et al., 2010).

A justificativa para utilização de álcalis, esta no fato de a lignina ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dos mesmos, em suas ligações covalentes do tipo éster com a parede celular. Segundo Pires et al. (2010) o hidróxido de sódio, é uma das substâncias mais eficientes no tratamento de volumosos de baixa qualidade, devendo-se tomar cuidado com seu uso, devido ao alto teor de sódio nas dietas e pela possibilidade de contaminação do ambiente, uma vez que aparece em alta concentração na urina e fezes dos animais que recebem o alimento tratado.

As informações das quantidades exatas de hidróxido de sódio requeridas para um tratamento ótimo variam muito. Na prática, há uma ampla faixa de níveis usados, dependendo, sobretudo das espécies forrageiras, da maturidade das mesmas e do método de armazenamento (SANTOS et al. 2008). Normalmente a recomendação para a utilização desse composto como agente hidrolisante é em torno de 3% a 5% da matéria seca (RIBEIRO et. al. 2010). No entanto, muito cuidado deve ser tomado por ocasião da manipulação desse composto, por se tratar de agente fortemente cáustico e corrosivo, o qual, sem os devidos cuidados, pode causar sérias queimaduras de pele e intoxicações respiratórias. (OLIVEIRA et al. 2007).

Santos et al. (2008), ao avaliarem níveis crescente de hidróxido de sódio sobre o valor nutritivo do feno de capim Tanzânia, utilizando 1, 2 e 3% de NaOH para o tratamento, observaram efeito linear dos níveis de NaOH sobre o teor de proteína bruta (PB), redução no teor da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), com efeito linear positivo para a digestibilidade com a adição dos níveis de NaOH, proporcionando aumentos de 57,47% no tratamento controle, para 63,07% na dose de 3,0%.

Visando evitar alguns efeitos nocivos da utilização de NaOH, tem-se preconizado o uso de Ca(OH)_2 para tratamento hidrolítico de forragens, devido ao menor poder corrosivo e contaminante, reduzindo os riscos operacionais, danos aos maquinários e riscos ao ambiente (MORAES et al., 2008). O uso do óxido de cálcio (CaO), ou cal virgem, para tratamento hidrolítico de forragens tem por base a formação de hidróxido de cálcio $[\text{Ca(OH)}_2]$, um agente alcalino

com moderado poder de hidrólise da fibra (JACKSON, 1977). De acordo com FREITAS et al. (2008) o fornecimento da forragem tratada aos animais pode ser realizado após dois dias, entretanto, os resultados científicos de tais técnicas são escassos, havendo, na maioria das vezes, recomendações baseadas em experiências de campo e observações empíricas.

Apesar dos menores riscos e menores custos, a ação hidrolítica do CaO é menos intensa que a experimentada usando bases fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH) (SANTOS et al., 2005). O menor poder corrosivo do Ca(OH)_2 , também afeta seu efeito sobre a degradação da MS, PB e FDN, explicado pelo inferior poder alcalinizante, visto que o NaOH, é um composto básico de maior poder corrosivo, aumentando assim sua ação hidrolítica alcalina sobre a fração fibrosa do alimento. RIBEIRO et al. (2008), também observaram superiores valores de degradação quando do tratamento com NaOH em comparação ao tratamento com cal hidratada.

Há divergências nas propriedades químicas inerentes ao NaOH e Ca(OH)_2 , onde o primeiro é formado por um metal alcalino, tem maior solubilidade e capacidade de dissociação, quando comparado ao Ca(OH)_2 , justificando a maior eficiência da hidrólise com NaOH sobre os componentes fibrosos. De acordo com ZANINE et al. (2006) as alterações provocadas por agentes alcalinos nos constituintes da parede celular variam em função de fatores tais como níveis a serem aplicados, qualidade da forragem, período de tratamento e temperatura ambiente.

A utilização de Ca(OH)_2 tem se verificado principalmente quando da ensilagem de cana-de-açúcar, pois além de reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina, contribui para a preservação de nutrientes solúveis, por inibir o desenvolvimento de leveduras que atuam sobre a massa ensilada, amenizando assim a perda de valor nutritivo durante a ensilagem e após a abertura do silo (BALIEIRO NETO et al., 2007).

Um fator que deve ser levado em consideração no tratamento com CaO, é incremento de componentes minerais no material tratado, com consequente aumento nos teores de matéria mineral quando da determinação dessa fração.

Essa elevação, quando em tratamentos com altos níveis de CaO, pode dificultar a degradação ruminal por dificultar o acesso microbiano a fração fibrosa, além de subestimar resultados na avaliação *in situ* da degradação, pois podem se acumular nos sacos de degradação, dificultando o acesso microbiano.

