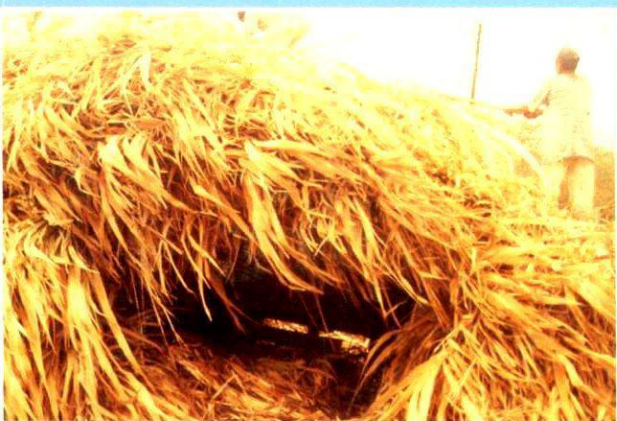




Tratamento químico de resíduos agropecuários com solução de uréia



ATC
29t
CO

-2007.00498

Tratamento químico de resíduos:
2000 LV-2007.00498



38792-1



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente
Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Ministro
Marcus Vinícius Pratini de Moraes

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -
EMBRAPA**

Presidente
Alberto Duque Portugal

Diretores
Elza Angela Battaggia Brito da Cunha
Dante Daniel Giacomelli Scolari
José Roberto Rodrigues Peres

Tratamento químico de resíduos agropecuários com solução de uréia

Onaldo Souza



Tabuleiros Costeiros

pyright © EMBRAPA - 2000
Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica nº 18

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju-SE
Tel (0**79) 217-1300 Fax (0**79) 217-6145

Chefe Geral
Lafayette Franco Sobral

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios
Joana Maria Santos Ferreira

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Amaury Apolonio de Oliveira

Chefe Adjunto de Administração
Jorge do Prado Sobral

Diagramação
Aparecida de Oliveira Santana

Revisão textual
David Soares Pinto

Tiragem: 500 exemplares

Embrapa	
Unidade:	SI - Sede
Valor aquisição:	
Data aquisição:	
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	
N.º OCS:	
Origem:	Doacs
N.º Registro:	00498107

SOUZA, O. Tratamento químico de subprodutos e resíduos agropecuários com solução de uréia, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2000, 55p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 18).

Subprodutos; Resíduos; Forragem;
Digestibilidade; Degradabilidade.

CDD: 634.61

Índice

<u>1 – Introdução</u>	<u>11</u>
<u>2 - Composição químico-bromatológica de subprodutos agrícolas</u>	
<u> e agro-industriais e sua implicação no valor nutritivo dessas forragens ..</u>	<u>15</u>
<u> 2.1 - Valor nutritivo</u>	<u>18</u>
<u> 2.2 - Digestibilidade dos resíduos lignocelulósicos</u>	<u>20</u>
<u> 2.3 - Valor energético e protéico</u>	<u>23</u>
<u> 2.4 - Ingestão voluntária</u>	<u>25</u>
<u> 2.5 - Melhoria do valor nutritivo</u>	<u>26</u>

<u>3 – Uso de tratamentos para a melhoria do valor nutritivo de</u>	
<u>forragens de baixa qualidade</u>	<u>27</u>
<u>3.1 – Melhoria do valor nutritivo</u>	<u>27</u>
<u>3.1.1 – Tratamentos físicos</u>	<u>28</u>
<u>3.1.2 – Tratamentos biológicos</u>	<u>29</u>
<u>3.1.3 – Tratamentos químicos</u>	<u>30</u>
<u>4 – Amonização de subprodutos agrícolas</u>	
<u>e agroindustriais via solução de uréia</u>	<u>33</u>
<u>5 – Fatores que influenciam a eficiência do tratamento</u>	<u>39</u>
<u>5.1 – Efeito da umidade</u>	<u>40</u>
<u>5.2 – Efeito da temperatura</u>	<u>41</u>
<u>5.3 – Tempo de reação da uréia</u>	<u>42</u>
<u>5.4 – Adição de uma fonte exógena de urease</u>	<u>43</u>
<u>5.5 – Percentual de uréia utilizado no tratamento</u>	<u>43</u>
<u>6 – Etapas do tratamento</u>	<u>45</u>
<u>7 – Referências bibliográficas</u>	<u>51</u>

Lista de tabelas

Tabela 1

<u>Composição química percentual da parede celular de palhas de trigo, cevada, aveia e bagaço de cana-de-açúcar</u>	<u>17</u>
---	-----------

Tabela 2

<u>Digestibilidade de palhas de cevada, trigo e aveia, não tratadas</u>	<u>21</u>
---	-----------

Tabela 3

<u>Digestibilidade de palhas de trigo, cevada e aveia tratadas quimicamente</u>	<u>22</u>
---	-----------

Tabela 4

<u>Digestibilidade "in vivo" de palha de cevada em ovinos e bovinos</u>	<u>23</u>
---	-----------

Tabela 5

<u>Ingestão voluntária de matéria seca em ovinos alimentados com diversos tipos de palhas de cevada</u>	<u>25</u>
---	-----------

Tabela 6

<u>Determinação "in vivo" do valor nutritivo de palhas tratadas com uréia... ..</u>	<u>31</u>
---	-----------

Tabela 7

Condições consideradas como ideais para o tratamento de palhas com uréia. 35

Tabela 8

Efeito da temperatura e nível de
umidade sobre a digestibilidade de palha de trigo tratada com uréia 41

Tabela 9

Tempo de reação do tratamento de acordo com a temperatura 42

Lista de figuras

Figura 1	
<u>Trituração de resíduo para tratamento com uréia</u>	<u>12</u>
Figura 2	
<u>Capim-elefante em elevado estágio</u>	
<u>de amadurecimento apresenta baixo valor nutritivo</u>	<u>19</u>
Figura 3	
<u>Preparo da solução de uréia</u>	<u>36</u>
Figura 4	
<u>A umidade é fator indispensável no tratamento</u>	<u>40</u>

***Tratamento químico de subprodutos e
resíduos agropecuários com solução de uréia***

Onaldo Souza
Doutor em Produção Animal
Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros/
Escritório Regional de Pesquisa de Rio Largo
BR 104 Norte, km 85, Campus Delza Gital
Caixa Postal 2013 - CEP 57061-970
Maceió/AL

1 - Introdução

A oferta e demanda de alimentos para a população humana nos países em desenvolvimento exige a cada dia que o crescimento da pecuária seja superior ao da agricultura. Na atualidade, é necessário restringir ao máximo a competição de alimentos concentrados entre homens e animais.

Estima-se que um terço dos cereais produzidos no mundo se destina à alimentação dos animais domésticos, em detrimento da população humana, carente destes produtos. Assim, deve-se recomendar e orientar cada vez mais o uso de subprodutos e resíduos lignocelulósicos na alimentação animal, quando devidamente tratados e corretamente administrados na dieta dos ruminantes.

Os subprodutos e resíduos agroindustriais como as palhas, o bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, etc. são materiais fibrosos e inevitavelmente produzidos devido a diversos cultivos, principalmente os cereais e cultura da cana-de-açúcar.

A quantidade disponível destes materiais é muito grande em todo o mundo e basta dizer que se fossem utilizados apenas 5% de maneira correta na alimentação animal, poder-se-ia suprir as necessidades dos rebanhos existentes no mundo e assim atender as demandas de energia e proteínas da população mundial, carente e necessitada.

A América Latina produz aproximadamente 500 milhões de t/ano de subprodutos agroindustriais e o Brasil contribui com quase a metade destes subprodutos. A Europa produz 300 milhões de t/ano de palhas de cereais.

Estes materiais são geralmente abundantes em fibra e ricos em lignina e sílica, entretanto o potencial de celulose que existe nestes subprodutos e resíduos e que podem servir como fonte de energia para os animais ruminantes é um fato conhecido há mais de um século.



Figura 1

Trituração de resíduo para o tratamento com uréia.

O baixo valor alimentício de materiais lignocelulósicos está relacionado com o alto grau de lignificação da parede celular, do reduzido conteúdo de matéria nitrogenada e de minerais, exceto o potássio, além do escasso teor de vitaminas.

Pesquisadores em todo o mundo estimam que no ano 2000 não haverá alimentos concentrados disponíveis em quantidades suficientes para a alimentação de animais ruminantes. Desta forma, haverá competição direta entre o homem e o animal no que se refere ao consumo de alimentos concentrados. Assim, torna-se necessário planejar desde já a alimentação destes animais para o próximo milênio que se aproxima.

Ao longo desses anos, diversas entidades governamentais e não governamentais, quer seja por iniciativa própria, ou mesmo recomendados por organizações como a ONU, buscam incansavelmente soluções sistemáticas quanto ao aproveitamento desses subprodutos e resíduos na alimentação animal. Na verdade, esses materiais, quando adequadamente tratados e tecnicamente orientados na alimentação animal, podem representar um enorme benefício à população mundial.

2 - Composição químico-bromatológica de subprodutos agrícolas e agroindustriais e a sua implicação no valor nutritivo dessas forragens

O elemento básico diferenciado na composição química desses materiais, em comparação com outros alimentos de origem vegetal utilizados para animais ruminantes e não ruminantes, é seu conteúdo de carboidratos estruturais, principalmente a celulose e hemicelulose, que corresponde a 70%-80% da matéria seca, assim como seu elevado teor de lignina (6%-12%), devido ao alto grau de amadurecimento da planta no momento da colheita. Também é baixo o seu conteúdo de proteína bruta, além de sua digestibilidade.

A composição química desses materiais, assim como o valor nutritivo, depende de vários fatores. O grau de amadurecimento da planta é um deles, pois a maioria dos nutrientes são translocados para as sementes e frutos e desta maneira, poucos nutrientes permanecem em outras partes da planta. Outros fatores podem

ainda afetar a composição química e o valor nutritivo de subprodutos e resíduos, como a fertilização dos solos, condições climáticas e manejo da cultura, principalmente.

Esses materiais são constituídos por três grupos de compostos orgânicos principais:

- a) Celulose
- b) Hemicelulose
- c) Lignina

A celulose é uma substância orgânica, notavelmente pura, formada unicamente por unidades de glicose que se unem para formar uma molécula gigante de cadeia reta (Stacey, 1976). Segundo Coelho-da-Silva (1984), a celulose é o composto químico orgânico que existe em maior abundância nas plantas e em toda a superfície terrestre. É aproveitada pelos ruminantes em diferentes graus, com valores que oscilam desde 20% até 90%.

As hemiceluloses estão geralmente relacionadas com as gomas vegetais, com cadeias moleculares mais curtas que as celulosas e derivam, principalmente, de cadeias formadas pelo açúcar pentose (Staniforth, 1986).

As ligninas são compostos aromáticos e têm como função principal, nos tecidos vegetais, proporcionar rigidez, resistência e defesa contra enfermidades (Staniforth, 1986). O conteúdo de lignina nas plantas aumenta com a maturidade fisiológica. Este componente está sempre relacionado com a indigestibilidade das fibras da dieta. Sabe-se que a lignificação da parede celular em maior grau nas plantas se deve a seu amadurecimento, fator responsável pelo baixo valor nutritivo nas mesmas.

Tabela 1
Composição química (%) da parede celular de palhas de trigo, cevada, aveia e bagaço de cana-de-açúcar pelo sistema de Göering e van Soest (1970)

Palha	Proteína bruta	Parede celular	Hemicelulose	Celulose	Lignina	Autor
Trigo	-	83,6	23,0	51,8	8,8	Romanzin et al. (1991)
Trigo	-		31,4	40,0	9,9	Givens et al. (1988)+
Trigo	-	80,3	28,5	45,5	6,3	Kjos et al. (1987)
Trigo	-	80,7	28,7	44,0	8,0	Reid et al. (1988)
Trigo	15,6	71,0	24,2	40,3	6,4	Souza (1996)***
Trigo	4,4	74,3	30,6	37,3	6,3	Souza (1996)**
Cevada	-	86,2	24,2	52,8	9,6	Romanzin et al. (1991)
Cevada	-	86,4-88,8	43,4-44,6	47,1-48,1	8,6-10,7	Mason et al. (1986)
Cevada	-	84,0-87,5	29,5-32,8	44,9-48,9	6,3-9,0	Reid et al. (1988)
Cevada	-	80,7	29,6	41,3	9,8	Givens et al. (1988)+
Cevada	22,9	66,0	22,7	37,4	5,8	Souza (1996)***
Cevada	5,8	71,30	30,19	35,2	5,9	Souza (1996)**
Aveia	-	73,2	24,3	42,0	9,30	Givens et al. (1988)+
Aveia	-	80,5-83,8	21,1-22,9	48,5-52,7	9,2-9,9	Xande (1978)
Aveia	-	75,0	22,0	30,0	23,0#	Theander & Aman (1978)
Aveia	-	80,0	23,0	37,0	20,0	Theander & Aman (1978)
Aveia	30,2	45,8	18,8	26,3	4,3	Souza (1996)***
Aveia	14,2	45,1	18,2	22,4	4,5	Souza (1996)**
Bagaço de cana	1,0	88,0	26,0	48,0	14,0	Teixeira (1992)*
Bagaço de cana	3,5	86,2	32,4	40,8	13,0	Souza (1998)**
Bagaço de cana	28,0	91,4	37,0	41,0	13,9	Souza (1998)

Notação: #Lignina "Klason"; + segundo o método de Thornber & Northcote (1961); *Bagaço de cana, auto-hidrolizado; **Sem tratamento; ***Tratamento com solução de uréia.