Ao avaliarem o fracionamento dos carboidratos e a degradabilidade ruminal da MS e FDN da cana de açúcar tratada com até 4,5% de CaO, Romão et al. (2013) observaram redução linear nos teores de carboidratos totais (CT), o que é justificada pelo aumento nos teores de matéria mineral do material tratado, no entanto observaram reduções na fração de baixa degradação dos carboidratos, com decréscimo de 3,4% a cada unidade de CaO adicionada além de melhorias nas taxas de degradação potencial e efetiva. A fração indisponível C depende do teor de lignina; portanto, plantas de idade fisiológica mais avançada apresentam maiores teores dessa fração. A redução da fração C dos carboidratos em volumosos melhora o aproveitamento da fração fibrosa, conseqüentemente aumenta a disponibilidade de energia para os microrganismos ruminais.

Silva et al. (2005), ao avaliarem a digestibilidade da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de cálcio, observaram um aumento de 30 para 60% com a aplicação de 100 litros de solução com 3% de CaO para cada 125 kg de bagaço, após 48 horas do tratamento. Oliveira et al. (2006), ao avaliarem a hidrólise da cana-de-açúcar com dois níveis (0,5 e 1,0%) de Ca(OH)_2 , verificaram que, com o aumento dos níveis, o pH da cana-de-açúcar aumentou provocando redução dos teores de FDN, MO e PB.

O tratamento de cana-de-açúcar com 2% de Ca(OH)_2 resultou em elevação de até 14% na degradação da FDN (BALIEIRO NETO et al., 2007), também se verificando melhores resultados sobre a degradação quando da utilização de 2% de NaOH e 4% de ureia, ressaltando-se a necessidade de maiores quantidades de ureia em relação aos demais compostos, devido ao seu menor poder alcalinizante (RIBEIRO et al., 2010).

Ao tratar feno de gramíneas com compostos alcalinizantes, Santos et al. (2008) e Lopes et al. (2009), obtiveram redução de 16% na FDN do feno de capim-tanzânia tratado com 2% de NaOH e de 11% para a FDN do capim-elefante tratado com a associação 1,5% de NaOH+1,5% de Ca(OH)_2 . As alterações provocadas por produtos alcalinos nos constituintes da parede celular variam em função de alguns fatores, como concentração do agente alcalino, qualidade da forragem, teor de umidade, período de tratamento e temperatura ambiente (ZANINE et al., 2006).

Além das ações sobre os componentes da parede celular, os tratamentos com agente alcalinos promovem efeitos no consumo de matéria seca e desempenho dos animais recebendo dietas com volumosos tratados, no entanto esses efeitos são variados, ocorrendo diferentes respostas em avaliações com ruminantes. Missio et al. (2013) ao avaliar o consumo e o desempenho de novilhas alimentadas com dietas contendo cana de açúcar hidrolisada com Ca(OH)_2 , não observaram diferenças entre o consumo de cana in natura e cana hidrolisada, quando a PB e FDN, e redução no consumo de MS quando do tratamento com Ca(OH)_2 . Os autores justificam o fato devido a menor aceitação dos animais das dietas tratadas, recomendando que se faça um período de adaptação dos animais quando do fornecimento, principalmente em animais jovens.

Rabelo et al. (2013), avaliando o consumo de MS e MN e desempenho de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de cálcio, observaram melhor consumo de MS e MN quando do tratamento das silagens com 1% de Ca(OH)_2 , além de melhorias no consumo de FDN e aumento nos ganhos de peso diários com tratamentos com até 1,5% do composto. Esses efeitos são corroborados por Carvalho et al. (2010), avaliando o consumo em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar tratada com 2,25% de Ca(OH)_2 com efeitos lineares positivos sobre o consumo de MS, FDN e PB com o aumento das doses de tratamento

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos químicos surgem como uma alternativa fácil e rápida de melhoria do valor nutritivo de alimentos considerados de baixa qualidade., o que torna-se importante na região Nordeste, devido as falhas na produção de volumosos de alta qualidade em algumas regiões, relacionadas a problemas de precipitação ou econômicos.

O ganho em qualidade da forragem e desempenho dos animais alimentados com esses volumosos, torna essa técnica bastante promissora, devendo porém ser divulgada e difundida entre os produtores de pequeno e médio porte, que ainda sofrem com a estacionalidade de forragem e a baixa qualidade da alimentação fornecida aos animais.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFAYA, H.; SUÑÉ, L.N.P.; SIQUEIRA, C.M.G. et al. Efeito da amonização com ureia sobre os parâmetros de qualidade do feno capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.842-851, 2002.
- ANDRADE, A.P. Composição bromatológica da casca de soja amonizada com uréia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. V.11, n.1, p.125-129, 2011.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1231-1239, 2007.
- BERTIPAGLIA, L.M.A.; LUCA, S. de; MELO, G.M.P. de et al. Avaliação de Fontes de Urease na Amonização de Fenos de *Brachiaria brizantha* com Dois Teores de Umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.378-386, 2005.
- CÂNDIDO, J.D.C.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p. 928-935, 1999.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; GARCIA, R. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fração fibrosa do bagaço de cana-de-açúcar tratado com ureia. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.447-455, 2007.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. Degradabilidade ruminal do feno de forragens tropicais. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.12, n.1, p.81-85, 2006.
- CARVALHO, G.P.C.; GARCIA, R.; PIRES A.J.V. Consumo e digestibilidade aparente em novilhas alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2703-2713, 2010.
- DANTAS FILHO, L.A.; LOPES, J.B.; VASCONCELOS, V.R. et al. Inclusão de polpa de caju desidratada na alimentação de ovinos: desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.147-154, 2007.