2.1 - Valor nutritivo

O valor nutritivo de um alimento é determinado por sua concentração de nutrientes, pela quantidade consumida do mesmo, pela proporção de nutrientes digeridos e pela eficácia com que são utilizados os nutrientes absorvidos.

Palhas e outros alimentos desta natureza, de um modo geral, são extremamente pobres em nitrogênio e apresentam pouca solubilidade da parede celular. Esses alimentos podem apresentar grande diferença em seu valor nutritivo. Pode existir mais diferença entre uma palha da mesma espécie que entre distintas variedades. Ademais de estas possuírem baixa digestibilidade, possuem freqüentemente pouca palatabilidade, razão pela qual sua ingestão voluntária é limitada. Isto dificulta o atendimento das necessidades dos animais que as consomem, quando administradas como fonte única de nutrientes.

Materiais lignocelulósicos quando são administrados na alimentação animal, sem um prévio tratamento, proporcionam insuficientes quantidades de minerais, energia e proteínas para manter sequer o peso corporal dos animais.

Em ordem decrescente, quanto ao seu valor nutritivo, pode-se classificar assim as palhas de cereais: aveia, cevada e trigo. Por outro lado, também em ordem decrescente, tem-se: bagaço de cana, casca de caroço de algodão, casca de arroz, etc. A melhora do valor nutritivo destes materiais quando tratados com uréia, recentemente, tem sido motivo de muitos estudos por diversos pesquisadores em todo o mundo

No tratamento químico com uréia, dissolvem-se a lignina, a sílica e, parcialmente, a hemicelulose, contribuindo destarte para incrementar o valor nutritivo e o consumo voluntário desses materiais, sem contudo alterar a estrutura cristalina da celulose.



Figura 2
Capim-elefante em elevado estágio de amadurecimento
apresenta baixo valor nutritivo.

2.2 - Digestibilidade dos resíduos lignocelulósicos

A digestibilidade destes materiais depende do grau de lignificação das paredes celulares, já que isto determina o maior ou menor acesso de enzimas celulolíticas aos polissacarídeos da parede celular. Quanto maior for o conteúdo de lignina da planta, menor será o ataque e, conseqüentemente, menor a digestão. A lignina se encontra unida quimicamente à celulose e, principalmente, à hemicelulose. Limita a eficácia de ação dos microorganismos ruminais já que estes se fixam pouco ou quase nada nas paredes fortemente lignificadas.

A digestibilidade da matéria orgânica está estreitamente ligada à das paredes celulares, de forma que a matéria orgânica aparentemente indigestível da forragem depende essencialmente da fração indigestível das paredes.

A digestibilidade destes materiais depende de fatores como:

- ↻ Estado de amadurecimento da planta no momento da colheita;
- ↻ Proporção de folhas;
- ↻ A espécie e a variedade;
- ↻ As condições do meio (umidade, temperatura, etc);
- ↻ A altura de corte e tempo de permanência no solo.

Tabela 2
Digestibilidade (%) de palhas de cevada, trigo e aveia, não tratadas

Palha			Método de avaliação *	Autor
Cevada	Trigo	Aveia		
48,80	45,50	48,70	in vivo (MS)	Horton (1978)
43,00	36,00	47,00	in vitro (MS)	Sundstol et al. (1988)
56,20	50,50	58,50	in vivo (MO)	Horton & Steacy (1979)
39,80	34,30	42,30	in vitro (MO)	Kernan et al. (1979)
45,00	36,00	40,00	in vitro (MO)	Pearce et al. (1979)
43,00	34,00	-	in vitro (MO)	Coxworth et al. (1981)
48,00	46,00	54,00	in vitro (MO)	Ericksson et al. (1981)
40,00	36,00	45,00	in vitro (MO)	White et al. (1981)
45,80	42,60	-	in vitro (MS)	Alibés et al. (1983/84)
47,80	43,40	-	in vivo (MS)	Alibés et al. (1983/84)
44,00	46,00	46,00	in vitro (MS)	Ibbotson (1983/84)
54,90	50,60	58,70	in vitro (MO)	Kjos et al. (1987)
44,10	42,10	50,60	in vivo (MO)	Givens et al. (1988)
45,33	50,45	54,01	in vitro (MS)	Souza (1996)
44,16	-	-	in sacco (MS)	Souza (1996)
45,24	-	-	in vivo (MS)	Souza (1996)

*MS = matéria seca; MO = matéria orgânica.

Tabela 3

Digestibilidade (%) de palhas de trigo, cevada e aveia tratadas quimicamente

Palha			Método de avaliação*	Autor
Cevada	Trigo	Aveia		
48,80	45,50	48,70	in vivo (MS)	Horton (1978)
55,70	53,30	64,60	in vivo (MS)	Horton (1978)
55,00	50,00	55,00	in vitro (MO)	Sundstol et al. (1978)
58,60	58,20	63,50	in vivo (MO)	Horton & Steacy (1979)
47,90	44,70	47,60	in vitro (MO)	Kernan et al. (1979)
49,00	45,00	-	in vitro (MO)	Coxworth et al. (1981)
55,60	55,00	-	in vitro (MS)	Alibés et al. (1983/84)
50,60	50,80	-	in vivo (MO)	Alibés et al. (1983/84)
54,00	54,00	57,00	in vitro (MO)	Ibbotson (1983/84)
61,80	62,50	66,30	in vitro (MO)	Kjos et al. (1987)
54,80	52,80	50,60	in vivo (MO)	Givens et al. (1988)
57,03	-	-	in sacco (MS)	Souza (1996)
65,59	65,00	86,79	in vitro (MS)	Souza (1996)
62,04	-	-	in vivo (MS)	Souza (1996)

*MS = matéria seca; MO = matéria orgânica.

Em regiões tropicais, as palhas de cereais possuem digestibilidade mais baixa que as de climas temperados. Isto ocorre devido às altas temperaturas, associadas com as curtas horas de luz diária, que provocam uma maior concentração de lignina nas plantas. Assim, nas regiões tropicais, palhas de milho possuem 10 unidades de digestibilidade a menos que as de climas temperados (Van Soest, 1980).

Devido às investigações realizadas durante várias décadas em todo o mundo, está definitivamente comprovado que a digestibilidade de resíduos lignocelulósicos é melhorada quando estes são submetidos a tratamentos diversos. Geralmente a digestibilidade inicial de palhas e outros resíduos está entre 35% e 55% e, de acordo com o tratamento utilizado, pode aumentar 20 pontos percentuais (Tabelas 2 e 3).

Quando se pretende comparar a digestibilidade de alimentos para ruminantes geralmente se utiliza de ovinos, uma vez que a digestibilidade no aparelho digestivo destes animais se assemelha à de outros ruminantes, como por exemplo os bovinos. Na literatura mundial, entretanto, não é raro encontrar contradições para a digestibilidade entre ovinos e bovinos (Tabela 4).

Tabela 4
Digestibilidade "in vivo" de palhas de cevada em ovinos e bovinos

Digestibilidade (%)	Palha não tratada		Palha tratada com NH ₃ a 3%	
	Ovino	Bovino	Ovino	Bovino
Matéria seca	46,5	45,8	60,9	58,4
Matéria orgânica	48,3	46,4	62,3	59,4
Fibra bruta	55,8	54,6	74,1	69,1
Parede celular	53,3	51,6	71,3	66,8

Fonte: Cotty et al. (1989).

2.3 - Valor energético e protéico

Existe uma alta relação entre a digestibilidade e o valor energético de materiais fibrosos, assim como com a sua composição química quando se estuda um cereal determinado. É notório que, quando a digestibilidade da matéria orgânica e o conteúdo de proteína bruta são baixos, também torna-se baixo o valor energético e protéico do alimento.

O valor energético e o potencial da celulose como fonte de energia para a alimentação de ruminantes é algo conhecido pelo homem, há mais de cem anos. A habilidade dos ruminantes de utilizar materiais lignocelulósicos depende da atividade microbiana do rúmen. E esta, por sua vez, depende de um suplemento adequado de nutrientes necessários para o perfeito desenvolvimento destes microorganismos ruminais. Alimentos desta natureza não dispõem de nitrogênio, energia e alguns minerais em quantidades suficientes para atender a demanda da população microbiana do rúmen, quando são oferecidos como dieta-base na alimentação animal.

Palhas e outros resíduos contêm aproximadamente 80% de nutrientes potencialmente digestíveis, que são fontes de energia, porém a digestibilidade destes materiais pelos animais ruminantes é de apenas 45%-50%. A baixa ingestão de energia é geralmente devida à baixa digestão desses nutrientes, pois os animais não conseguem consumir mais de 2% de seu peso corporal porque a velocidade de passagem é lenta no trato gastrointestinal.

Seu fornecimento em dietas à base desses resíduos tem melhorado a digestibilidade e a ingestão voluntária. O déficit de nitrogênio nesses resíduos pode ser suprido em sua maior parte por nitrogênio não-protéico.

Uma das principais vantagens que apresenta o tratamento químico de materiais fibrosos com uréia é a adição de nitrogênio que fica fixado nestes após o tratamento. A percentagem de fixação depende das condições do tratamento, como a dosagem de uréia, nível de umidade utilizado no tratamento, qualidade inicial do produto tratado, duração do tratamento, entre outros.

2.4 – Ingestão voluntária

A ingestão média desses materiais é considerada baixa, de modo geral é da ordem de 30g a 32g de matéria seca por kg de peso metabólico (MS/kg P_{0,75}), qualquer que seja o material consumido.

A variação no consumo pode ser devida a fatores como a quantidade de concentrado distribuído com o material fornecido na dieta e período de adaptação à dieta, além de outros.

Tabela 5

Ingestão voluntária de matéria seca em ovinos alimentados com diversos tipos de palhas (referência ao peso metabólico - g MS/kg P_{0,75})

Palha	Quantidade ingerida	Autor
Cevada	32	Demarquilly et al. (1978)
Cevada	42 ± 2,0	Meschy (1984)
Cevada	35 - 40	Chermiti & Cordesse (1988)
Cevada	48,08	Souza (1996)
Aveia	33	Demarquilly et al. (1978)
Trigo	33,5	Alibés et al. (1984)
Trigo	33	Demarquilly et al. (1978)

As diferentes espécies de palhas e outros resíduos diferem muito quanto a sua composição química e conseqüentemente em seu valor nutritivo, bem como com a ingestão voluntária e aproveitamento.

É largamente conhecido que a composição química dos alimentos determina seu valor nutritivo e que existe uma alta relação negativa com a lignina ou o conteúdo em fibra, sempre quando se estuda o valor nutritivo das forragens.

Quando forragens administradas aos animais possuem um alto conteúdo em parede celular, o consumo destas está altamente correlacionado com sua composição química e a digestibilidade da MS. Isto sugere que a relação entre o consumo voluntário e a matéria seca digestível depende do conteúdo em energia digestível da parede celular. E isto concorda com a teoria de que fibra em excesso na dieta inibe o consumo voluntário em forragens com alto teor de parede celular.

Diversas pesquisas realizadas em várias parte do mundo têm demonstrado que o consumo voluntário dos alimentos é afetado pelas condições ambientais, manipulação dos alimentos, condições fisiológicas dos animais e composição química dos alimentos.

O consumo de forragens pelos ruminantes está relacionado com a quantidade de digesta no rúmen-retículo e há uma relação direta entre o consumo voluntário e a digestibilidade do alimento. Na verdade, a ingestão voluntária de alimentos fibrosos por animais similares varia consideravelmente e está relacionada com a velocidade de passagem de resíduos indigestíveis dentro do rúmen.

3 - Uso de tratamentos para a melhoria do valor nutritivo de forragens de baixa qualidade

3.1 - Melhoria do valor nutritivo

O crescente interesse pelos resíduos lignocelulósicos que podem servir de alimentos para os animais domésticos, visando diversificar as fontes de energia e baratear os custos finais da exploração animal, tem despertado a comunidade científica mundial na busca de soluções sistemáticas para melhorar o aproveitamento desses materiais, quando usados na alimentação animal.

O uso de resíduos fibrosos como alimento para os animais domésticos deve valorizar-se em relação a seu conteúdo em energia, quando se compara com outros alimentos que podem ser usados na alimentação animal e sem nunca se esquecer de seus custos econômicos .

Tem-se observado que a utilização e o aproveitamento de palhas e outros resíduos pelos ruminantes é muito limitado devido a seu baixo valor nutritivo. As palhas contêm: de 73% a 81% de componentes parietais, quando referidos a MS pouco digestíveis; de 2% a 9% de carboidratos solúveis; de 0,3g a 1,3g de minerais, exceto o K, que supera a 8g/kg de MS; e escassa quantidade de vitaminas. E isto leva a concluir que se os animais ingerirem esses materiais certamente suas necessidades orgânicas não serão satisfeitas. Desta maneira, diversos pesquisadores têm tentado melhorar o valor nutritivo desses materiais para servir como recurso alimentar para os ruminantes.

Os métodos idealizados para incrementar o valor nutritivo de resíduos fibrosos podem se classificar em:

- Ä Tratamentos físicos;
- Ä Tratamentos biológicos;
- Ä Tratamentos químicos.