FADEL, R.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P. et al. Avaliação de diferentes proporções de água e de uréia sobre a composição bromatológica de palha de arroz. **Ciência Animal Brasileira**, v.4, p.101-107, 2003.

FAHEY JUNIOR, G.C.; BOURQUIN, L.D.; TITGEMEYER, E.C. et al. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. In: JUNG, H.G.; FARIA, M.M.S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, R.L.; V. SANTANA, F.S. Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.377-382, 2008b.

FARIA, M.M.S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C. et al. Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.377-382, 2008b.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; LEDIC, I.L. et al. Qualidade do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. submetido ao tratamento com amônia anidra ou ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1325-1332, 2002.

FREITAS, A.W.P.; ROCHA, F.C.; ZONTA, A. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana de açúcar hidrolisada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1569-1574, 2008.

GESUALDI, A.C.L.S.; SILVA, J.F.C.; VASQUEZ, H.M. et al. Efeito da amonização sobre a composição, a retenção de nitrogênio e a conservação do bagaço e da ponta da cana de açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.508-517, 2001.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F. et al. Composição química e digestibilidade *In Vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.720-725, 2005.

GOMES, A.N.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; MEDEIROS, R.M. Evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.560-564, 2005.

GOTO, M.; YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water-holding capacity. **Animal Feed Science and Technology**, v.58, n.2, p.239-247, 1996.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v.46, n.3, p.841-848, 1978.

LOPES, F.C. F.; PACIULLO, D.S.C.; MOTA, E.F. Composição química e digestibilidade ruminal *in situ* da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria*. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.883-888, 2010.

LOUSADA JÚNIOR, J.E.; NEIVA, J.N.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n. 2, p. 659-669, 2005.

MISSIO, R.L.; OLIVEIRA, M.D.S.; SFORCINI, M.P.R. Consumo de matéria seca e desempenho de novilhas Nelore alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada. **Ciência Rural**, v.43, n.6, p.1050-1056, 2013

PÁDUA, F.T.; ALMEIDA, J.C.C.; NEPOMUCENO, D.D. et al. Efeito da dose de ureia e período de tratamento sobre a composição do feno de *Paspalum notatum*. **Archivos de Zootecnia**, v.60 n.229, p.57-62, 2011.

PINHEIRO, R. S. B.; SOBRINHO, A. G. S.; SIQUEIRA, G. R. et al., Amonização do resíduo da produção de sementes de forragem no desempenho e biometria de cordeiros. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.3, p.711-720, 2009.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1071-1077, 2004.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.643-648, 2006.

RABELO, F.H.S.; REZENDE A.V.; RABELO C.H.S. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar tratadas com óxido de cálcio e cloreto de sódio. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.65, n.4, p.1158-1164, 2013

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. RESENDE, K.T. et al. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais-1. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.674-681, 2001.

RIBEIRO L.S.O., PIRES A. J. V., CARVALHO G. G. P., Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1911-1918, 2010.

ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; FREITAS, A.W.P.; BERNARDINO, F.S. et al. Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres**, v.53, n.306, p.228-233, 2006.

ROMÃO, C.O.; CARVALHO, G.G.P.; LEITE, V.M. Fracionamento de carboidratos e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, p.537-546, 2013.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá, 2001. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.41-63.

ROSA, B.; SOUZA, H.; RODRIGUES, K.F. et al. Composição química do feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tratado com diferentes proporções de uréia e de água. **Ciência Animal Brasileira**, v.1, n.2, p.107-113, 2000.

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; FERREIRA, D.J. et al. Composição química do feno de capim-tanzânia (*Panicum maximum*) tratado com hidróxido de sódio. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.11, n.1, p.41-46, 2008

ZANINE, A.M.; SANTOS E.M.; FERREIRA, D.J. et al. Efeito da amonização sobre o desenvolvimento de mofos e leveduras e valor nutricional do bagaço de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.222-231, 2006.

ZANINE, A.M.; SANTOS E.M.; FERREIRA, D.J. et al. Efeito de níveis de ureia sobre o valor nutricional do feno de capim-tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.2, p.333-340, 2007.