3.1.1 - Tratamentos físicos

Os tratamentos físicos de subprodutos e resíduos lignocelulósicos são os mais utilizados pelos pecuaristas e consistem apenas em triturar mecanicamente estes materiais, para ofertar um produto macerado, picado ou moído. A redução do tamanho das partículas tem como objetivo básico o incremento da velocidade de trânsito do material dentro do rúmen. Isto incrementa o consumo voluntário de 25% a 30% e aumenta a ingestão de energia em até 30%.

A diminuição do tamanho da partícula pode ter, entretanto, um efeito negativo sobre o valor nutritivo do alimento no que se refere à digestibilidade. A picagem grosseira não altera a digestibilidade e este efeito está presente quando se pratica uma trituração mais fina do material. E isto é uma consequência do menor tempo de permanência das partículas do alimento no rúmen e pela diminuição do pH e das condições celulolíticas neste órgão, provocados pelo decréscimo da salivagem que, por sua vez, é resultante de menores tempos de mastigação e ruminação.

O tratamento físico por meio da trituração favorece o ataque da população microbiana do rúmen e, como consequência, a fermentação ruminal. Porém não se tem registrado melhoria na digestibilidade se não houver boa trituração do material. Quando se compara uma forragem moída em relação a outra não moída, quando é oferecida como alimentos únicos para ruminantes, são observados os seguintes aspectos:

- ↳ Redução do tempo de ingestão e de ruminação;
- ↳ Diminuição da produção de saliva e pH;
- ↳ Aceleração da velocidade de passagem e degradação;
- ↳ Melhora da eficácia de utilização da energia metabolizável.

3.1.2 - Tratamentos biológicos

O tratamento biológico de palhas de cereais e outros produtos fibrosos tem por base a aplicação de fungos que, atuando sobre o material, degradam a lignina sem provocar perdas de celulose e hemicelulose. Os organismos que degradam a celulose e hemicelulose não são utilizados neste caso. Parece que não existem organismos que degradam unicamente a lignina. Existem fungos que degradam em maior proporção a lignina em relação à celulose e à hemicelulose .

Em laboratório, tem-se conseguido grandes aumentos na digestibilidade “in vitro”, porém é necessário desenvolver métodos práticos de tratamento a campo para avaliar melhor a utilidade dos tratamentos biológicos nos resíduos lignocelulósicos.

3.1.3 - Tratamentos químicos

Devido ao incremento na alimentação animal e seu enorme potencial como recurso alimentar para os ruminantes, palhas de cereais e outros resíduos lignocelulósicos têm sido motivo de intensas pesquisas em todo o mundo, com a finalidade de melhorar seu aproveitamento e valor nutritivo através de métodos químicos. Assim, faz quase um século que esses materiais são tratados quimicamente e utilizados na alimentação animal.

O tratamento químico é o método mais eficiente de incrementar o valor nutritivo dos materiais fibrosos para uso na alimentação animal. Segundo Sundstol (1988a), foi Beckmann, em 1919, na Alemanha, quem desenvolveu um método à base de NaOH para o tratamento de palhas. Este método incrementava a digestibilidade da matéria orgânica (MO) entre 46% e 71%. A partir daquela data, o método Beckmann foi melhorado, desenvolvido e adaptado às condições da Noruega. Na década dos anos 60, o uso de palhas tratadas por este método se tornou muito popular na Europa.

O tratamento químico dos resíduos agrícolas com bases fortes como os álcalis, não afeta a atividade microbiana do rúmen e o principal efeito do tratamento é melhorar a digestibilidade da fibra, podendo-se conseguir incrementos de 43% a 70%.

Neste sentido, pesquisas têm demonstrado que palhas de cereais, ao serem submetidas a tratamentos com NaOH, NH₃ e uréia, podem aumentar a ingestão voluntária, a digestibilidade e o valor nutritivo.

É largamente conhecido que o consumo de palhas é melhorado através do tratamento químico com uréia, aumentando entre 30% e 70%, segundo o tipo de palha usado na alimentação (Tabela 6). O incremento em seu valor nutritivo depende de diversos fatores, como, por exemplo, o conteúdo de umidade, percentual de uréia utilizado, temperatura durante o tratamento, tempo de tratamento, adição de uma fonte exógena de urease, etc. Neste aspecto, Cloete et al. (1983a) observaram um aumento de ingestão de MS de 36% em ovinos, quando estes foram alimentados com palhas de trigo tratadas quimicamente com uréia.

Tabela 6

Determinação "in vivo" do valor nutritivo de palhas tratadas com uréia

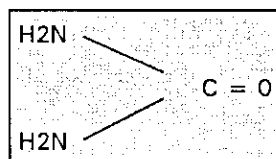
Tipo de palha	Cevada	Trigo	Aveia
Ingestibilidade (g/kg P0,75)			
Testemunha	43,79*	42,4 +	46,7 +
Tratada	48,09*	64,4 +	61,1 +
Digestibilidade MS (%)			
Testemunha	50,97*	37,6 +	45,4 +
Tratada	79,70*	49,6 +	52,5 +
Matéria orgânica digestível ingerida (g/kg P0,75)			
Testemunha	12,3 +	16,5 +	20,8 +
Tratada	24,1 +	30,8 +	30,6 +

Fonte: *Souza (1996); +Tisserand (1989).

4 – *Amonização de subprodutos agrícolas e agroindustriais via solução de Ureia*

4.1 - Tratamento com uréia

A uréia é uma substância branca, cristalina e solúvel em água. Contém 46% de nitrogênio e possui um equivalente protéico de 287% (46 x 6,25). Foi descoberta por Roule em 1773, e Prout em 1818 estabeleceu sua fórmula estrutural:



É produzida sinteticamente a partir da combinação da amônia e do dióxido de carbono e pode substituir, com eficácia, parte da proteína da ração para ruminantes.

Devido às grandes dificuldades que foram surgindo com o método de tratar resíduos com o NH₃ principalmente devido a seu alto custo e perigo de manuseio, o uso da uréia para produzir amoníaco tornou-se uma boa perspectiva para os pecuaristas.

Segundo Dias da Silva (1988b), o primeiro trabalho científico do mundo que demonstrou a capacidade ureolítica das palhas de cereais foi publicado por Oji & Mowat (1977). Estes autores comprovaram que, transcorridos dois dias, aproximadamente 70% da uréia adicionada à palha de milho com 35%-45% de umidade eram hidrolizados, e aos 20 dias a hidrólise era completa. A partir de 1981, os estudos básicos começaram então a ser conhecidos. A partir daí, o processo foi considerado como uma técnica bastante promissora e de fácil manuseio. Afirmam os pesquisadores que é um método muito seguro, relativamente barato e simples de usar, se comparado com outros métodos empregados para o tratamento de resíduos lignocelulósicos. Além do que a uréia já é bastante conhecida pela maioria dos pecuaristas e estes não teriam nenhuma dificuldade em manuseá-la. O sucesso do tratamento depende de certas condições no momento do tratamento (Tabela 7).

Assim, foi sempre progressivo o interesse para o tratamento de palhas e resíduos pela amonização, através da uréia. O êxito do método depende da liberação enzimática da amônia, originado pela uréia em um meio aquoso.

Tabela 7

Condições consideradas como ideais para o tratamento de palhas com uréia

Dose (g/kg)	Temperatura (o C)	Umidade (%)	Tempo (semana)	Autor
50	-	55	3	Saadullah et al. (1981)
75	-	37,5	8	Cloete et al. (1983)
40	-	30,0	4	Ibrahim et al. (1986)
30 a 40	Mediterrâneo	25 a 30	8	Alibés & Muñoz (1988)
60	22	40	7 a 8	Dias da Silva (1988a)
60	15 a 25	25	8	Chermit et al. (1989)
50	20	50	1	Sundstol (1988)
50	30	30	8 a 9	Dihaj (1995)
40 a 60	25 a 35	30 a 40	1 a 3	Souza (1996)

Muñoz et al. (1991) e Souza (1996) encontraram efeitos positivos em relação a alguns fatores como percentual de uréia, nível de umidade e temperatura de tratamento em palha de cevada, tratada com uréia. Concluíram que o tratamento de palha de cevada com solução de uréia melhora o valor nutritivo e que os fatores citados anteriormente são fundamentais no tratamento da palha. Assim, recomenda-se o tratamento para regiões tropicais, com um nível de uréia de 4% a 6%, temperatura ambiente e teor de umidade variando de 30% a 40%. Estas são as condições ideais para o tratamento de palhas e outros resíduos lignocelulósicos com solução de uréia em nosso clima. Provavelmente a atividade ureolítica dos resíduos utilizados é suficiente por si só, não sendo necessária a adição de uma fonte exógena de urease, desde que o nível de umidade usado não esteja abaixo de 20% a 25%.

O tratamento de resíduos favorece ainda a degradabilidade ruminal das paredes celulares pelos microorganismos do rúmen, e a velocidade de degradação de palhas tratadas é mais alta do que a de palhas não tratadas. Salienta-se que o tratamento com uréia aumenta a digestibilidade dos carboidratos estruturais.

É conhecido que a amonização de resíduos lignocelulósicos com uréia proporciona também uma maior concentração de nitrogênio e incrementa a população microbiana do rúmen.

O tratamento de resíduos pela amonização com uréia também leva certa vantagem em relação ao tratamento com hidróxido de sódio (NaOH) porque, depois do tratamento, o excesso de amoníaco se evapora e a quantidade que permanece no material tratado serve como fonte de nitrogênio não protéico (NNP) para os microorganismos do rúmen. Outra vantagem é que o material tratado não necessita de um processo mecânico antes do tratamento e o excesso de N ingerido pelos animais serve de benefício, já que a urina e as fezes podem fertilizar os campos. O contrário se pode observar em palhas tratadas com NaOH, pois o excesso de Na ingerido é eliminado na urina e nas fezes, agravando os problemas preexistentes de salinidade de solos de muitas regiões e causando enormes prejuízos.

Um tratamento com uréia envolve basicamente uma mistura de 4kg a 6kg de uréia dissolvidos em 30 litros de água para tratar 100kg de palhas e, posteriormente, armazenar o material tratado em ambiente hermeticamente fechado durante certo tempo, dependendo da temperatura.



Figura 3

Preparo da solução de uréia.

Para garantir a distribuição uniforme da solução aquosa sobre o material a tratar, é necessário conhecer a quantidade total de matéria seca (MS) que se pretende tratar. Pois a quantidade de solução será em função da quantidade de MS existente no material e não na quantidade total. Exemplo: para se tratar uma tonelada de bagaço de cana a 5% de uréia, deve-se usar 25 kg de uréia, pois tendo o bagaço, 50% de MS, o cálculo será feito em cima de 500 kg (quantidade de MS no bagaço).

Para uma grande quantidade de material, pode-se distribuir a solução por meio de um pulverizador, de modo que a solução seja distribuída uniformemente sobre todo o material a ser tratado. Ao final da pulverização, deve-se cobrir todo o material com uma lona de polietileno, de maneira que o ambiente se torne hermeticamente fechado e evite a saída do gás produzido (NH_3), pois será este gás que formado através da uréia que irá atuar no substrato (resíduo a ser tratado).

Para se preparar a solução, basta apenas diluir a uréia na água. A concentração de uréia e a umidade final do resíduo devem ser conhecidas como já citados anteriormente.

5 – Fatores que influenciam a eficiência do tratamento

O principal efeito do tratamento com uréia sobre o valor nutritivo dos resíduos é sem dúvida o incremento da digestibilidade e conseqüentemente o aumento do consumo.

Alguns fatores são decisivos para o sucesso do tratamento. Entre eles sobressaem-se a dosagem de uréia aplicada, o conteúdo de umidade do resíduo, o tempo de exposição do amoníaco no material a ser tratado e as condições de temperatura ambiente. Estes são fatores decisivos para a boa eficácia do tratamento.

5.1 - Efeito da umidade

A umidade é um importante fator para o sucesso do tratamento de resíduos com uréia. O nível ótimo para o tratamento de palhas com uréia é de 30% a 40%.

A adição de água para melhorar a eficiência do tratamento com uréia de palhas e outros resíduos com baixo teor de umidade é um fator muito importante para lograr êxito no tratamento. Resíduos com alto teor de umidade requerem apenas diluição da uréia, visando-se uniformizar sua distribuição no material a ser tratado. O aumento da umidade no material favorece o contato entre o íon de amônia e a parede celular. Porém um excesso de umidade pode ser prejudicial ao tratamento.

Para o tratamento de resíduos com uréia, a umidade é mais dependente que no tratamento com amoníaco, já que para a liberação de amoníaco a partir da uréia (ureólise) é necessária a presença de água.



Figura 4

A umidade é fator indispensável no tratamento.

5.2 - Efeito da temperatura

Os efeitos da temperatura sobre o tratamento de resíduos lignocelulósicos com uréia foram revisados e estudados por diversos pesquisadores. Chegou-se à conclusão que a temperatura ótima para o tratamento é de 30oC a 35oC. Em países tropicais, a temperatura ambiente é satisfatória para o sucesso do tratamento.

Para se precisar melhor os efeitos da temperatura sobre o tratamento, pode-se observar que a uma temperatura de 4oC a taxa de ureólise é mais baixa (Tabela 8). Já um tratamento de oito semanas a uma temperatura de 24oC é semelhante ao de um a uma temperatura de 35oC. O tempo de tratamento pode ser compensado pelos efeitos da temperatura. Isto é, temperaturas altas, aceleram o processo do tratamento, ou seja, uma temperatura mais alta diminui o tempo de tratamento.

Tabela 8
Efeito da temperatura e nível de umidade sobre a digestibilidade de palha de trigo tratada com uréia

Temperatura (°C)	Umidade (g/kg palha)	Tempo de tratamento (semana)			
		1	2	4	8
4	250	35,9	37,7	40,1	40,1
	375	38,1	38,2	40,6	41,3
14	250	38,4	38,1	37,2	38,8
	375	38,6	43,0	44,1	43,5
24	250	40,2	38,3	41,0	45,2
	375	46,7	47,4	47,8	52,0
35	250	42,7	45,5	44,6	44,9
	375	53,1	54,3	51,3	51,5

Fonte: Cloete & Kritzing (1983b).

Em relação ao tratamento com a uréia, pode-se afirmar que a atividade ureolítica pode diminuir tanto pela baixa como pela alta temperatura. Cloete & Kritzinger (1984b) observaram uma menor atividade ureolítica no tratamento com a uréia quando utilizaram temperaturas de 4oC e 35oC.

5.3 - Tempo de reação da uréia

O tempo de reação do tratamento é de fundamental importância para a eficácia do processo. Em nossas condições, de 7 a 10 dias será o suficiente para se processar adequadamente a reação (Tabela 9).

Tabela 9
Tempo de reação do tratamento de acordo com a temperatura

Temperatura (oC)	Tempo de reação (dia)	Autor
5	56	Sundstol et al. (1979)*
5 a 15	28 a 56	Sundstol et al. (1979)*
22	56	Dias-da-Silva (1988) +
15 a 30	7 a 28	Sundstol et al. (1979)*
30	7	Sundstol et al. (1979)*
30	3 a 7	Waagepetersen & Vestergaard Thomsen (1977)*
35	7	Cloete et al. (1983b) +
30	60	Dihaj (1995) +
35	7	Souza (1996) +

* Tratamento com amoníaco; + Tratamento com uréia.

5.4 - Adição de uma fonte exógena de urease

A ureólise é uma reação hidrolítica e a formação de um meio alcalino é indispensável para que se produzam mudanças na parede celular do material tratado. Uma quantidade mínima da enzima urease a determinada temperatura ambiental, com um nível satisfatório de umidade, é essencial para melhorar a eficiência do tratamento. Esta é a condição básica para a eficiência do processo.

Para a hidrólise da uréia no tratamento de palhas e outros resíduos é necessária a ação da enzima urease. E esta por sua vez encontra-se presente em forma natural nos vegetais. Desta forma, as palhas e outros resíduos não são exceção a este detalhe.

Os diversos fatores que influem na atividade ureolítica têm levado vários pesquisadores a adicionar uma fonte exógena de urease em seus trabalhos, com o propósito de conseguir melhores resultados. Uma fonte exógena de urease permite melhorar a taxa de ureólise, especialmente se a umidade do material tratado for reduzida abaixo de 20% com uma temperatura baixa.

5.5 - Percentual de uréia utilizado no tratamento

A dose de uréia considerada ótima para o tratamento de palhas em nossas condições é de 5% a 6% com base na matéria seca (MS). Essa é a indicação de modo geral em informações geradas pelas pesquisas em todo o mundo.

6 – *Etapas do tratamento*



Etapa 1 – Estiramento da lona de polietileno.



Etapa 2 – Material triturado sob a lona para pulverização.



Etapa 3 – Pulverização com a solução de uréia.



Etapa 4 – Início da cobertura-estiramento da lona sobre o material já tratado.



Etapa 5 – Material tratado completamente coberto.



Etapa 6 – Vedação lateral do material com a utilização de madeira e terra para evitar a saída do gás produzido.



Nossa realidade...



em carência de pastagens.



Pode-se até usar palma forrageira...
mas o uso de resíduos tratados contorna esses problemas.



Estoque de resíduos tratados.
ASSIM PODE-SE ESPERAR A SECA!

7 – Referências bibliográficas

- ABDOULI, H., KHORCHANI, T., 1987. Traitment de pailles à l'urée. I - Conditions d'utilisation de l'urée, source d'ammoniac, dans le traitement de la paille. Fourrages, 110: 205- 218 132-138.
- AGOSIN, E., ODIER, E., 1985. Solid-State fermentation lignin degradation and resulting digestibility of wheat fermented by selected white-rot fungi. Appl. Microbiol .Biotechnol., 22:132-138.
- ALIBÉS, X., MUÑOZ, F.; FACI, R., 1983/84. Anidrous ammonia treated cereal straw for animal feeding. Some results from the mediterranean area. Anim.Feed Sci. Technol., 10: 239-246.
- BALCH, C.C., CAMPLING, R.C., 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. Nutr. Abstr. Rev., 32:669-686.
- BECKMANN, E., 1938. Conversion of grain straw and lupin into feeds of high nutrient value. Chem. Abstr., 16:765.

- BESLE, J.M., CHENOST, M., TISSERAND, J.L., LEMOINE, J.P., FAURIE, F., GRENET, N. 1990. Ammoniation of straw by urea: extent of ureolysis and improvement of nutritive value at low level of added water. *Reprod. Nutr. Dev.*, (Suppl) 2: 174s.
- CAÑEQUE, V.; VELASCO, S.; MANZANARES, C.; SOUZA, O.; SANCHA, J.L. 1998. Efecto de la humedad y de la temperatura sobre la degradabilidad y fraccionamiento nitrogenado de distintos materiales fibrosos tratados con urea. *INIA. Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales*. 13: 1,2,3.
- CHENOST, M., 1994. Les facteurs de réussite du traitement des pailles à l'urée. In: Options méditerranéennes. Les Pailles dans l'Alimentation des ruminants en Zone Méditerranéenne. TISSERAND, J. L. (Ed.) CIHEAM. FAO. Serie B. Etudes et Recherches.
- CLOETE, S.W.P., KRITZINGER, N.M. 1984 a. A laboratory assesment of cvarious treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. 1. The effect of temperature, moisture level and treatment period. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 14: 55-58.
- CLOETE, S.W.P., KRITZINGER, N.M. 1984 b. Urea ammoniation compared to urea supplementation as a method of improving the nutritive value of wheat straw for sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 14:59-63.
- CONRAD, H. R., PASTRANA, R., McDOWELL, L. R., 1989. Ammoniation using urea to improve value of fibrous material. In: International Conference of Livestock in the Tropics. Gainesville, USA. C30-C39. En 8 ref. *Anim. Sci.* Dept. University of Florida.
- CORDESSE, R., TEYSSIER, J., PHILLIPY, M., 1993. Amélioration d'agnaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac I. Valeur nutritive, croissance et qualité des carcasses des animaux. *Ann. Zootech.*, 30(2):137-149.
- COTTY, B.G., DE BOEVER, J.L., VANACKER, J.M., 1989. In vivo digestibility measurement of straws. In: Evaluation of straw in ruminant feeding. Eds: CHENOST, M., REINIGER, P. Elsevier applied Science. London and New York. 36-46 pp.

- DIAS-DA-SILVA, A., 1988a. O projeto de valorização energética dos alimentos fibrosos na UTAD: Situação actual e perspectivas. *Anais UTAD.*, 1: 265-283.
- DIAS-DA-SILVA, A., 1988b. Effects of treatments with urea and supplementation with molasses and monosodiumglutamate on the digestibility and intake of rye straw by sheep. *WAAP.* 88.Helsinki.
- DIAS-DA-SILVA, A.; SUNDSTOL, F. 1986. Urea as source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Anim Feed Sci. technol.*, 14:67-79.
- DULPHY, J. P., BRETON, J., BIENAIME, A., LOUYOT, J. M., 1982 a. Etude de la valeur alimentaire des pailles de cereales traitées ou non à la soude. 1-Influence du traitement à la soude. *Ann. Zootech.*, 195-214.
- GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J., 1970. Forage fiber analysis. *USDA, Arg. Agric. Handb.*, nº 379.
- HADJIPANAYIOTOU, M., 1982. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass and Forage Sci.*, 37:89-93.
- HUNGATE, R.E., 1966. The rumen and its microbes. *Academia Press, New York and London.*
- JACKSON M.G., 1977 a. La paja de arroz como alimento para el ganado. *Rev. Mund. Zootec.*, 23:25-31.
- JACKSON, M.G., 1977 b. review article: The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2:105-130.
- JACKSON, M.G., 1978. Tratamiento de la paja para la alimentación animal. *Rev. Mund. Zootec.*, 28-38-43.
- LOOSLI, J.K., McDONALD, I.W., 1969. El nitrógeno no proteico en la alimentación de rumiantes. 2 ed. *FAO*, 107 pp.
- MORRISON, F.B., 1959. Feeds and feeding. *The Morrison Publishing Co. Ed. Clinton, I. A.* 22nd New York. 538-607 pp.
- MUÑOZ, F., JOY, M, FACI, R., ALIBÉS, X., 1991. treatment of ligno-cellulosic residues with urea. Influence of dosage, moisture, temperature and addition of ureases. *Ann. Zootech.*, 40:215-225.
- NIKOLAEVA, L.I., 1938. Ammonium hydroxide treatment of straw. *Problems Animal Husbandry (USRR)*, 7(3):175-178. (Chem. Abstr. 35, 817).

- OJI, U.I., MOWAT, D.N., 1977. Nutritive value of straw treated corn stover. Can. J. Anim. Sci., 58:177-181.
- ORSKOV, E.R., REID, G.W., HOLLAND, S.M., TAIT, C.A.G., LEE, N.H., 1983. The feeding value for ruminants of straw and whole crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. Anim Feed Sci. Technol., 8:247-257.
- PRESTON, T.R., LENG, R.A., 1984. Supplementation of diets based on fibrous residues and by-products. In: Straw and other fibrous by-products as feed. Eds: F. SUNDSTOL, E. OWEN., Elsevier. Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo. 373 - 413 pp.
- REXEN, 1972. Enzyme solubility - a method for evaluating the nutritive value of alkali treated straw. Anim. Feed Sci. Technol., 2:205-218.
- SAADULLAH, M., HAQUE, M., DOLBERG, F., 1981. Effectiveness of ammoniation through urea in improving the feeding value of rice straw in ruminants. Trop. Anim. Prod., 6:30-36.
- SOUZA, O. 1998. Tratamento de subprodutos e resíduos lignocelulósicos com uréia na alimentação de ruminantes. In: I Congresso Nordeste de Produção Animal. VII Simpósio Nordeste de Nutrição de Ruminantes. ANAIS. 195-213 pp.
- SOUZA, O., 1983. Emprego da ponta de cana e da mistura sal-uréia-minerais na engorda de ovinos. Universidad Federal da Paraíba. Centro de Ciencias Agrarias. Areia. Tese de Mestrado. 80 pp.
- SOUZA, O., 1996. Efecto de diversos factores que afetam el valor nutritivo de la paja tratada por urea. Universidad Politecnica de Madrid. Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos. Departamento de Producción Animal. Tesis Doctoral. 175 pp.
- SOUZA, O., 1999. Tratamento químico de subprodutos e resíduos agrosilvopastoris com solução de uréia. Enviado para publicação. Editora Universidade Federal de Alagoas-UFAL.
- SOUZA, O.; MARTINEZ, V.C.; GUIA, E.L., 1996. Efeito de diversos fatores sobre o valor nutritivo de palhas de cereais tratadas com uréia. In: VI Simpósio Nordeste de Nutrição de Ruminantes. ANAIS, 190-91 pp.

- SUNDSTOL, F., 1988a. Straw and other fibrous by-products. *Livestock Prod. Sci.*, 19:137-158 pp.
- SUNDSTOL, F., 1988b. Improvement for poor quality forages and roughages. In: *World Anim. Sci., Disciplinary Approach Feed Science*. 257-273.
- SUNDSTOL, F., COXWORTH, E. M., 1984. Ammonia treatment. In: *straw and other fibrous by-products*. Eds: F. SUNDSTOL; E. OWEN. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo. pp 196-240.
- VAN SOEST, P.J., 1987. Fiber components and the nutritive value of feedstuffs. 38th Annual Meeting of EAAP., 1-10 pp.
- WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M., BREWER, A., 1984a. Ammonia treatment of straw via the hidrolisis of urea. I. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolisis of urea. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 11:103-114.
- WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M., BREWER, A. 1984b. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II. Additions of soya bean (urease), sodium hydroxide and molasses; effects on the digestibility of urea-treated straw. *Anim.Feed Sci. Technol.*, 11:115-124.
- WILLIAMS, P. E. V., STWART, C. S., MACDEARMIS, A., BREWER, A., 1986. Diets with chemically treated straw for beef steers: Effects of rapidly fermentable carbohydrate on food utilization , growth and bacterial cellulolysis. *Anim. Prod.*, 42:327-336.
- ZORRILLA-RIOS, J., HORN, G.W., PHILLIPS, W.A., WORTHINGTON, M.A., 1986. Value of protein in ammoniated straw for growing steers. *Anim. Sci. Res. Report Oklahoma Agric. Exp. Satation.*, 222-228.



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária
dos Tabuleiros Costeiros*

*Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44
CEP 49001-970, Aracaju, SE*

*Fone (0**79) 217-1300 Fax (0**79) 217-6145*

**MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E DO
ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil