

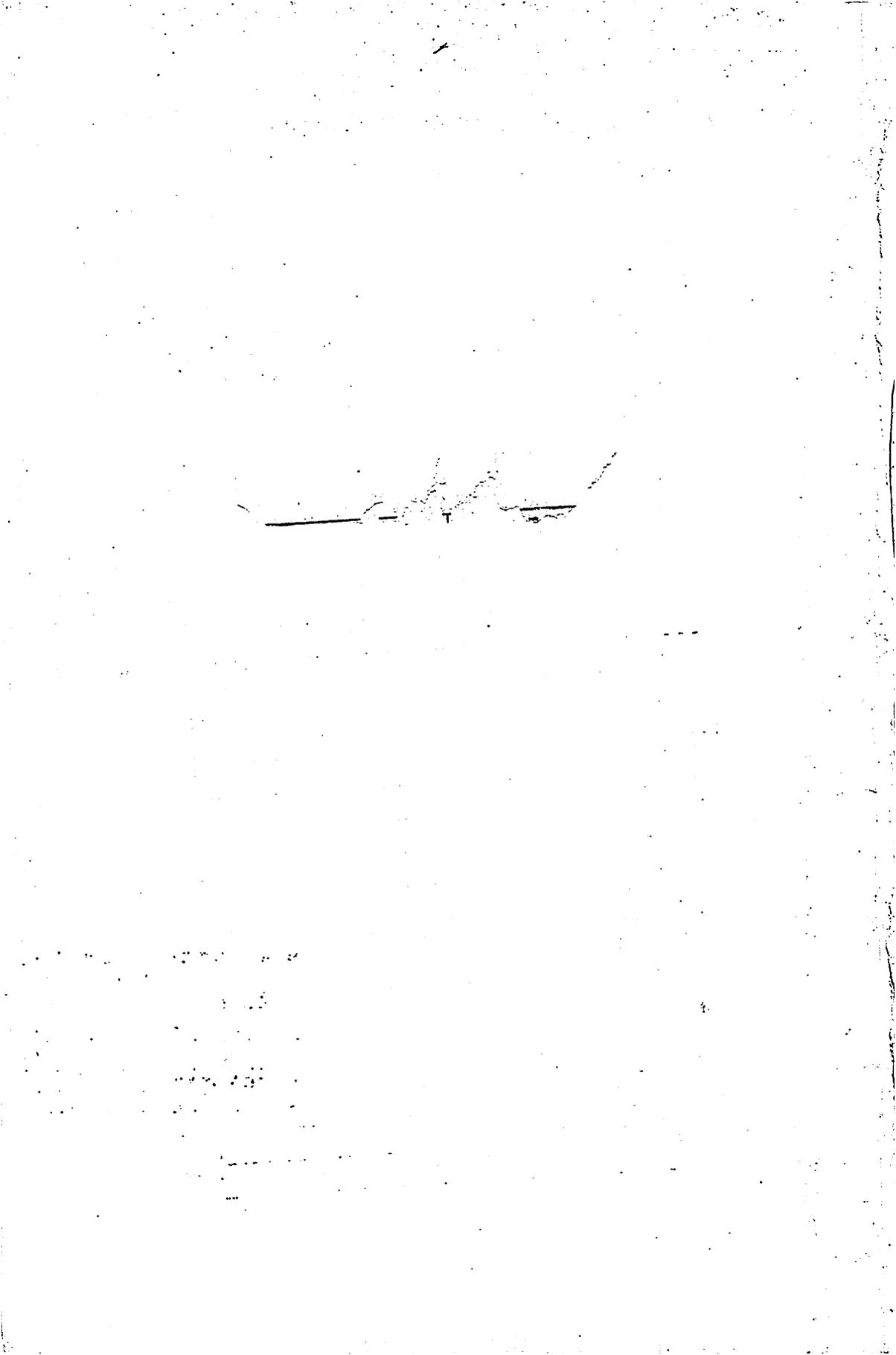


UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**CARACTERIZAÇÃO E CINÉTICA RUMINAL DO
RESÍDUO TÊXTIL DA FIBRA DO ALGODÃO
SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS**

OMER CAVALCANTI DE ALMEIDA

2000



48944

MEV 33022

OMER CAVALCANTI DE ALMEIDA

**CARACTERIZAÇÃO E CINÉTICA RUMINAL DO
RESÍDUO TÊXTIL DA FIBRA DO ALGODÃO
SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. Paulo César de Aguiar Paiva

LAVRAS

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Almeida, Omer Cavalcanti de

Caracterização e cinética ruminal do resíduo têxtil da fibra do algodão submetido a diferentes tratamentos / Omer Cavalcanti de Almeida. – Lavras: UFLA, 2000.

71 p.: il.

Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva.

Dissertação (Mestrado) – UFLA

Bibliografia.

- 1. Resíduo da fibra de algodão. 2. Celulose. 3. Parede celular. 4. Degradabilidade 5. Ruminantes. 6. Tratamentos químicos e físicos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

**CDD-636.2085
-636.**

OMER CAVALCANTI DE ALMEIDA

**CARACTERIZAÇÃO E CINÉTICA RUMINAL DO
RESÍDUO TÊXTIL DA FIBRA DO ALGODÃO
SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 23 de fevereiro de 2000

Prof. Carlos Alberto Pereira de Rezende UFLA

Prof. Juan Ramon Olalquiaga Perez UFLA

Prof. Joel Augusto Muniz UFLA

Profª. Vera Lúcia Banys UNIFENAS


Prof. Paulo César de Aguiar Paiva
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

*Em especial a meu filho Odon Pôrto Almeida Neto,
pela minha ausência em alguns momentos de sua vida.*

*Aos meus pais, Odon Pôrto Almeida e Nancy
Cavalcanti Almeida, pelo eterno carinho dispensado.*

*À energia superior que nos estimula à eterna luta pela
evolução.*

Dedico esse momento de minha vida

*Marcados nessas pedras você vai encontrar a dor de
nossa luta, a tristeza de nossas perdas e os alicerces de nossa
vitória.*

(Nelson Mandela)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras – UFLA, pela a oportunidade de realização deste curso.

À Coordenaria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Em especial ao professor Paulo César de Aguiar Paiva pela orientação, amizade, exemplo profissional e pelos ensinamentos proporcionados durante o desenvolvimento do curso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, pela minha liberação para realização deste curso, em especial ao Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação, professor Severino Benone Paes Barbosa e à professora Ângela Maria Vieira Batista, pelos exemplos profissionais e pela confiança em min depositada.

À professora Eurides Alves da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da UFRPE, pela eterna paciência e vontade em contribuir em todo período do curso.

Ao professor Juan Ramon Olalquiaga Perez pela amizade e pelos ensinamentos durante o curso.

Ao professor Carlos Alberto Pereira de Rezende pela amizade e sempre disposição em colaborar.

Ao professor Joel Augusto Mumiz pelos ensinamentos, dedicação e orientação nas análises estatísticas.

A professora Vera Lúcia Banyz pelas sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Roberto Maciel Cardoso pela amizade e pelas conversas descontraídas.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, em especial a Márcio Nogueira, Suelba Ferreira, José Virgílio e Eliana dos Santos (Laboratório de Pesquisa Animal), Carlos Henrique de Souza e Keila Cristina de Oliveira (Secretaria de Pós-graduação), Mariana Cornélio e Pedro Adão Prereira (Secretaria do Departamento), Dona Isabela Maria do Rosário Silva e Geraldo Villas Boas e coordenados (Campo), pela inestimável ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Em especial aos colegas de curso Cristiano Oliveira (Cristiano de Roseli), Denise Verreschi, Elaine Mumiz, Érika e Marco Aurélio Bonfim (Maranhão), Gisele Resende, José Antônio Resende (O estressado), Leonardo Mendes (Almenara), Mônica Maciel, Paulo Gallo (Paulo da Sarita), Romero Francisco, Sidney, Víctor Aleixo (Jacaré), Wilson Kit (Goiano) e Yasmin Câmara, pela ótima convivência, que propiciou bons momentos de nossas vidas .

A professora Maria das Graça pela disponibilização do NIRS para análises do material.

Aos graduandos Ana Luíza, Juliana e Danilo pela colaboração no desenvolvimento dos trabalhos de campo.

Ao Sr. João Prismich, em nome da Cia. Jauense Industrial, pela doação do resíduo utilizado neste trabalho.

A Elaine Torres pela disposição em se constituir minha procuradora.

Aos funcionários da Biblioteca Central pela amizade e presteza, em especial a Sebastião, Márcio, Werner, Coelho e Maria de Lourdes.

E, finalmente, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Degradabilidade <i>in situ</i>	3
2.1.1 Porosidade do saco	4
2.1.2 Granulometria da amostra	4
2.1.3 Relação material x área	6
2.1.4 Tempos de incubação	6
2.1.5 Efeito da dieta	7
2.1.6 Outros fatores envolvidos	8
2.2 Hidrólise de volumosos grosseiros	9
2.2.1 Tratamento com hidróxido de sódio	10
2.2.2 Tratamento com uréia	11
2.2.3 Tratamento a explosão com vapor e pressão	12
2.3 Celulose	13
2.4 Degradação da celulose	15
2.5 O potencial do resíduo da fibra de algodão na alimentação de ruminantes	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Local e características climáticas	21
3.2 Material	21
3.3 Tratamentos	22
3.4 Animais e manejo	22
3.5 Hidrólise do material	23
3.6 Análise bromatológica do material	23

3.7	Determinação da degradabilidade <i>in situ</i>	24
3.8	Delineamento experimental	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Efeito dos tratamentos sobre os constituintes da parede celular	28
4.1.1	Comportamento da celulose	28
4.1.2	Comportamento da hemicelulose	30
4.1.3	Comportamento da lignina	31
4.2	Efeito dos tratamentos sobre a cinética da degradação ruminal da matéria seca (MS) e dos constituintes da parede celular	33
4.2.1	Parâmetros da degradação da matéria seca (MS) para os tratamentos	33
4.2.2	Desaparecimento da matéria seca (MS) dos diversos tratamentos	38
4.2.3	Cinética da degradação ruminal da celulose	42
5	CONCLUSÕES	48
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	ANEXOS	66

LISTA DE ABREVIATURAS

a	Fração solúvel do nutriente
AFRC	Agricultural and Food Research Council
ARC	Agricultural Research Council
b	Fração insolúvel, mas potencialmente degradável do nutriente
c	Taxa de degradação da fração insolúvel (%/h)
C ₁	Celobiohidrolase
C _x	Endoglucanases
DE	Degradabilidade efetiva (%)
DECel	Degradabilidade estimada da celulose (%)
DEMS	Degradabilidade estimada da matéria seca (%)
DP	Degradabilidade potencial (%)
e	Base dos logaritmos neperianos (2,718)
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
GL	Grau de liberdade
ICr	Índice de cristalinidade da celulose (%)
k	Taxa de passagem da digesta ao duodeno (%/h)
MS	Matéria seca
NaOH	Hidróxido de sódio
ND	Fração não degradável do nutriente
O' _x	Átomo de oxigênio da cadeia de glicose situado na posição x
P > 0,05	Probabilidade não significativa a 5%
P < 0,05	Probabilidade significativa a 5%
PB	Proteína bruta
PV ^{0,75}	Peso vivo metabólico
QM	Quadrado médio
R ²	Coefficiente de determinação do modelo
SQ	Soma dos quadrados
t	Tempo de incubação
Y	Degradabilidade estimada do componente nutritivo após um tempo "t"

RESUMO

ALMEIDA, Omer Cavalcanti de. Caracterização e cinética ruminal do resíduo têxtil da fibra do algodão submetido a diferentes tratamentos. Lavras: UFLA, 2000. 74p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia).

Foram conduzidos dois experimentos nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com o objetivo de avaliar o efeito de tratamentos de hidrólise (pressão e vapor, uréia e hidróxido de sódio) sobre os componentes da parede celular e sobre a degradabilidade ruminal da matéria seca e da celulose do resíduo da fibra de algodão. Os tratamentos constituíram em: T₁ – resíduo *in natura*; T₂ – resíduo submetido ao tratamento de pressão e vapor (3,0 kgf/cm², por 35 minutos); T₃ – resíduo tratado com uréia (3% da MS, por 35 dias) e T₄ – resíduo tratado com hidróxido de sódio (4% da MS, por 35 dias). Os tratamentos de hidrólise foram arranjados em um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. No experimento de degradabilidade ruminal foram utilizadas três vacas nelores fistuladas no rúmen, nas quais o material foi incubado em sacos de nylon com malha entre 40 e 60 µm, respeitando a relação de 25 mg de material por cm², por períodos de 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Os coeficientes de degradabilidade foram obtidos a partir do ajuste dos dados a uma regressão não linear, pelo método de Gauss Newton contido no pacote computacional SAEG (Euclides, 1983), conforme equação proposta por Ørskov e McDonald (1979). Os resultados obtidos no experimento de hidrólise permitem concluir que: o hidróxido de sódio foi o tratamento mais eficiente na modificação dos componentes da parede celular. Quanto ao experimento de degradabilidade, pode-se concluir que: o tratamento com hidróxido de sódio propiciou a elevação do índice de degradação da matéria seca, embora nenhum tratamento tenha sido eficiente na elevação da taxa de degradação da celulose do resíduo da fibra de algodão. Conclui-se, também, que o resíduo da fibra do algodão apresenta elevados percentuais de degradabilidade, evidenciando potencial para o seu aproveitamento como alimento para ruminantes.

* Comitê Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva - UFLA(Orientador), Carlos Alberto Pereira de Rezende - UFLA, Juan Ramon Olalquiaga Perez - UFLA.

ABSTRACT

ALMEIDA, Omer Cavalcanti de. Characterization and ruminal kinetics of the ruminal degradation of cellulose of the têxtil cotton fiber residue cotton fiber residue submitted to chemical and physical treatments. Lavras: UFLA, 2000. 74p. (Dissertation – Master in Animal Science).

Two experiments were conducted in the annex buildings of the Department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras (UFLA), with a view to evaluating the effect of hydrolisis treatments (pressure and steam, urea and sodium hydroxide) upon the components of the cell wall and ruminal degradability of the dry matter and cellulose of the cotton fiber residue. The treatments consisted of: T₁ – *in natura* residue; T₂ – residue submitted to the pressure and steam treatment (3,0 kgf/cm² for 35 minutes); T₃ – urea treated residue (3% of the dry matter for 35 days) e T₄ – sodium hydroxide treated residue (4% of the dry matter for 35 days). The hydrolisis treatments were arranged in a completely randomized design with three replicates. In the ruminal degradability experiment were utilized three nelore cows fistulated in the rumen, where the material was incubated in nylon bags, with meshes between 40 and 60 µm, at the ratio of 25 mg of material per cm² for periods of 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The degradability coefficients were obtained from the adjustment of the data to a nonlinear regression by Gauss Newton's method contained in the computational package SAEG (Euclides, 1983) according to an equation proposed by Ørskov and McDonald (1979). The results obtained in the hydrolisis experiment allow us to conclude that the sodium hydroxide was the most efficient in the modification of the cell wall components. As to the degradability experiment, it may be concluded that the treatment with sodium hydroxide increased the dry matter degradation rate, although no treatment was efficient in increasing the degradation rate of the cellulose in the cotton fiber residue. It follows also that the cotton fiber residue presents high percents of degradability, standing out qualities for its use as a feed for ruminants.

Guidance Committee: Paulo César Aguiar Paiva – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Pereira de Rezende - UFLA, Juan Ramon Olalquiaga Perez – UFLA.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, pesquisadores têm procurado alternativas para baixar os custos de produção das atividades agropecuárias, visando o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis que, quando não utilizados racionalmente, tornam-se fonte de diversos problemas ambientais. Dentre estes, os resíduos ricos em celulose despertam interesse especial.

A estrutura da celulose é representada por um homopolímero de até 15000 unidades de β - D - glucose unidas por ligações β (1 - 4). Essas estruturas são denominadas fibrilas e, quando dispostas paralelamente, formam uma estrutura cristalina.

Na natureza, a celulose apresenta-se em duas formas estruturais: a amorfa, que constitui uma forma menos organizada, e que leva a maior susceptibilidade à ação da microbiota ruminal, e a forma cristalina, que se caracteriza por apresentar-se altamente organizada e complexa e, portanto, menos susceptível à atuação das enzimas, como é o caso da celulose do algodão, do bagaço da cana-de-açúcar e das palhadas.

Com vistas ao melhor aproveitamento de recursos vegetais, tem-se dado ênfase ao estudo minucioso das características estruturais da parede celular, uma vez que ela compreende de 20 a 80 % de peso seco, e constitui a maior parte da dieta dos ruminantes nos atuais sistemas de criação (Wilson, 1994).

O aproveitamento dos recursos lignocelulósicos disponíveis ainda é limitado, uma vez que apenas 10 a 35 % da energia ingerida a partir destes, é fixada como energia líquida, fato decorrente da não digestão eficiente da celulose, visto que 20 a 70 % podem não ser digeridos (Varga e Kolver, 1997). A lignina tem sido identificada primariamente como responsável por essa limitação, porém, Buxton e Redfeam (1997) advertem que a utilização eficiente

da fibra também é limitada por barreiras físicas impostas pelo nível organizacional celular.

Devido à resistência da parede celular de determinadas fontes à digestão, várias técnicas de hidrólise química e física precisam ser estudadas, objetivando-se a desestruturação da molécula de celulose e das ligações éster entre a lignina e outros compostos, especialmente os carboidratos. Essas técnicas de desorganização da parede celular podem permitir uma maior suscetibilidade às enzimas da microbiota ruminal.

O presente trabalho objetivou avaliar a cinética da digestão ruminal da parede celular do resíduo da fibra do algodão submetida a diferentes tratamentos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Degradabilidade *in situ*

A técnica de degradabilidade *in situ* foi desenvolvida em meados da década de 30 na África do Sul, quando Quinn, Van der Wath e Myburg, em 1938, estudaram a degradação de alimentos no rúmen de ovinos canulados (Ørskov, 1992).

Atualmente, o método *in situ* constitui-se um dos mais importantes meios para estimar a degradabilidade ruminal, uma vez que apresenta metodologia simples e rápida, e permite o acompanhamento da degradabilidade ao longo do tempo (Mehrez e Ørskov, 1977 e ARC, 1984).

Esse método fornece informações básicas sobre a degradabilidade dos alimentos no rúmen, fornecendo uma estimativa da proporção do alimento que é rapidamente fermentada e da taxa de degradação dos componentes insolúveis que são susceptíveis à fermentação. Essas informações são provenientes da mensuração do material incubado em sacos feitos de materiais não degradáveis, quando alojados no rúmen de animais fistulados após diferentes tempos de incubação (Vasconcelos, 1997).

Stern, Bach e Calsamiglia (1997) avaliaram que a incubação *in situ*, quando comparada às técnicas desenvolvidas em laboratório, apresenta a vantagem de submeter o material avaliado a todos os processos digestivos que ocorrem normalmente no rúmen do animal.

Apesar da simplicidade do método *in situ*, vários fatores podem levar a resultados variáveis. De acordo com Nocek (1988), isso é devido, principalmente, à falta de padronização na porosidade dos sacos utilizados, grau de moagem da amostra, quantidade de amostra incubada por área do saco, tempos de incubação utilizados, contaminação microbiana residual e dieta fornecida aos animais.

2.1.1 Porosidade do saco

A porosidade do saco deve permitir a entrada normal dos microrganismos ruminais, promovendo degradação semelhante a do substrato do exterior do saco e permitindo que o produto da degradação saia normalmente (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995 e Stern, Bach e Calsamiglia, 1997).

Nocek (1988) verificou o comportamento de sacos confeccionados com malha de diversas porosidades (6, 20, 40, 59, 80 e 102 μ), e não encontrou diferenças significativas no desaparecimento de matéria seca (MS) com o aumento da porosidade até 59 μ . Porém, para malhas superiores, notou aumento significativo no desaparecimento desta. Em relação ao desaparecimento do nitrogênio, houve queda quando a malha aumentou de 6 para 20 μ , permanecendo inalterado no intervalo de 20 a 40 μ , e elevando-se até 102 μ .

A utilização de malha com porosidade entre 40 a 60 μ m de diâmetro parece ser adequada para permitir o fluxo dos microrganismos do líquido ruminal, a saída do material digerido e evitar perdas de material não degradado (Nocek, 1988 e Cerrila e Jáuregui, 1993).

2.1.2 Granulometria da amostra

Para Cerrila e Jáuregui (1993), a amostra deve ser moída antes da incubação no rúmen, tendo em vista que ele não foi previamente mastigado nem submetido a ruminação.

A moagem facilita a homogeneização da amostra, reduz o tamanho da partícula e aumenta a área efetiva à degradação microbiana (Lathan et al., 1978).

Huntington e Givens (1995) verificaram que as taxas de desaparecimento da MS e da fibra em detergente neutro (FDN) aumentam quando a amostra é moída, em comparação àquelas cortadas, e portanto, há necessidade de padronização da metodologia, para não sub nem super-estimar a degradação do alimento.

Em trabalho similar, Barbosa et al. (1998) verificaram que o tamanho da partícula pode afetar significativamente os valores de degradação ruminal, e conseqüentemente influenciar a estimativa dos parâmetros do modelo de degradação da matéria seca. Concluíram também que a taxa de degradação é o parâmetro mais sujeito a alterações, dependendo da natureza da forrageira testada, ou mais especificamente, da sua resistência à colonização e posterior degradação.

Bowman e Firkins (1993), trabalhando com a incubação de gramíneas e leguminosas trituradas em diversas granulometrias, observaram que as amostras moídas em peneira de 2 mm apresentaram menor FDN após 3, 6, 9 e 12 horas de incubação, em relação àquelas moídas em 5 mm.

Huntington e Givens (1995) avaliaram que os principais pontos a serem considerados quanto à dimensão do material são: as diferenças no tamanho das partículas entre alimentos moídos usando o mesmo tamanho de peneira; que partes da planta podem ser trituradas diferentemente; conteúdo químico influenciando a composição química resultante dos vários tamanhos de partícula; e, diferentes frações do tamanho de partículas apresentam, potencialmente, diferentes taxas e extensão de degradabilidade da MS. Portanto, avaliaram que as amostras devem ser preparadas de tal modo que sejam minimizados os efeitos da moagem, fornecendo, assim uma amostra homogênea.

Decorrente das dúvidas para se estabelecer o tamanho ideal das partículas, Nocek (1988) sugeriu a padronização da moagem dentro das classes dos alimentos. Concentrados devem ser moídos com peneira de 2 mm, e as plantas forrageiras trituradas em peneira de 5 mm.

2.1.3 Relação material x área

A relação material por área deve levar em conta a necessidade de sobra de material para as análises posteriores, sem que essa densidade comprometa a degradação do material incubado.

O efeito da relação peso da amostra e área de superfície do saquinho foi estudado por Mehrez e Ørskov (1977), que observaram aumento na degradabilidade da MS da cevada quando a quantidade de amostra foi reduzida de 62,5 para 16,5 mg/cm²; mas, nenhum efeito foi verificado quando a relação foi 6,7 mg/cm².

Ørskov, Hovell e Mould (1980) recomendam densidades específicas para as diversas classes de alimentos, 2 g/cm² para palha, 3 g/cm² para feno de boa qualidade, 5 g/cm² para concentrado e de 10 a 15 g/cm² para forragem fresca.

Com base na análise de diversos trabalhos, Huntington e Givens (1995) sugerem que a relação entre peso da amostra e área superficial do saco seja em torno de 16 mg/cm² de amostra seca. No entanto, para forragens frescas (capim e silagens) que contenham elevado teor de água, pode ser necessária uma maior relação, embora Nocek (1988) considera que uma relação entre 10 e 20 mg/cm² pode ser utilizada tanto para concentrado quanto para forragem.

2.1.4 Tempos de incubação

O período de incubação deverá ser suficiente para a obtenção de dados que permitam avaliar o tempo de colonização, proporcionando descrição matemática adequada através dos vários períodos de incubação e apontando o ponto final de degradação (Nocek, 1988).

Ørskov, Hovell e Moul (1980) propõem tempos diferentes de acordo com a qualidade dos materiais a serem incubados. Apontando para os

concentrados entre 12 e 36 horas, as forragens de alta qualidade entre 24 e 60 horas e forragens de baixa qualidade entre 48 e 72 horas.

Como regra geral, têm-se estabelecido períodos de incubação entre 6 e 96 horas, com três a quatro períodos intercalados. Este número é suficiente para estimar a equação de degradação com a mesma eficiência de sete ou mais tempos (Sampaio, 1994).

2.1.5 Efeito da dieta

A dieta do animal constitui o principal determinante da composição microbiana ruminal, estabelecendo a quantidade, a atividade e os tipos de microrganismos que atuarão sobre o substrato.

A dieta tem efeito marcante sobre a degradabilidade dos materiais analisados. Portanto, os animais devem receber dieta a mais próxima possível do material incubado a fim de promover a perfeita adaptação da microbiota ruminal (Ørskov, Hovell e Mould, 1980; Cerrilla e Járegui, 1993 e Thiago, 1994).

Dietas ricas em concentrado podem ocasionar queda na degradação da celulose (Ørskov, Hovell e Mould, 1980 e Thiago, 1994). Segundo Cerrilla e Járegui (1993), o elevado teor de concentrado das dietas ocasiona níveis elevados de carboidratos solúveis propiciando a redução do pH. A proliferação das bactérias amilolíticas causará queda do pH promovendo a redução do número e atividade das bactérias celulolíticas, que apresentam máxima atividade em pH pouco superior a 6 (Hoover, 1986).

Vilela (1994), trabalhando com a degradação *in situ* da proteína, observou que a suplementação protéica da dieta pode afetar a degradação deste no material incubado, sendo necessário o fornecimento de proteína ao animal.

Em experimento conduzido para verificar o efeito da dieta na degradação de forrageiras, Barbosa et al. (1998) verificaram que esta influencia diretamente os resultados dos ensaios e concluíram que a dieta ideal para testar

simultaneamente várias forrageiras, em um mesmo rúmen, deve ser de uma forrageira de qualidade regular, que não comprometa a atividade micobiana normal.

Huntington e Givens (1995) concluíram que a degradação *in situ* pode ser afetada pela dieta quando esta ocasiona efeitos no ecossistema microbiano do rúmen, apresenta efeitos físicos e causa limitação nos níveis de nitrogênio do conteúdo microbiano.

2.1.6 Outros fatores envolvidos

Nocek (1988) fez um levantamento dos erros associados à determinação do nitrogênio residual, verificando que estes alcançam patamares de 25, 22 e 44 % para 6, 12 e 24 horas, respectivamente.

Huntington e Givens (1995) avaliaram que influenciam significativamente as comparações inter-espécies, fatores como: população microbiana, tempo de retenção, dentre outros. E também comparações intra-espécie: sexo, condições fisiológicas, estágio de desenvolvimento, estresse e diferenças na taxa de passagem.

Diversas interferências são apontadas, como influência do nível de adubação nitrogenada e maturidade da planta (Tamminga, Ketelaar e Van Vuuren, 1990), variação na composição da amostra, nível de nitrogênio amoniacal e características individuais (Keyserlingk et al., 1996), acúmulo de gás no interior dos sacos, ocasionando flutuação e impedindo o seu livre movimento no rúmen e a formação de um micro ambiente não propício à atuação dos microrganismos (Cerrilla e Járegui, 1993).

Objetivando avaliar fatores que interferem na degradação de materiais incubados no rúmen, Barbosa et al. (1998) verificaram que lavagens prévias à incubação por 15 minutos acarretaram redução do valor do potencial de

degradação (b) e elevação da taxa de degradação (c) da matéria seca dos materiais incubados.

Observam-se, também, interferências devido ao local de incubação no rúmen (Huntington e Givens, 1995), técnica de fixação dos sacos no rúmen (Jiří , Miroslav e Tomáš, 1996), métodos de preparação da amostra (López et al., 1995), lavagem dos saquinhos, seqüência de colocação dos sacos, tempo de colonização (Ørskov, Hovell e Mould ,1980; Cerrilla e Járegui, 1993 e Thiago, 1994) e freqüência de retirada (Sampaio, 1994).

2.2 Hidrólise de volumosos grosseiros TUDO

Jackson (1977) avaliou que a digestibilidade da energia de resíduos agrícolas *in natura* atinge de 40 a 50 %, e que a ingestão voluntária é baixa, ocasionando baixa ingestão de energia digestível pelo animal, que atinge não mais que 100 kcal/kg de PV^{0,75}.

Devido à baixa disponibilidade da energia contida nesses resíduos, Chaudhry (1998) propõe tratamentos que venham a disponibilizar maiores percentuais dessa energia. E avalia que, se houver liberação de 10 a 20 % dessa energia propiciará grande acréscimo nos recursos alimentares para o rebanho mundial.

Devido a esses fatores, objetiva-se, com a hidrólise de materiais lignocelulósicos, a disponibilização da energia neles contida, tendo como princípio a quebra das ligações ésteres entre a lignina e os outros componentes da parede celular provocando também a desestruturação das formas mais organizadas da celulose, disponibilizando-os, ao ataque da microbiota ruminal (Weimer et al. 1986).

Quando esses tratamentos são excessivos, podem ocorrer perdas significativas de hemicelulose e celulose ocasionando a formação de compostos

secundários tóxicos à microbiota ruminal, como furfural, cetona e aldeído, entre outros (Magnani, et al., 1985; Van Soest, 1994).

2.2.1 Tratamento com hidróxido de sódio

A revisão de Givens e Moss (1995) verificaram que o tratamento à base da hidróxido de sódio pode ser dividido em duas técnicas:

- **Via úmida:** consiste na imersão do material em uma solução concentrada de hidróxido de sódio por cerca de 24 horas. Após, o material é retirado e lavado para eliminar o excesso do reagente. Esse processo está fora de uso devido ao elevado custo e os riscos ambientais e de manuseio;
- **Via seca:** consiste na aspersão do material com uma solução diluída do álcali. Após isso, é deixado em repouso por aproximadamente 24 horas. Apesar de menos eficiente, é mais fácil o manuseio e seguro sendo preferida.

O tratamento com substâncias alcalinas (hidróxido de sódio, peróxido de hidrogênio e uréia) despolimeriza a lignina, tomando a celulose e a hemicelulose mais reativa e, portanto, mais disponíveis à degradação (Takagi, 1987 e Shen et al., 1999).

Têm-se evidenciado a maior eficiência dos tratamentos à base de hidróxido de sódio no aumento da digestibilidade, evidenciando-o como álcali forte, em relação aos álcalis fracos como a amônia (Jackson, 1977 e Wanapat, Sundstøl e Garmo, 1985).

O tratamento com hidróxido de sódio provoca a solubilização da hemicelulose, saponificação das ligações éster do ácido urônico e dos grupos acetil associados com as xilanas no complexo lignina-hemicelulose e o rompimento das pontes de hidrogênio na celulose cristalina (Church, 1988 e Fahey et al., 1993).

González Duarte (1991) comenta que os tratamentos com álcali forte proporcionam a perda da resistência das pontes de hidrogênio intermoleculares da celulose, produzindo a dilatação da matriz celulósica, com decréscimo da cristalinidade, resultando em alterações na parede celular.

Segundo avaliação de Davis e Weston, citados por Minson (1990), o acréscimo na ingestão voluntária (entre 6 e 50 %) em forragens tratadas com hidróxido de sódio, amônia anidra e amônia produzida via uréia, é devido ao amolecimento da fibra e redução da resistência à mastigação durante a ingestão e ruminação.

2.2.2 Tratamento com uréia

Os tratamentos de palhadas de cereais com amônia, objetivando o seu aproveitamento na nutrição animal, foi patenteado em 1905 por Lehmann. A partir daí, vários estudos foram desenvolvidos com a finalidade de aprimorar estes métodos (Flachowsky et al., 1996).

Segundo Flachowsky et al. (1996), os tratamentos com fontes de amônia não são tão eficientes na elevação do valor nutritivo das forragens de baixa qualidade como o hidróxido de sódio, porém contribuem com nitrogênio para a microbiota ruminal e na prevenção do bolor.

Devido aos problemas de manuseio da amônia anidra, há preferência pelo uso da uréia hidrolisada por microrganismos e por ureases presentes nas forragens (Williams, Innes e Brewer, 1984 e Minson, 1990). A hidrólise da uréia em amônia é um processo lento, ocorrendo após um período de duas a três semanas (Sanchez Aviles, 1989), e é dependente de diversos fatores, em especial a umidade do material (próxima a 30 %), e a temperatura ambiente, que apresenta relação inversa com o tempo de tratamento (Dolberg, 1992).

Segundo Goto e Yokoe (1996), os benefícios do tratamento com amônia são resultantes de dois efeitos combinados. O primeiro estaria relacionado com

sua característica fracamente álcali, possuindo atividade limitada de destruição das ligações interpolímeros. E o segundo relacionado com a sua capacidade de formação de um complexo com a celulose, reduzindo sua cristalinidade.

A reação de hidrólise da uréia à amônia, causa a expansão dos componentes da parede celular e, em consequência, rompimento de ligações álcali-lábeis (Harbers et al., 1982).

Além da atividade direta no rompimento de ligações álcali-lábeis, o tratamento com uréia propicia um aporte suplementar de nitrogênio para a flora ruminal (Givens e Moss, 1995). Segundo observações de Chiquette, Flipot e Vinet (1992), ocorre sincronização na liberação do nitrogênio fixado no material, com a disponibilização da energia contida nos carboidratos estruturais.

Flachowsky et al. (1996) observaram que os tratamentos com uréia ou amônia são justificáveis quando:

- uma alta proporção de nitrogênio (mais que 40 %) é fixada na palhada e está disponível para o ruminante;
- a ingestão e a digestibilidade são consideravelmente elevadas;
- ocorre mais que 4 kg de ganho de peso/ kg de nitrogênio adicionado.

Minson (1990) observou aumento na digestibilidade da matéria seca de palhadas tratadas com amônia ou uréia, provavelmente causado tanto pelas modificações estruturais das forragens e pelo aumento do conteúdo de nitrogênio. Também Flachowsky et al. (1996), verificaram a redução do teor de fibra da palhada tratada e aumento da ingestão voluntária e maior taxa de crescimento em novilhos.

2.2.3 Tratamento a explosão com pressão e vapor

Paixão (1990) aponta que a descompressão à vapor despreende a lignina dos polissacarídeos, propiciando um arranjo estrutural mais susceptível à degradação.

Berger et al. (1994) avaliaram que a maioria dos trabalhos sugerem pressão entre 5 e 40 kg /cm² por um período médio de 5 minutos, seguida de descompressão súbita. Nessas condições, a água do interior do substrato vaporiza-se rapidamente, causando sua desintegração.

Magnani et al. (1985), trabalhando com a hidrólise do bagaço de cana, obteve um resíduo com elevado índice de cristalinidade e avaliaram que esse tratamento causa o entumescimento intra e intercrystalino, o que proporciona a elevação da permeabilidade da celulose à microbiota ruminal.

Segundo Fahey et al. (1993), o tratamento a pressão e vapor com explosão não solubiliza significativamente a celulose, embora ocorra aumento no volume dos poros disponíveis para o acoplamento da enzima, que passam a apresentar tamanhos semelhantes.

Quando o tratamento é muito acentuado, seja por excesso de temperatura ou tempo, e de acordo com as características do material, poderá haver formação de compostos indesejáveis como furfural, compostos fenólicos, cetona e ácido acético, dentre outros, provenientes da degradação da hemicelulose, e de outros carboidratos e da lignina (Berger et al., 1994).

2.3 Celulose

A celulose é o composto mais abundante do reino vegetal, representada por um polímero formado de monômeros de D – glicose unidos por ligações β (1 – 4). Essas ligações são as responsáveis pela não digestão da celulose pelos animais superiores.

Apresenta-se na natureza em duas formas estruturais. Na forma cristalina (a maior parte), está organizada em microfibrilas e estão presente nas diferentes camadas da parede celular e forma amorfa, está presente na matriz da parede celular (Theander e Aman, citados por Mello Júnior, 1987).

Forças de Van der Waals e pontes de hidrogênio interagem dentro e entre as moléculas de celulose originando uma molécula estruturalmente complexa, que resulta em feixes conhecidos como microfibrilas e requerendo dos microrganismos que a digerem, um conjunto de enzimas altamente especializado para converter a celulose em oligômeros solúveis e, finalmente, glicose (Kleman-Leyer et al., 1996).

As microfibrilas consistem de cerca de 36 cadeias de glicose β - 1,4, ligadas por $O_3 - O_5'$ e $O_2 - O_6'$ através de pontes de hidrogênio intramolecular, e por pontes de hidrogênio intermolecular do tipo $O_6 - O_3'$ (Benedict, Kohel e Jividen, 1994).

Hatfield (1989) avaliou que, provavelmente, a intensa ligação das microfibrilas da celulose por pontes de hidrogênio pode influenciar a taxa de degradação, enquanto a lignina pode interferir na extensão da degradação da celulose.

Weimer, Hackney e French (1995) apontam a necessidade da avaliação precisa do grau de cristalinidade a fim de entender a ampla variação das propriedades da celulose, bem como avaliar seu efeito na digestão dos ruminantes.

Correia (1980) e Church (1988) comentam que quando a celulose cristalina é tratada com hidróxido de sódio, as microfibrilas dilatam-se, ocasionando uma desorganização na estrutura cristalina da celulose, o que vem a originar mais celulose na forma amorfa (amorfogênese), aumentando a susceptibilidade às enzimas e à fermentação.

O índice de cristalinidade da celulose (ICr) parece estar diretamente relacionado com o ambiente, Vegetais tropicais apresentam maiores ICr e com o estágio vegetativo da planta, conforme Tabela 1, essa característica também foi verificada por Fahey et al. (1993).

TABELA 1. Índice de cristalinidade da celulose (ICr), de alguns alimentos fornecidos para ruminantes.

Item	ICr (%)	Fonte
Fibra algodão	60-70	Tomaz et al., 1989
Bagaco cana		Han, Catalano e Ciegler, 1983
Palhada de cevada	48	Goto e Yokoe, 1996
Feno de alfafa	14	Cyr, Elofson, Mathison, 1990
Haste c. timótio (jovem)	12	Cyr, Elofson, Mathison, 1990
Haste c. timótio (médio)	27	Cyr, Elofson, Mathison, 1990
Haste c. timótio (maduro)	31	Cyr, Elofson, Mathison, 1990

Devido a estas características, é evidente a necessidade do conhecimento da composição dos materiais celulósicos, assim como da estrutura organizacional de suas fibras, a fim de maximizar o seu aproveitamento.

2.4 Degradação da celulose

A energia contida na molécula de celulose só poderá ser disponibilizada aos ruminantes mediante sua degradação pelos microrganismos ruminais e do intestino grosso. Essa degradação produzirá compostos menos complexos, com posterior formação dos ácidos graxos voláteis que representam aproximadamente 75 % da energia contida nos carboidratos, podendo suprir cerca de 75 % dos requerimentos energéticos desses animais, segundo Bergman (1990).

A degradação da celulose é limitada química e fisicamente. Quimicamente pela lignina, por outros fenóis e pelos produtos resultantes das suas degradações, uma vez que são tóxicos à microbiota ruminal (Besle, Cornu e Jouany, 1994) e fisicamente, pela redução da área superficial, limitando o acesso do complexo celulase aos sítios de lise. Essa limitação é decorrente da íntima associação com a lignina e com a hemicelulose e devido à presença de

cristalinidade (Fan, Lee, Beardmore, 1980; Han, Catalano e Ciegler, 1983; Chou, 1986 e Kerley et al., 1988) e da sílica (Van Soest, 1994).

Chaves (1982), Paixão (1990), Garleb et al. (1991), Bhatti e Firkins (1995) e Gamble et al. (1996) observaram que as características estruturais dos materiais celulósicos afetam a susceptibilidade da celulose à hidrólise enzimática e, dentre as características estruturais, a superfície da fibra da celulose e a sua cristalinidade.

Van Soest (1994) avaliou que as regiões cristalinas apresentam-se menos acessíveis e menos rapidamente degradáveis por agentes químicos e enzimáticos do que as regiões amorfas da celulose, característica também observada por Vicente (1989) quando observou que a degradação enzimática da celulose é determinada principalmente pela sua acessibilidade às enzimas, e que qualquer característica estrutural que limite a ação de agentes hidrolíticos refletirá no grau de hidrólise, concordando com as verificações de Wilson e Kennedy (1996).

Fan, Lee e Beardmore (1980) observaram que a hidrólise da celulose depende principalmente de sua cristalinidade. Fan, Lee e Beardmore (1981) verificaram, também, que a hidrólise tende a aumentar com maior exposição da área superficial e decréscimo da cristalinidade. Baker et al. (1959) também observaram relação inversa entre a cristalinidade e digestibilidade da celulose.

A hidrólise enzimática da celulose é um processo complexo que envolve a participação de diversas enzimas. Este sistema apresenta diferenças entre os microrganismos, sendo alguns capazes de utilizar a celulose cristalina, enquanto outros degradam apenas seus derivados solúveis e a estrutura amorfa (Roumas, 1988). McAllister et al. (1994) verificaram que, isoladamente, nenhuma espécie microbiana ruminal é capaz de produzir as várias enzimas requeridas para digerir os tecidos vegetais, e que são necessárias diferentes espécies para a sua digestão.

O sistema capaz de degradar a celulose cristalina, deve conter o “fator pré-hidrolítico” C_1 (as celobiohidrolases), que segundo Selby citado por Pavarina (1997), atua removendo as pontes de hidrogênio entre as cadeias adjacentes, resultando na produção da forma amorfa (amorfogênese), forma mais susceptível ao ataque de enzimas C_x (as endoglucanases) e, finalmente, as celobiasas (β -glucosidase), que convertem a celobiose e outras celodextrinas em glicose (Figura 1).

Correia (1980) e Paixão (1990) avaliaram que a celulose amorfa pode ser degradada sem a presença do fator pré-hidrolítico (C_1), uma vez que este componente do sistema celulase atua na remoção das pontes de hidrogênio.

É notória a maior eficiência dos fungos aeróbicos na decomposição de materiais ricos em celulose de estrutura altamente organizada. Devido a essa característica, vários pesquisadores têm dado ênfase à seleção de mutantes que viabilizem um eficiente aproveitamento destes materiais. Alguns gêneros de fungos aeróbicos são mais promissores, como *Trichoderma* (Beldman et al., 1987; Bertolin, 1987; Reginatto, 1992; Kleman-Leyer et al., 1996 e Vallin, 1997), *Humicola* (Rodrigues, 1987; Passos, 1988; Roumas, 1988 e Silva, 1992), *Aspergillus* (Goldman, 1988; Vitti, 1988 e Pascon, 1998) e a espécie *Neocallimastix patriciarum*, que é anaeróbica e pertence à flora ruminal (Cheng et al., 1992 e McSweeney et al., 1999).

Dentre as mais de 60 espécies de bactérias residentes no rúmen, apenas quatro espécies predominantemente celulolíticas desempenham papel importante na digestão das fibras vegetais (Shi e Weimer, 1992); destas, apenas o *Fibrobacter succinogenes* e o *Ruminococcus flavefaciens* apresentam fermentação efetiva sobre a celulose cristalina (Stewart et al. 1981; Cheng et al., 1992; Kudo et al., 1992 e Maglione, Russell e Wilson, 1997).

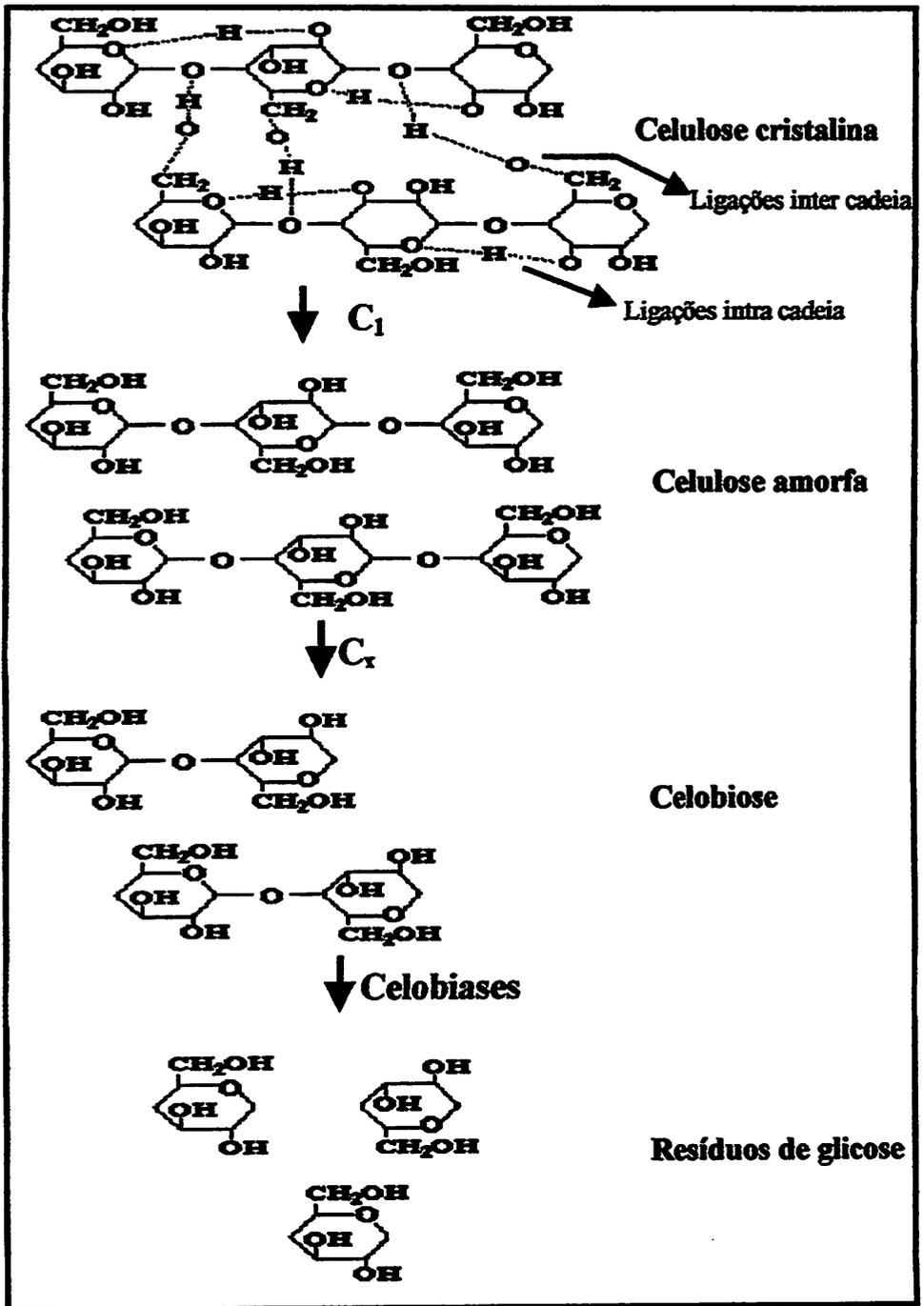


FIGURA 1. Esquema da degradação da celulose.

Estudos desenvolvidos por Malburg e Forsberg citado por Cheng et al. (1992), em análise detalhada das endoglucanases produzidas pelo *Fibrobacter succinogenes*, observaram 13 enzimas diferentes, sendo algumas delas responsáveis pela desestruturação da cadeia celulósica.

Poucos estudos foram desenvolvidos sobre a capacidade de degradação da celulose pelos protozoários ruminais, entretanto, estudos desenvolvidos *in vitro* tenham verificado que eles são responsáveis por 19 a 28% da atividade de celulolítica do rúmen (Varga e Kolver, 1997).

2.5 O potencial do resíduo têxtil da fibra do algodão na alimentação de ruminantes

Devido à peculiaridade de apresentar a celulose em seu estado mais puro na natureza, e estrutura altamente organizada, a fibra do algodão tem despertado interesse no desenvolvimento de estudos que visam o melhor conhecimento do modo de ação do sistema celulase (Latham et al., 1978; Hoshino et al., 1992; Kleman-Leyer et al., 1992; Hoshino et al., 1993 e Kleman-Leyer et al., 1996), responsável pela disponibilização da energia contida nos materiais celulósicos.

Apesar da grande disponibilidade do resíduo de algodão, que segundo Luginbuhl et al. (1994), na Carolina do Norte é de 70.000 toneladas anuais, trabalhos visando seu aproveitamento na alimentação animal são escassos.

A celulose da fibra do algodão é caracterizada pela alta organização estrutural, ou seja, elevado índice de cristalinização (Tabela 1) o que lhe confere alta resistência à degradação por agentes biológicos e químicos.

Essa característica estrutural é passível de tratamentos químicos e físicos, podendo resultar em sua desorganização e, conseqüentemente, aumentar a sua susceptibilidade à degradação pela microbiota ruminal.

Poore e Rogers (1995), ao trabalharem com esse resíduo, concluíram haver necessidade da incorporação de elementos que melhorem sua palatabilidade, como melaço e silagem, de maneira a estimular o seu consumo.

Poore (1994), trabalhando com níveis de adição deste resíduo às dietas constituídas de silagem de sorgo e concentrado à base de milho e farelo de soja, para novilhos em crescimento, verificou que a inclusão de até 20 % na dieta, não mostrou diferença em relação à silagem de sorgo.

Moore et al. (1992) verificaram, em ensaio de digestibilidade com novilhos, que o resíduo da fibra do algodão apresentou digestibilidade similar a um feno de baixa qualidade.

O algodão foi escolhido para realização deste estudo devido a algumas características peculiares, como apresentar a celulose em seu estado mais puro na natureza, apresenta baixos níveis de compostos que poderiam interferir nas características estudadas, pelo baixo teor de lignina e inexistência de compostos fenólicos, que poderiam interferir no estudo da degradabilidade .

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e características climáticas

O experimento foi conduzido no setor de Bovinos Leiteiros do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, estado de Minas Gerais.

O município de Lavras está localizado na região fisiográfica do sul do estado de Minas Gerais, estando geograficamente definida pelas coordenadas 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 918,84 m (Brasil,1992).

Apresenta clima classificado como Cwb (Köppen), com precipitação média anual de 1493,2 mm e temperatura mínima e máxima de 14,6 °C e de 36,0°C, respectivamente (Vilela e Ramalho, 1980).

3.2 Material

* { O material do experimento foi constituído do resíduo da tecelagem do algodão, “resíduo de lixadeira”, cuja composição bromatológica encontra-se na Tabela 2. Este material é obtido no último processo antes do tingimento do tecido, e foi procedente da Companhia Industrial Jauense, Jaú, estado de São Paulo.

TABELA 2 Análise bromatológica do resíduo da fibra do algodão utilizado no experimento, em base MS.

Nutriente	%
MS	91,76
PB	1,22
FDN	94,40
FDA	91,34
Celulose	89,59
Hemicelulose	3,06
Lignina	1,77
Cinzas	0
Silica	0

Fonte: Laboratório de Pesquisa Animal – UFLA, 1999.

3.3 Tratamentos

Os tratamentos comparados foram os seguintes:

- Tratamento 1: testemunha (resíduo da fibra do algodão *in natura*);
- Tratamento 2: resíduo tratado com hidrólise a pressão/vapor por explosão (130°C/ 35 min atingindo 3,0 kgf/cm², com despressurização súbita);
- Tratamento 3: resíduo tratado com 3 % de uréia em relação à MS (diluída em água na relação de 1:1);
- Tratamento 4: resíduo tratado com 4% de NaOH em relação à MS (diluída em água na relação de 1:1).

3.4 Animais e manejo.

Foram utilizadas três vacas nelores adultas não lactantes, fistuladas no rúmen, pertencentes ao Laboratório de Pesquisa Animal, onde ficaram alojadas recebendo água e sal mineralizado à vontade. O período pré-experimental foi de 14 dias, quando receberam diariamente silagem de capim-elefante, 500g de fubá

de milho 3 kg de resíduo da fibra de algodão *in natura* aspergido com melado. O período de incubação do ensaio de degradabilidade ruminal foi de sete dias.

3.5 Hidrólise do material

Após a homogenização, o material foi dividido em porções de 3 Kg para se proceder os tratamentos.

Para o tratamento com pressão e vapor, o material foi colocado em autoclave, quando então se procedeu o tratamento com temperatura de 130 °C por 35 minutos, equivalente a 3 Kgf/cm².

Para os tratamentos químicos, o material foi espalhado em uma lona e aspergido com a solução de 3% de uréia ou 4% de NaOH, com base na matéria seca. A diluição foi feita na relação 1:1, ou seja, 1L de água para 1 Kg de MS). Após completa homogeneização, o material foi acondicionado em sacos negros de PVC de 100 litros, em que permaneceram por 35 dias, quando foram abertos, ficando cerca de 8 horas em aeração, antes da sua manipulação.

3.6 Análise bromatológica do material

Foram tomadas amostras do resíduo de algodão imediatamente antes dos procedimentos experimentais e após a aeração do material.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, onde foram realizadas as análises de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose (pela diferença entre a FDN e a FDA), lignina em permanganato de potássio, de acordo com as técnicas descritas por Silva (1990).

3.7 Determinação da degradabilidade *in situ*

Decorrido o período de aeração, o material foi homogeneizado e moído em peneira de 5 mm para a incubação. As amostras foram colocadas em sacos previamente pesados de 8 x 7 cm, confeccionados em poliéster, com malha entre 40 e 60 μ , e lacrados em máquina seladora. A quantidade de amostra colocada nos sacos seguiu a indicação de Huntington e Givens (1995) que foi de 25 mg/cm².

Foram utilizados nove tempos de incubação (0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas), com 3 repetições, que constituíam as 3 vacas, por tempo de incubação.

Os sacos foram colocados em sacolas de filó medindo 20 x 35 cm, providas de um peso de cerca de 100 g. As sacolas foram alojadas na região ventral do rúmen, em períodos decrescentes de incubação, de forma que ao final da incubação, todas foram retiradas simultaneamente.

Após decorrido o período de incubação, as sacolas foram retiradas do rúmen, os sacos foram retirados e imediatamente lavados em máquina com água corrente. Em seguida, foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas.

No material incubado, foi realizada análise dos dados de degradabilidade da MS e celulose.

Os coeficientes de degradabilidade foram obtidos a partir do ajuste de uma regressão não linear aos dados pelo método de Gauss-Newton, para a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Os percentuais de desaparecimento em função do tempo de incubação foram plotados em um gráfico de dispersão para a obtenção das equações dos gráficos, sendo usados nos cálculos dos parâmetros, a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

A fração solúvel (fração a) para cada tratamento foi determinada pela média obtida da lavagem de três sacos com suas respectivas amostras. A lavagem destes sacos foi efetuada simultaneamente com a dos sacos incubados.

A degradabilidade acumulada foi calculada utilizando-se o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979):

$$Y = a + b (1 - e^{-ct})$$

Onde:

Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo após um tempo "t" (%);

a = fração solúvel, considerada completamente degradada no rúmen;

b = fração insolúvel potencialmente degradável a uma taxa de degradação "c";

a + b = degradabilidade potencial do componente nutritivo quando o tempo "t" não é um fator limitante;

c = taxa de degradação da fração "b" (%/hora);

t = tempo de incubação (0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas);

e = base dos logaritmos neperianos (2,718);

A degradação efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Ørskov e McDonald (1979).

$$DE = a + ((b \times c) / (c + k))$$

Onde:

k = taxa de passagem em % / hora.

Utilizou-se a taxa de passagem de 5%/hora, de acordo com prescrição do ARC (1984).

A fração não degradável (ND) foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$ND = 100 - (a + b)$$

Onde:

a = fração solúvel, considerada completamente degradada no rúmen;

b = fração insolúvel potencialmente degradável a uma taxa de degradação "c".

3.8 Delineamento experimental.

Para avaliar o efeito dos tratamentos de hidrólise sobre os componentes da parede celular do material utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições.

O modelo matemático que descreve o efeito dos tratamentos sobre os componentes da parede celular, é:

$$y_{ij} = \mu + t_i + E_{(i)j}$$

onde:

y_{ij} = concentração do componente da parede celular que recebeu o tratamento i na repetição j;

μ = constante associada a todas as observações;

t_i = efeito do tratamento de hidrólise i (i = 1, 2, 3 e 4);

$E_{(i)j}$ = erro aleatório associado a cada observação que recebeu o tratamento i na repetição j (j = 1, 2 e 3).

Para a avaliação do efeito dos tratamentos de hidrólise sobre a degradabilidade da matéria seca (MS) e da celulose do resíduo da fibra de algodão utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, onde cada animal correspondeu a um bloco.

O modelo matemático que descreve o efeito dos tratamentos sobre a degradabilidade da MS e da celulose, é:

$$y_{ij} = \mu + t_i + b_j + E_{(ij)}$$

onde:

y_{ij} = coeficiente de degradabilidade do nutriente que recebeu o tratamento i na vaca j ;

μ = média geral do experimento;

t_i = efeito do tratamento de hidrólise i ($i = 1, 2, 3$ e 4);

b_j = efeito da vaca j ($j = 1, 2$ e 3);

$E_{(ij)}$ = erro associado a cada observação que recebeu o tratamento i na vaca j .

As médias do efeito dos tratamentos e dos parâmetros da degradabilidade da MS e da celulose do material, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, usando o pacote computacional SISVAR (Ferreira, 1998).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos tratamentos sobre os constituintes da parede celular

Os resultados dos efeitos dos tratamentos sobre os componentes da parede celular do resíduo da fibra de algodão encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3. Efeito dos tratamentos nos componentes da parede celular do algodão, em base matéria seca.*

Tratamentos	Nutrientes *				
	FDN	FDA	Celulose	Hemicel	Lignina
<i>in natura</i>	94,40 b	91,34 b	89,59 b	3,06 b	1,77 a
Pres/Vapor	94,70 b	91,39 b	88,84 b	3,31 b	2,06 a
Uréia	93,73 b	92,05 b	88,67 b	1,67 a	1,58 a
NaOH	86,08 a	84,37 a	82,57 b	1,71 a	1,57 a

* Médias seguidas de letras distintas para o mesmo parâmetro analisado (nas colunas) diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

4.1.1 Comportamento da celulose

Como pode ser verificado na Tabela 3, houve efeito significativo ($P < 0,05$) do tratamento com hidróxido de sódio, em relação aos demais, sobre a concentração da celulose no resíduo de fibra de algodão.

O tratamento com pressão e vapor não alterou ($P > 0,05$) a concentração de celulose do material. Esta ineficácia pode estar ligada à baixa pressão utilizada ($3,0 \text{ kgf/cm}^2$), como avaliou Hart et al. (1981), em experimento idêntico. Esse resultado foi similar ao observado por Mello Júnior (1987), ao submeter o bagaço de cana ao tratamento de pressão e vapor ($17 \text{ kgf/cm}^2 / 5$ minutos).

A ineficácia do tratamento a pressão e vapor em reduzir a concentração de celulose também foi observado por Pate (1982) que trabalhando com o

bagaço de cana não verificou alteração no teor de celulose, fato também verificado por Joshi et al. (1984), ao submeterem esse mesmo resíduo ao tratamento de pressão e vapor (7 kg/cm^3 / 30 minutos).

O tratamento com uréia não apresentou eficiência ($P>0,05$) a alteração da concentração da celulose do material.

A ineficiência do tratamento com uréia parece estar ligada à característica de baixa alcalinidade apresentada por este reagente, que é capaz de romper parte das ligações intra e inter-fibróides (Jackson, 1977), nas quais a fibra de algodão é rica (Fan, Lee e Beardmore, 1981).

Os resultados aqui obtidos estão condizentes com os encontrados por Paiva et al. (1995) que quando submeteram a palhada de milho a níveis diferentes de amônia anidra (0, 2 e 4 %) por diferentes períodos de amonização (7, 21 e 35 dias), não observaram efeito deste tratamento sobre os níveis de celulose do material.

Comparando os efeitos de fontes de amônia (amônia anidra e uréia) em gramíneas tropicais, Reis et al. (1998) não verificaram diferenças entre as fontes e observaram que ambas não apresentaram efeito sobre a concentração da celulose nessas gramíneas.

Ao tratar a ponta e o bagaço de cana com níveis de amônia, de uréia e de sulfato de amônia equivalente a 0, 1, 2 e 4 % de NH_3 , durante 30 dias de tratamento, Souza, Silva e Vasquez (1999) também não observaram nenhum efeito dos níveis, nem dos reagentes usados sobre o teor de celulose de ambos os substratos.

O tratamento com hidróxido de sódio surtiu efeito ($P< 0,05$) na redução dos teores de celulose, fato que pode ser caracterizado pela sua solubilização em carboidratos solúveis. Também Arnot et al. (1980) observaram, ao tratarem resíduos da cultura do algodão com NaOH , decréscimos nos percentuais de celulose.

A maioria dos trabalhos revisados sobre o tratamento com hidróxido de sódio não observaram perdas de celulose, portanto discordam dos resultados aqui encontrados, fato que pode ser explicado, possivelmente, por terem sido desenvolvidos com substratos contendo em média 15 % de lignina. A redução dos níveis de celulose aqui verificados pode estar ligada à maior susceptibilidade da celulose da fibra do algodão a este tratamento devido ao baixo número de ligações éster e éter entre a celulose e a lignina, uma vez que o nível de lignina do algodão está bem abaixo dos materiais mencionados na literatura (Tabela 2).

Além do baixo teor de lignina, a baixa concentração de hemicelulose pode ter sido decisiva na redução dos teores da celulose, uma vez que, segundo constatação de Kerley et al. (1988), a hemicelulose atua como barreira ao acesso de agentes sacarificantes às cadeias celulósicas. No caso da fibra do algodão, a baixa concentração desse composto não evitou o livre acesso do hidróxido de sódio às moléculas da celulose e, conseqüentemente, sua solubilização.

4.1.2 Comportamento da hemicelulose.

Como pode ser verificado na Tabela 3, os tratamentos com uréia e hidróxido de sódio foram efetivos ($P < 0,05$) na redução do teor de hemicelulose do resíduo da fibra do algodão.

No tratamento que constituiu pressão e vapor, houve pequeno aumento no teor de hemicelulose em relação ao tratamento *in natura*, entretanto, essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($P > 0,05$), concordando com os resultados obtidos por Liu, Ørskov e Chen (1999) ao submeterem a palha de arroz ao mesmo processo.

O resultado obtido para o tratamento com hidróxido de sódio concorda com a maioria dos trabalhos encontrados na literatura, como o de Dechamps, Ramos e Fontana (1996), que também verificaram redução significativa deste composto ao submeterem o bagaço-de-cana ao tratamento com hidróxido de

sódio, o que também foi observado por Nikolić (1982) ao submeter diversos resíduos culturais (sabugo de milho, palha de girassol e bagaço de uva) a tratamento semelhante.

A redução no percentual de hemicelulose no tratamento com uréia também concorda com diversos trabalhos encontrados na literatura. Cottyn e De Boever (1988), ao submeterem palha de trigo e de cevada ao tratamento com amônia, verificaram decréscimos significativos dessa fração, o que também foi observado por Souza, Silva e Vasquez (1999) ao submeterem o bagaço e a ponta da cana-de-açúcar ao tratamento com diferentes níveis de uréia de 0, 1, 2 e 4 % na MS. Esses autores verificaram que os teores de hemicelulose reduziram linearmente em função da elevação dos níveis de uréia. Ao submeterem a palha de trigo ao tratamento com uréia e amônia anidra, Flachowsky et al. (1996) concluíram que a hemicelulose é a fração da parede celular mais afetada por esses tratamentos, sugerindo que parte dela é solubilizada.

A solubilização da hemicelulose é interessante pelo fato de propiciar carboidratos solúveis (Jackson, 1977 e Hartley, 1983) e expor as cadeias celulósicas à microbiota ruminal (Kerley et al., 1988).

4.1.3 Comportamento da lignina.

Conforme se observa na Tabela 3, os tratamentos aplicados não surtiram efeito na redução ($P > 0,05$) do nível de lignina do material.

O tratamento a pressão e vapor apresentou discreta elevação, embora não significativa ($P > 0,05$) nos teores desse composto, em relação aos demais tratamentos. Possivelmente isso tenha ocorrido em função da reação de Maillard, como observa Van Soest (1994) ao verificar que tratamentos térmicos promovem essa reação, que consiste na formação de complexos entre a lignina e outros compostos.

Apesar de não significativo ($P>0,05$), o incremento do teor de lignina, no tratamento com pressão e vapor, está condizente com resultados obtidos por outros autores, como Iurevich (1991), que ao submeter o bagaço de cana ao mesmo tratamento e a uma pressão de 17 kgf/cm², verificou a formação da “lignina artificial” decorrente da condensação de componentes da parede celular, via reação de Maillard.

Resultado similar também foi verificado por Liu, Ørskov e Chen (1999) ao submeterem palha de arroz a combinações de pressão e vapor (15, 17 e 19 kgf/cm²) e tempos de tratamento (0, 5 e 10 min.). Esses autores verificaram que nenhuma das combinações utilizadas foram eficazes na redução do nível de lignina do material tratado.

O tratamento com uréia e com hidróxido de sódio apresentaram pequena redução nos índices de lignina em relação aos demais, porém essa redução também não foi significativa ($P>0,05$). Apesar de ser esta fração, juntamente com a hemicelulose, as mais susceptível aos tratamentos álcalis, não se verificou redução no seu percentual, sugerindo que o nível utilizado foi insuficiente para reduzi-la.

Os resultados verificados no tratamento com uréia estão condizentes com as conclusões de Paiva et al. (1995) ao tratarem a palha de milho com três níveis de amônia (0, 2 e 4 % na MS), combinados com períodos de tratamento de 7, 21 e 35 dias. Os autores observaram que nenhum dos níveis, nos vários períodos de tratamento, foram eficazes na solubilização da lignina.

A resistência da lignina aos diversos tratamentos químicos e físicos está condizente com os resultados encontrados por Morrison (1974), Goto e Yokoe (1996) e Nascimento, Nascimento e Ribeiro (1999). Chiquette, Flipot e Vinet (1992) também não encontraram diferenças nos níveis de lignina ao trabalharem com amônia anidra e uréia no tratamento de feno de capim timótio. Resultado

idêntico foi encontrado por Kundu (1989), quando estudou o tratamento de palhada de trigo com uréia.

Além desses fatores, Morrison (1974) verificou, em estudo para a avaliação as características dos complexos lignina-carboidrato, que existem pelo menos três tipos de ligações entre os componentes destes complexo. Uma das ligações é clivada pela redução com borohidrito, outra clivada por álcali e uma terceira resistente a agentes álcali. Esse terceiro tipo de ligação poderia explicar, em parte, a resistência da lignina da fibra do algodão a esses tratamentos.

4.2 Efeito dos tratamentos sobre a cinética das degradação ruminal da matéria seca (MS) e dos componentes da parede celular

4.2.1 Parâmetros da degradação da matéria seca (MS) para os tratamentos

A fração solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração insolúvel (c) e fração não degradável (ND) da matéria seca encontram-se na Tabela 4.

TABELA 4. Valores da fração solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração insolúvel (c) e fração não degradável (ND) da matéria seca.

Tratamentos	Frações *			
	a (%)	b (%)	c (%/h)	ND (%)
<i>in natura</i>	0,00686 b	98,99 a	0,14 b	1,00 b
Pressão/vapor	0,00807 b	97,99 b	0,13 c	2,00 a
Uréia	0,00989 b	98,66 a	0,14 b	1,33 b
NaOH	0,04224 a	98,99 a	0,15 a	0,96 b

* Médias seguidas de letras distintas para o mesmo parâmetro analisado (nas colunas), diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Apesar da variação significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, os valores da fração solúvel (a) do resíduo são pouco importantes, uma vez que a fibra de algodão possui quantidade desprezível de conteúdo celular e não possui substâncias de elevada solubilidade impregnando suas cadeias celulósicas, concordando com verificação de Dugger e Palmer (1986).

Já a fração potencialmente degradável (b) representou a quase totalidade da matéria seca pelo fato de esta fração, na fibra do algodão, ser composta basicamente por celulose e pequena quantidade de hemicelulose.

Em todos os tratamentos, a fração não degradável (ND) apresentou pequenos valores, que correspondem basicamente ao seu teor de lignina, uma vez que a fibra do algodão possui pequena quantidade desse composto (Tabela 2).

Como pode ser verificado na Tabela 4, a solubilização da MS foi elevada ($P < 0,05$) pelo tratamento com hidróxido de sódio. Entretanto os demais tratamentos (pressão e vapor com uréia) também apresentaram elevação, porém não significativa.

Esse acréscimo na solubilidade da MS (a) decorrente do tratamento com hidróxido de sódio deve-se, possivelmente, ao maior poder deste álcali na formação de compostos solúveis a partir dos componentes da parede celular.

Resultado similar foi encontrado por Wanapat, Sundstøl e Garmo (1985) ao estudarem o efeito de tratamentos à base de hidróxido de sódio sobre os componentes da parede celular da palha de cevada. Esses autores verificaram o aumento da fração solúvel decorrente, segundo Jackson (1977), da solubilização de parte dos componentes da parede celular, como a lignina e, especialmente, a hemicelulose. Fato que também observado por Hartley (1983) que quando submeteu a palha de cevada ao tratamento com hidróxido de sódio notou a liberação de açúcares simples a partir dos componentes da parede celular.

Para a fração potencialmente degradável (b), os tratamentos com hidróxido de sódio e uréia não surtiram efeito ($P < 0,05$), embora o tratamento com pressão e vapor tenha reduzido significativamente ($P < 0,05$) seus percentuais.

Os valores para b observados nos tratamentos com hidróxido de sódio e uréia ocorreram, possivelmente, pelo fato da quase totalidade desta fração na fibra de algodão é composta por celulose, composto resistente aos tratamentos alcali. Resultado idêntico foi observado por Nikolić (1982) e Varga e Kolver (1997), que observaram que a celulose é resistente ao tratamento com hidróxido de sódio.

A redução da fração b no tratamento com pressão e vapor sugere a ocorrência da reação de Maillard, que resultou o aumento da fração não digerível (ND). Esta reação, ocorre através da complexação da lignina com outros compostos da parede celular, ocasiona o surgimento de compostos indigestíveis (Van Soest, 1994).

A taxa de degradação da fração insolúvel (c) foi influenciada ($P < 0,05$) pelos tratamentos com hidróxido de sódio e com pressão e vapor. O tratamento que propiciou elevação da taxa de degradação foi o tratamento com hidróxido de sódio. O tratamento com uréia não se mostrou eficaz e, com pressão e vapor, ocasionou redução neste parâmetro.

O tratamento com pressão e vapor ocasionou redução ($P < 0,05$) na taxa de degradação da fração insolúvel, o que pode ser explicado pela reação de Maillard, indisponibilizando parte da fração potencialmente degradável à atuação da microbiota ruminal.

Segundo Van Soest (1994) e Licitra, Hernandez e Van Soest (1996), a reação de Maillard pode ocorrer em alimentos que são aquecidos ou autoclavados em excesso, propiciando redução na taxa de degradação devido à formação de complexos indisponíveis a partir de lignina, carboidrato e proteína.

Característica também observada por Hart et al. (1981) quando trataram, com diversos níveis de pressão e vapor (de 7 a 42,2 kg/cm²), o bagaço de cana e a palha de arroz. Esses autores verificaram que a redução na taxa de degradação dos alimentos foi decorrente desta complexação e da formação de compostos inibidores da microbiota ruminal, como furfural, decorrente da degradação de carboidratos e de fenóis provenientes da degradação da lignina.

O tratamento com uréia foi ineficaz ($P>0,05$) no aumento da taxa de degradação da fração insolúvel (c), o que pode ser decorrente de sua baixa alcalinidade. Resultado semelhante foi encontrado por Moss, Givens e Garsworthy (1994) ao tratarem palhas de trigo, de aveia e de cevada com diferentes álcalis (amônia e hidróxido de sódio). Esses autores observaram que a amônia foi ineficaz, em relação ao hidróxido de sódio. Esse fato, segundo os autores, deveu-se à característica de álcali fraco apresentada pela amônia, propondo que um álcali fraco propicia hidrólise de muitas ligações éster com a lignina, liberando grupos acil e disponibilizando carboidratos. Já o álcali forte, como o hidróxido de sódio, além desta capacidade, pode adicionalmente romper ligações internas da molécula de lignina.

O aumento verificado na taxa de degradação do material tratado com hidróxido de sódio deu-se, possivelmente, pelo fato deste tratamento ocasionar maior disponibilização de sítios de acoplamento para as enzimas.

A maior disponibilização desses locais é caracterizada pela maior eficiência deste álcali na ruptura de ligações inter e intra-moleculares dos componentes da parede celular, o que causa a desestruturação da parede celular (Akin, 1988 e Stewart et al., 1995). Essa característica é evidenciada pelos trabalhos de Harbers et al. (1982) e Chesson, Gardner e Wood (1997) quando verificaram que a disponibilização de locais para o acoplamento do sistema enzimático é, provavelmente, o fator mais importante na determinação da taxa de degradação do material.

Outra característica marcante desse tratamento seria, segundo Saliba, Rodriguez e Guimarães (1998), o aumento da oferta de esqueleto carbônico fermentável que, segundo os autores, propiciaria maior eficiência na utilização da amônia ruminal por sua microbiota.

Conforme os resultados observados na Tabela 4, os tratamentos com uréia e hidróxido de sódio não foram significativamente ($P > 0,05$) eficientes na redução da fração não degradável (ND) do resíduo da fibra do algodão porém; o tratamento a pressão e vapor elevou significativamente ($P < 0,05$) a fração não degradável.

O tratamento a pressão e vapor propiciou uma elevação ($P < 0,05$) na fração não degradável (ND) possivelmente pela formação de compostos resistentes à degradação, provenientes da reação de Maillard, que segundo Van Soest (1994), ocasiona o aumento da concentração de lignina.

A elevação na concentração da fração não degradável (ND), como consequência do tratamento de pressão e vapor, também foi observada por Williams et al. (1995) ao submeterem palha de trigo ao mesmo tratamento, com elevação do nível de nitrogênio indisponível em detergente ácido (NIDA).

O tratamento com uréia não mostrou eficiência ($P > 0,05$) na redução da fração não degradável. Esse resultado pode ser devido à incapacidade da uréia em hidrolisar as ligações internas da lignina. Esse resultado decorre, possivelmente, da característica de baixa alcalinidade apresentada pela uréia, conforme foi verificado por Moss, Givens e Garsworthy (1994), quando verificaram que essa característica impossibilita a amônia proveniente da hidrólise da uréia de romper partes das ligações internas da molécula de lignina e parte das ligações de complexos formados por ela. Concordando com os resultados encontrados por esses autores, Reddy, Reddy e Reddy (1996) também observaram não haver redução da fração não degradável ao submeterem a palhada de girassol ao mesmo tratamento.

A fração não degradável (ND) também não foi reduzida ($P > 0,05$) pelo tratamento com hidróxido de sódio. A ineficiência do tratamento com hidróxido de sódio em romper as ligações inter e intra-moleculares da lignina e dos complexos formados por ela com a celulose, e especialmente com a hemicelulose, pode ser explicada, em parte, pela concentração de ligações resistentes à clivagem por álcali, como sugeriu Morrison (1974).

Conforme os parâmetros estimados, conclui-se que a fração não degradável (ND) dos tratamentos utilizados está estreitamente relacionada com a incapacidade dos tratamentos utilizados de promover a redução na concentração de lignina do material inicial.

4.2.2 Desaparecimento da matéria seca dos diversos tratamentos

As curvas de gradabilidade estimada da matéria seca (DEMS), para os tratamentos, nos diversos tempo de incubação, estão apresentadas na Figura 2.

O tratamento com pressão e vapor surtiu efeito negativo ($P < 0,05$) no desaparecimento da MS. Este fato sugere a complexação de parte da fração potencialmente degradável, como consequência da reação de Maillard.

Essa reação pode ter sido decorrente da baixa pressão utilizada ($3,0 \text{ kgf/cm}^2$) e do tempo excessivo de tratamento (35 min.), como foi observado por Magnani et al. (1985) ao tratarem o bagaço de cana com diversas combinações de pressão, vapor e tempo, verificando que tempos de tratamento elevados promovem a formação de compostos inibidores da ação microbiana, e que a combinação 17 kgf/cm^2 e 5 min proporcionou aumento na digestibilidade, sem no entanto, promover a formação desses compostos.

Resultado idêntico foi encontrado por Hart et al. (1981) ao estudarem o efeito de níveis de pressão e vapor (de 7 a $42,2 \text{ kg/cm}^2$), combinados com diversos tempos, sobre a digestibilidade da MS da palha de arroz e bagaço de cana, verificando maior digestibilidade quando os alimentos foram tratados a

uma pressão de 21,2 kg/cm², por um período de 1,5 minutos, concluindo também que o tempo de tratamento está diretamente relacionado com a formação de compostos inibidores da digestibilidade.

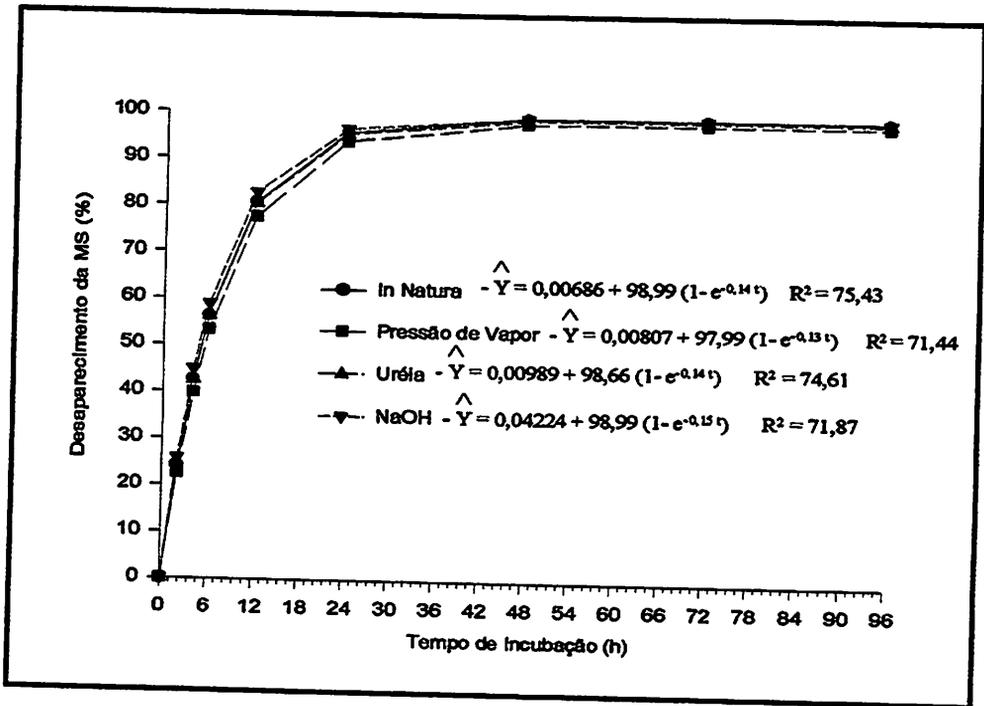


FIGURA 2. Degradabilidade estimada da matéria seca (DEMS) dos tratamentos para cada tempo de incubação.

O tratamento com uréia não se mostrou eficiente ($P > 0,05$) na elevação da degradabilidade da fibra de algodão. Esse resultado foi decorrente, provavelmente, da incapacidade da uréia em disponibilizar sítios de acesso à microbiota, visto que essa capacidade está ligada aos álcali fortes.

O tratamento com NaOH propiciou um aumento ($P < 0,05$) na degradação efetiva da MS do resíduo da fibra do algodão (Tabela 6), fato também observado

por Harbers et al. (1982) que verificaram que o tratamento álcali propiciou um aumento da digestão da palhada de trigo, observando que essa elevação foi decorrente da separação celular e concomitante aumento da área de superfície da palha tratada, mesma conclusão tirada por McAllister et al. (1994).

TABELA 6. Valores médios da degradabilidade potencial (DP) e da degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS). *

Tratamentos	DP (%)	DE (%)
<i>in natura</i>	99,00 a	72,65 b
Pressão / vapor	98,00 b	70,65 c
Uréia	98,67 a	72,47 b
NaOH	99,04 a	74,41 a

* Médias seguidas de letras distintas para o mesmo parâmetro analisado (nas colunas), diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Ao compararem o efeito de diversos tratamentos álcalis (NaOH via seca e úmida, uréia, urina, amônia aquosa e amônia anidra) sobre a digestibilidade da palha de cevada, Wanapat, Sundstøl e Garmo (1985) concluíram que os tratamentos à base de NaOH proporcionaram maior elevação na digestibilidade e maior eficiência na utilização da energia deste substrato. Resultado idêntico foi encontrado por Arnot et al. (1980) e Males (1987) ao avaliarem os efeitos de tratamentos de hidrólise, com vários reagentes (NaOH, ácido nítrico e ácido sulfúrico), sobre a digestibilidade de subprodutos da cultura do algodão, verificando que o tratamento com NaOH foi mais eficaz na elevação na digestibilidade da MS do material tratado.

Conforme os valores estimados para a degradação da matéria seca (DEMS), dispostos na Figura 2, observa-se uma pequena supremacia dos valores obtidos para o tratamento com hidróxido de sódio e que os menores valores foram decorrentes do tratamento a pressão e vapor.

Pelos dados calculados, a matéria seca efetivamente degradada de todos os tratamentos foi atingida entre os períodos de incubação de 6 e 12 horas, e à

medida que aumenta o tempo de incubação, ocorre simultaneamente aumento na degradação da matéria seca, provavelmente em função do aumento da área de exposição do material incubado à microbiota ruminal.

A partir do período de incubação de 24 horas, os aumentos no valores estimados de degradação da matéria seca são progressivamente menores, possivelmente pelo aumento da concentração de compostos menos disponíveis à degradação, uma vez que os mais disponíveis foram anteriormente degradados. Essa disponibilidade à degradação está ligada à presença da lignina e de outros componentes da parede celular complexados a ela. Esses resultados concordam, em parte, com os obtidos por Palmiquist (1995) ao incubar o “linter” (fibras que se encontram aderidas à semente do algodão) no ambiente ruminal.

4.2.3 Cinética da degradação ruminal da celulose

A fração solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração insolúvel (c) e fração não degradável (ND) da celulose se encontram na Tabela 7.

TABELA 5. Valores da fração solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração insolúvel (c) e fração não degradável (ND) da celulose.

Tratamentos	Frações			
	a (%)	b (%)	c (%/h)	ND (%)
<i>In Natura</i>	0,00480	98,99	0,0933	1,01
Pressão/vapor	0,00603	98,99	0,1233	1,00
Uréia	0,00976	98,99	0,1367	1,00
NaOH	0,00336	99,00	0,1300	1,00

Os valores da fração solúvel da celulose (a) para todos os tratamentos apresentaram-se muito pequenos, o que pode ser explicado pelo fato de a

celulose não ser passível de hidrólise em água e sua degradação caracterizar-se por um processo lento. Essa fração também pode ser caracterizada por perdas de pequenas partículas da cadeia celulósica que tenham se dissipado pela malha do saco, sem, no entanto, terem sido necessariamente degradadas.

A baixa fração solúvel foi compensada pela elevada concentração da fração insolúvel potencialmente degradável (b), assim como na matéria seca, a fração b apresentou a quase totalidade do teor de celulose do material. Os valores elevados da fração b, representam a parte da celulose que pode ser perdida através a ação microbiana.

Os valores para b observados nos tratamentos com hidróxido de sódio e uréia, são devido, possivelmente, ao fato de que a totalidade desta fração na fibra de algodão é composta por celulose, composto resistente a tratamentos álcali. Resultado idêntico foi observado por Nikolić (1982) quando tratou sabugo de milho e palhada de girassol com hidróxido de sódio e não verificou alteração nos teores de celulose, característica também observado por Varga e Kolver (1997).

Apesar de não significativos ($P>0,05$), os tratamentos elevaram discretamente a taxa de degradação da fração insolúvel (c) do resíduo, o que pode ter sido decorrente de pequena desestruturação da cadeia celulósica, com possível aumento na disponibilização de sítios de lise.

Em todos os tratamentos, a fração não degradável (ND) apresentou pequenos valores, que correspondem, possivelmente, à parte da cadeia celulósica mais rigidamente organizada e rica em ligações inter e intra-fibróide, uma vez que essa estrutura é de difícil acesso à microbiota ruminal.

Observa-se, na Tabela 5, que o tratamento de pressão e vapor não aumentou a concentração da fração ND da celulose, o que difere dos valores observados no efeito deste tratamento sobre a composição química do resíduo, representado pelo aumento da lignina (Tabela 3), e na fração não degradável da matéria seca (ND) (Tabela 4), o que sugere que a celulose não tenha sido

complexada via reação de Maillard, esse resultado pode ser explicado por observação de Van Soest (1994), que verificou que os carboidratos mais susceptíveis a essa reação é amido e a hemicelulose.

As curvas de gradabilidade estimada da celulose (DECel), para os tratamentos, nos diversos tempo de incubação, estão apresentadas na Figura 3.

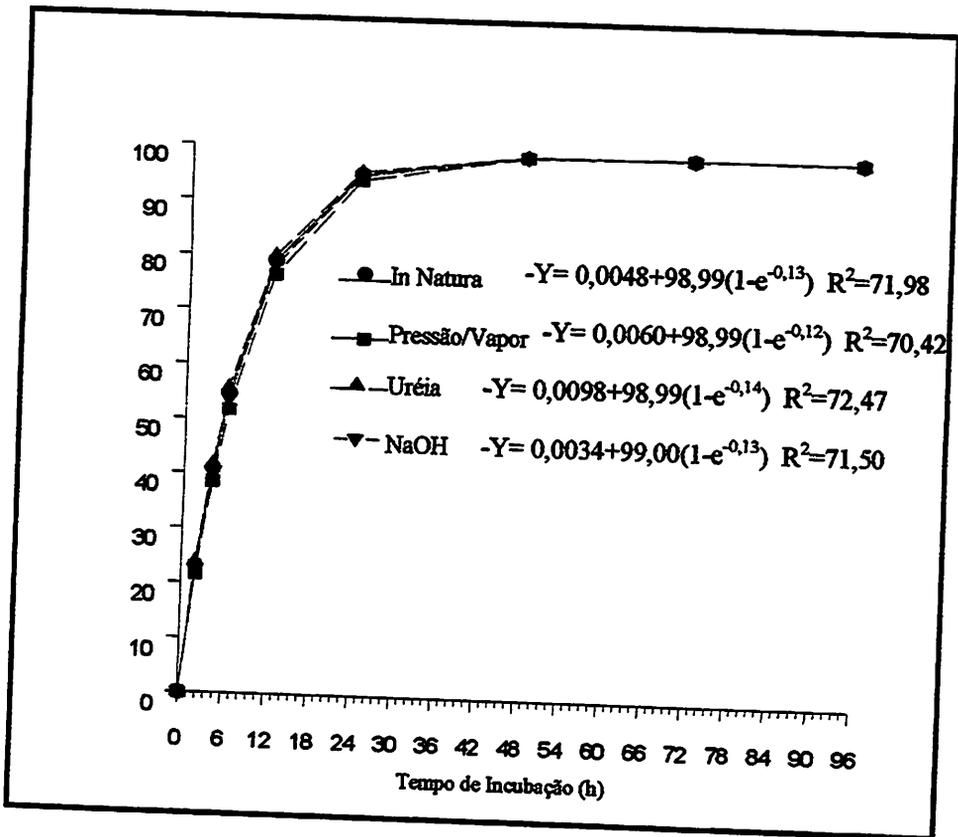


FIGURA 3. Degradabilidade estimada da celulose dos tratamentos para cada tempo de incubação.

[REDACTED]

Os tratamentos não surtiram efeito ($P>0,05$) na elevação da degradação da celulose (DECel) do resíduo da fibra de algodão, embora todos os tratamentos tenham elevado ligeiramente a DECel.

Observa-se, através dos dados estimados (Tabela 6), que a celulose efetivamente degradada, para todos os tratamentos, foi atingida entre os períodos de incubação de 6 e 12 horas, e à medida que aumentou o tempo de incubação, ocorreu simultânea elevação na degradação da celulose, apresentando característica similar aos valores estimados para a degradação da matéria seca. Verifica-se, também, que a partir de 24 horas de incubação, a elevação da degradação da celulose foi progressivamente menor, fato explicado, possivelmente, pela maior concentração de celulose estruturalmente mais organizada.

Os tratamentos com pressão e vapor e hidróxido de sódio provocaram ligeira redução nos valores efetivos da degradação, que no caso do tratamento de pressão e vapor, pode ser explicada pelo aumento de regiões cristalinas menos susceptíveis à degradação, como consequência desse tratamento. Quanto ao tratamento com hidróxido de sódio, essa redução pode ter sido decorrente de perdas de parte da cadeia celulósica mais susceptível ao ataque microbiano (regiões amorfas) e, portanto, elevação da concentração da parte mais resistente à degradação (regiões altamente cristalinas).

Nenhum tratamento foi eficiente ($P>0,05$) em elevar os valores da degradabilidade potencial (DP) e da degradabilidade efetiva (DE), embora o tratamento com pressão e vapor tenha tido efeito negativo na DE da celulose (Tabela 9). Esses resultados sugerem que os tratamentos aplicados foram ineficientes na modificação das características de degradação da celulose do resíduo da fibra de algodão.

TABELA 6. Valores médios da degradabilidade potencial (DP) e da degradabilidade efetiva (DE) da celulose.

Tratamentos	DP	DE
<i>In natura</i>	99,00	71,98
Pressão / vapor	99,00	70,42
Uréia	99,00	72,47
NaOH	99,00	71,50

O resultado encontrado concorda com a constatação de Soddler et al. (1982), quando também não verificaram efeito do tratamento a pressão e vapor na solubilização da celulose, avaliando não haver redução no índice de cristalinidade da celulose. Resultado similar foi verificado por Horton, Pate e Pitman (1991) ao tratarem o bagaço de cana com pressão e vapor (2,0 Mpa por 2 minutos).

Weimer, Hackney e French (1995) também observaram efeito depreciativo na digestibilidade da celulose quando submeteram este carboidrato ao tratamento de pressão e vapor, concluindo que essa redução era decorrente do aumento das regiões cristalinas, uma vez que ao tratar celulose pura por este método, houve um acréscimo de aproximadamente 25 % dessas regiões, o que resultou na redução da sua degradação. Resultados similares foram obtidos por Soddler et al. (1982) ao submeterem subprodutos da madeira ao mesmo tratamento. Esses autores também verificaram aumento da cristalinidade quando o material foi submetido a pressão de 560 psi (250 °C) por 120 segundos, o que pode explicar, possivelmente, a pequena redução, apesar de não significativa ($P > 0,05$), na degradação da celulose, verificada neste trabalho.

O tratamento com pressão e vapor foi incapaz de alterar significativamente ($P > 0,05$) as características de degradação da celulose do resíduo da fibra do algodão. Esse resultado pode ter sido decorrente da

ineficiência da pressão utilizada (3 kgf/ cm²) em romper a estrutura altamente organizada da celulose deste material.

Os tratamentos com uréia e com hidróxido de sódio não aumentaram (P>0,05) a degradação da celulose do resíduo de fibra de algodão. Os resultados encontrados devem-se, provavelmente, à impossibilidade desses reagentes em romper as ligações internas da cadeia celulósica, não disponibilizando locais para a atuação da microbiota ruminal.

Conclusão idêntica obtiveram Goto e Yokoe (1996) quando submeteram palha de cevada ao tratamento com amônia. Observaram uma limitada capacidade de romper parte das ligações internas da cadeia celulósica, o que inibiu maiores alterações na cristalinidade dessa cadeia. Segundo Han, Catalano e Ciegler (1983), a redução da cristalinidade é essencial para o aumento da degradação da celulose nos materiais lignocelulósicos.

Segundo McAllister (1994), o tratamento capaz de propiciar aumento na degradação da celulose deve promover o afrouxamento das fibras e, conseqüentemente, o aumento do número de poros disponíveis, o que vem a propiciar uma maior colonização da fibra. Concordando com este autor, Weimer et al. (1986), Besle, Comu e Jouany (1994) e Chesson, Gardner e Wood (1997) avaliaram que além de disponibilizar poros para o acoplamento da celulase, o tratamento, deve proporcionar um aumento em sua área de acesso, obtendo, assim, boa correlação entre o volume dos poros e o diâmetro do complexo enzimático, que conforme Gama, Teixeira e Mota (1994), apresenta diâmetro próximo a 40 Å, enquanto o volume dos poros de materiais não tratados está entre 10 e 20 Å.

5 CONCLUSÕES

- O resíduo da fibra de algodão apresenta características que o tornam um alimento em potencial para ruminantes;

Composição

- O tratamento com hidróxido de sódio reduziu a concentração da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e celulose e hemicelulose do resíduo;
- O tratamento com uréia reduziu a hemicelulose, porém não foi suficiente para reduzir a FDN;
- Nenhum dos tratamentos utilizados foram eficientes na redução da lignina;

Degradabilidade

- O tratamento a pressão e vapor reduziu a degradabilidade da MS e aumentou a concentração da fração não degradável (ND);
- Os tratamentos utilizados não reduziram significativamente a fração não degradável (ND);
- O tratamento com hidróxido de sódio elevou a taxa de degradação (c) e a Degradabilidade Efetiva da matéria seca do resíduo (70% até 12 horas);
- Apesar de o tratamento com hidróxido de sódio reduzir o teor de celulose, não foi eficaz na elevação da degradação da celulose;
- Nenhum tratamento utilizado foi eficaz em elevar a degradação da celulose do resíduo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). The nutrient requirements of ruminant livestock. Leon: Academia, 1984. 45p. Supplement, 1.
- AKIN, D. E. Biological structure of lignocellulose and degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.21, n.2/4, p.295-310, Oct. 1988.
- ARNOT, D. L.; RICHARDSON, C. R.; ALBIN, R. C.; et al. Digestibility of chemically treated cotton plant byproduct and effect on mineral balance, urine volume and pH. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.51, n.1, p.215-223, July 1980.
- BAKER, T. I.; QUICKE, G. V.; BENTLEY, O. G.; et al. The influence of certain physical properties of purified cellulose on their digestibility by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science.*, Champaign, v.8, n.3, p.655-661, Apr. 1959.
- BARBOSA, G. S. S. C.; SAMPAIO, I. B. M.; GONÇALVES, L. C.; et al. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais. III Tamanho da partícula. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.50, n.6, p.741-744, Dez. 1998.
- BARBOSA, G. S. S. C.; SAMPAIO, I. B. M.; GONÇALVES, L. C.; et al. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais. I Dieta basal. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.50, n.6, p.731-735, Dez. 1998.
- BARBOSA, G. S. S. C.; SAMPAIO, I. B. M.; GONÇALVES, L. C.; et al. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais. II Lavagem das amostras antes da imersão no rúmen. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.50, n.6, p.737-740, Dez. 1998.

- BELDMAN, G.; VORAGEN, A. G. J.; ROMBOOTS, F. M.; et al.** Adsorption and kinetic behavior of purified endoglucanases and exoglucanases from *Trichoderma viride*. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, v.30, n.8, p.251-257, aug. 1987.
- BENEDICT, C. R.; KOHEL, R. J.; JIVIDEN, G. M.** Crystalline cellulose and cotton fiber strenght. **Crop Science**, Madison, v.34, n.1, p.147-151, Jan./Fev. 1994.
- BERGER, L. L.; FAHEY, G. C. Jr.; BOURQUIN, L. D.; et al.** Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY, G. C. (ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.922-966.
- BERGMAN, E. N.** Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.70, n.2, p.576-589, Apr. 1990.
- BERTOLIN, A. O.** Isolamento e biologia de novos fungos celulolíticos. Piracicaba: ESALQ, 1987. 63p. (Dissertação Mestrado em Agronomia).
- BESLE, J. M.; CORNU, A.; JOUANY, J. P.** Roles of strutural phenylpropanoids in forage cell wall digestion. **Journal Science Food and Agriculture**, London, v.64, n.2, p.171-190, Feb. 1994.
- BHATTI, S. A.; FIRKINS, J. L.** Kinetics of hydration and funcional specific gravity of fibrous feed by-products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.5 , p.1449-1458, May. 1995.
- BOWMAN, J. G. P.; FIRKINS, J. L.** Effects of forage species and particle size on bacterial cellulolytic activity and colonization in situ **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n.6 , p.1623-1633, June 1993.
- BRASIL.** Ministério da Agricultura. Normas Climatológicas 1961-1990. Brasília, 1992. 84p.

- BUXTON, D. R.; REDFEARN, D. D.** Plant limitations to fiber digestion and utilization. In: **NEW DEVELOPMENTS IN FORAGE SCIENCE CONTRIBUTING TO ENHANCED FIBER UTILIZATION BY RUMINANTS**, 127, 5S, may, 1997, Bethesda. Suppl... Bethesda: Journal of Nutrition, 1997, p.814S-818S.
- CERRILLA, M. E. O.; JÁUREGUI, M. E. C.** Estudio recapitulativo. Factores que afectan la digestibilidad *in situ* de los alimentos en el rumen. **Veterinary in Mexico**, Tlalpan, v.24, n.1, p.55- 60, Jan. 1993.
- CHAUDHRY, A. S.** Chemical and biological procedures to upgrade cereal straws for ruminants. **Nutrition Abstrat and Reviews, Series B**, London, v.68, n.5, p. 319-331, May. 1998.
- CHAVES, V. M. G.** Características fisiológicas de um fungo termófilo isolado de compostagem e propriedades de seu complexo celulase. Viçosa: UFV, 1982. 60p. (Dissertação Mestrado em Microbiologia Agrícola).
- CHENG K. J.; CLARK, R. G.; KUDO, H.; et al.** Application of biotechnology to rumen microbiology in tropical countries. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AGRICULTURE RESEARCH. 25th**, 1991, Tskuda, Proceedings... Tskuda, Japan: Tropical Agriculture Research Seria, 1992, p. 155-161.
- CHESSON, A.; GARDNER, P. T.; WOOD, T. J.** Cell wall porosity and available surface area of wheat straw and wheat grain fractions. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v.75, n.3 , p.289- 295, Nov. 1997.
- CHIQUETTE, J.; FLIPOT, P. M.; VINET, C. M.** Effect of ammoniation and urea addition on chemical composition and digestibility of mature timothy hay, and rumen fluid characteristics of growing steers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.72, n.2, p.299-308, June 1992.
- CHOU, Y. C. T.** Supercritical ammonia pretreatment of lignocellulosic materials. In: **SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY FOR FUEL AND CHEMICALS**, 18, 1986, Gatlinburg. Proceedings... Gatlinburg: Biotechnology and Bioengineering, 1986. P.19- 31.

- CHURCH, D. C. The ruminant animal. digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988. 564p.
- CORREIA, A. A. D. Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1980. 789p.
- COTTYN, B. G.; DE BOEVER, J. L. Upgrading of straw by ammoniation.** *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.21, n.2/4, p.287-294, Oct. 1988.
- CYR, N.; ELOFSON, R. M.; MATHISON, G. W. Determination of crystallinity of carbohydrates by ¹³C cross polarization/magic angle spinning NMR with applications to the nutritive value of forages.** *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.70, n.2, p.695-701, Jun. 1992.
- DECHAMPS, F. C.; RAMOS, L. P.; FONTANA, J. D. Pretreatment of sugar cane bagasse for enhanced ruminal digestion.** *Biochemistry and Biotechnology*, New York, v.57/58, n.8, p.171-182, May. 1996.
- DOLBERG, F. Processos na utilização de resíduos de culturas tratadas com uréia-amônia.** In: **SIMPOSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES**, Lavras, 1992. Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.322 - 337.
- DUGGER, W. M.; PALMER, R. L. Incorporation of UDPglucose into cell wall glucans and lipids by intact cotton fibers.** *Plant Physiology*, Baltimore, v.81, n.2, p.464-470, June 1986.
- EUCLIDES, R. F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas),** Viçosa: UVF, 1983. 59p.
- FAHEY, G. C.; BOURQUIN, L. D. Jr.; TITGEMEYER, E. C.; et al. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value.** In: **JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D.; RALPH, J. (ed.) Forrage Cell Wall Structure and Digestibility.** Madison: American Society of Agronomy, 1993. p.715-766.

- FAN, L. T.; LEE, Y. H.; BEARDMORE, D. H. The influence of major structural features of cellulose on rate of enzymatic hydrolysis. **Biotechnology Bioengineering**, New York, v.23, n.8, p.419– 432, Aug. 1981.
- FAN, L. T.; LEE, Y. H.; BEARDMORE, D. H. Mechanism of the enzymatic hydrolysis of cellulose: effects of major structural features of cellulose on enzymatic hydrolysis. **Biotechnology Bioengineering**, New York, v.22, n.5, p.177 – 199, May 1980.
- FERREIRA, D. F. SISVAR (Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados), Lavras: UFLA, 1998.
- FLACHOWSKY, G.; OCHRIMENKO, W. I.; SCHNEIDER, M.; et al. Evaluation of straw treatment with ammonia sources on growing bulls. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.60, n.1/2, p.117-130, Jul. 1996.
- GAMA, F. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOTA, M. Cellulose morphology and enzymatic reactivity: a modified solute exclusion technique. **Biotechnology Bioengineering**, New York, v.43, n.5, p.381– 387, Mar. 1993.
- GAMBLE, G. R.; RAMASWAMY, G. N.; BALDWIN, B. S.; et al. Solid state ¹³C NMR na diffuse reflectance mid-infrared spectroscopic analysis of the effects of retting on the chemical composition of kenaf fibre. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v.72, n.1, p.1/7, Sept. 1996.
- GARLEB, K. A.; BOURQUIN, L. D.; HSU, J. T.; et al. Isolation and chemical analyses of nonfermented fiber fractions of oat hulls and cottonseed hulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, n.3 , p.1255-1271, Mar. 1991.
- GIVENS, D. I.; MOSS, A. R. The nutritional value of cereal straw for ruminants – A review. **Nutrition Abstract and Reviews, Series B**, London, v.65, n.11, p.793-811, Nov. 1995
- GOLDMAN, G. H. Estudos genéticos e produção de celulase em *Aspergillus niger*. Piracicaba: ESALQ, 1988. 153p. (Dissertação Mestrado em Agronomia).

GONZÁLEZ DUARTE, U. J. Substituição da silagem de milho pela palha de feijão tratada ou não com hidróxido de sódio ou hidróxido de amônia, para novilhos em confinamento. Belo Horizonte: UFMG, 1991. 76p. (Dissertação Mestrado em Zootecnia).

GOTO, M.; YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water-holding capacity. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.58, n.3/4, p. 239- 247, May. 1996.

HAN, Y. W.; CATALANO, E. A.; CIEGLER, A. Chemical and physical properties of surgacane bagasse irradiated with γ rays. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, New York, v.31, n.1, p.34/38, Jan./Feb. 1983.

HARBERS, L. H.; KREITNER, G. L.; DAVIS, G. V. Jr.; et al. Ruminal digestion of ammonium hydroxide – treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.54, n.6, p.1309- 1319, June 1982.

HART, M. R.; WALKER, H. G.; GRAHAM, R. P.; et al. Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. I. Effects of process parameters. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.51, n.2, p.402-408, Aug. 1981.

HATFIELD, R. D. Structural polysaccharides in forages and their degradability. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, n.1, p.39- 46, Jan./Feb. 1989.

HARTLEY, R. D. Degradation of cell wall of forages by sequential treatment with sodium hydroxide and a comercial cellulase preparation. *Journal of Science Food and Agriculture*, London, v.34, n.1, p.29-36, Jan. 1983.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminant fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.69, n.1, p.2755- 2766, Oct. 1986.

HORTON, G. M. J.; PATE, F. M.; PITMAN, W. D. The effects of steam-pressure treatment, pelleting and ammoniation on feeding value of sugar cane bagasse for cattle. *Canadian Journal Animal Science*, Ottawa, v.71, n.1, p.79- 86, Mar. 1991.

- HOSHINO, E.; KANDA, T.; SASAKI, Y.; et al. Adsorption mode of exo- and endo-cellulases from *Irpex lacteus* (*Polyporus tulipiferae*) on cellulose with different crystallinities. **Journal of Biochemistry**, Tokyo, v.111, n.5, p.600- 605, May 1992.
- HOSHINO, E.; SASAKI, Y.; OKAZAKI, M.; et al. Mode of action of exo- and endo- type cellulase from *Irpex lacteus* in the hydrolysis of cellulose with different crystallinities. **Journal of Biochemistry**, Tokyo, v.114, n.2, p.230- 235, Aug. 1993.
- HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The in situ technique for stunding the ruminal degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstrat and Reviews, Series B**, London, v.65, n.2, p.63-90, Feb. 1995.
- IUREVICH, M. A. Efeito do processo de conservação sobre os componentes da parede celular e a digestibilidade *in vitro* de bagaço de cana hidrolisado. Piracicaba. ESALQ, 1991. 51p. Dissertação Mestrado em Agronomia.
- JACKSON, M. G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.2, n.2, p.105- 130, Jun. 1977.
- JIRŮ, T.; MIROSLAV, Š ; TOMÁŠ, K. The influence of a nylon bag carrier on alfafa crude protein degradability. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, n.1/2, p.129- 137, Jan. 1996.
- JOSHI, A. L.; RANGNEKAR, D. V.; BADVE, V. C.; et al. Utilization of bagasse treated with steam and sodium hidroxide by crossbred calves. **Indian Journal of Animal Science**, New Dheli, v.54, n.2, p.149- 152, Feb. 1984.
- KERLEY, M. S.; FAHEY, G. C. Jr.; GOULD, J. M.; et al. Effects of lignification, cellulose crystallinity and enzyme accessible space on the digestibility of plant cell wall carbohydrates by the ruminant. **Food Microstructure**, Chicago, v.7, n.1, p.59-65, Jan. 1988.

- KERLEY, M. S.; GARLEB, K. A.; FAHEY, G. C. Jr.; et al. Effects of alkaline hydrogen peroxide treatment of cotton and wheat straw on cellulose crystallinity and on composition and site and extent of disappearance of wheat straw cell wall phenolics and monosaccharides by sheep. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.66, n.2 , p.3235- 3244, Dec. 1988.
- KEYSERLINGK, M. A. G. von; SWIFT, M. L.; PUCHALA, R.; et al. Degradability characteristics of dry matter and crude protein of forages in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.57, n.4 , p.291- 311, Mar. 1996.
- KLEMAN-LEYER, K. M.; AGOSIN, E.; CONNER, A. H. ; et al. Changes in molecular size distribution of cellulose during attack by white rot and brown rot fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v.58, n.4, p.1266- 1270, Apr. 1992.
- KLEMAN-LEYER, K. M.; SIIKA-AHO, M.; TEERI, T. T.; et al. The cellulase endoglucanase I and cellobiohydrolase II of *Trichoderma reesei* act synergistically to solubilize native cotton cellulose but not to decrease its molecular size. *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v.62, n.8, p.2883- 2887, Aug. 1996.
- KUDO, H.; HO, Y. W.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S.; et al. Rumen microflora and significance to ruminant feeding in the tropics. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AGRICULTURE RESEARCH, 25TH**, 1991, Tskuda, Proceedings... Tskuda, Japan: Tropical Agriculture Research Seria, 1992, p.144-154.
- KUNDU, S. S. Improving the nutritive value of wheat straw for buffaloes by urea treatment. *Tropical Agriculture*, St. Agostine, v.66, n.4, p.321- 325, Oct. 1989.
- LATHAM, M. J.; BROOKER, B. E.; PETTIPHER, G. L.; et al. *Ruminococcus flavefaciens* cell coat and adhesion to cotton cellulose and to cell wall in leaves of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v.35, n.1, p.156-165, Jan. 1978.

- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen, fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, n.4, p.347- 358, Mar. 1996.
- LIU, J-X; ØRSKOV, E. R.; CHEN, X. B. Optimization of steam treatment as a method for upgrading rice straw of feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.76, n.3/4, p.345-357, Jan. 1999.
- LÓPEZT, S.; HOVELL, F. D. DeB; MANYUCHI†; et al. Comparison of sample preparation methods for the determination of the rumen degradation characteristics of fresh and ensiled forages by the nylon bag technique. **Animal Science**, Midlothian, v.60, pt.3, p. 439-450, June 1995.
- LUGINBUHL, J. M.; POND, K. R., BURNS, J. C.; et al. Short fiber cotton textile mill waste as a feed resource for cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, n.1, p.382, July 1994. Supplement. 1
- MAGLIONE G.; RUSSELL, J. B.; WILSON, D. B. Kinetics of cellulose digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. **Applied and Environmental Microbiology**, New York, v.63, n.2, p.665 -669, Feb. 1997.
- MAGNANI, J. L.; CAMPANARI NETO, J.; VALLEZZI FILHO, A.; et al. Auto-hidrólise do bagaço (BPH) visando preparo de rações para bovinos. Parte 1 – O processo. **Boletim Técnico Coopersucar**, São Paulo, v.32, p.58- 60, Out. 1985.
- MALES, J. R. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.65, n.4 , p.1124- 1130, Oct. 1987.
- McALLISTER, T. A.; BAE, H. D.; JONES, G. A.; et al. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, n.11 , p.3004-3018, Nov. 1994.
- McSWEENEY, B.C.; DALRYMPLE, K. S.; GOBIUS, P. M.; et al. The application of rumen biotechnology to improve the nutritive value of fibrous feedstuffs: pre- and post-ingestion. **Livestock Production Science**, Heerenveen, v.59, p.265-283, June 1999.

- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R.** A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of the feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v.88, pt.3, p.645-650, June 1977.
- MELLO JÚNIOR, C. A.** Efeitos do tratamento com pressão e vapor sobre a composição e a cinética da fermentação "in vitro" do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp. L.*). Piracicaba. ESALQ, 1987. 96p. (Dissertação Mestrado em Agronomia).
- MINSON, D. J.** Forage in ruminant nutrition. New York: Academic Press, 1990. 483p.
- MOORE, K. R.; POND, M. H.; WHITLOW, L. W.; et al.** Waste cotton as a feed resource for cattle and sheep. **Journal of Animal Science, Champaign**, v.70, n.1. p.305, Feb.1992. Supplement 1.
- MORRISON, I. M.** Structural investigations on the lignin-carbohydrate complexes of *Lolium perenne*. **Journal of Biochemistry, Tokyo**, v.139, n.1, p.521- 533, Apr. 1974.
- MOSS, A. R.; GIVENS, D. I.; GARSWORTHY, T.** The effect of alkali treatment of cereal straws on digestibility and methane production by sheep. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam**, v.49, n 3/4, p.245-259, Oct. 1994.
- NASCIMENTO, H. T. S. do; NASCIMENTO, M. do S. C. B.; RIBEIRO, V. Q.** Tratamento de resíduos da agroindústria com uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999. CD ROM.
- NIKOLIĆ, J. A.** Some factors influencing the effect of alkali treatment on crop residues. **Journal of Agriculture Science, Cambridge**, v.99, pt.1, p.115-122, Aug. 1982.
- NOCEK, J. E.** *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a reiew. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v.71, n.8, p.2051- 2069, Aug. 1988.

- ØRSKOV, E. R. **Protein Nutrition in ruminants**. 2ed. London: Academic Press, 1992. 175p.
- ØRSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. B.; MOULD, F. **Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos**. *Production Animal in Tropic*, Santo Domingo, v.5, n. 2, p.213- 233, Feb. 1980.
- ØRSKOV, E. R. & McDONALD, I. **The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage**. *Journal of Agriculture Science, Cambridge*, v.92, pt.2, p.499-503, Apr. 1979.
- PAIVA, J. A. J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A. C.; et al. **Efeito de níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os teores dos constituintes da parede celular na palhada de milho (*Zea mays* L).** *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.24, n.5, p.683-692, Set./Out. 1995.
- PAIXÃO, J. A. **Avaliação de matéria seca digestível e carboidratos estruturais disponíveis em forragens por sistemas microbiológico e enzimático**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 129p. (Dissertação Mestrado em Agronomia).
- PALMQUIST, D. L. **Digestibility of cotton lint fiber and whole oilseeds by ruminal microorganism**. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.56, n 3/4, p.231- 242, Dec. 1995.
- PASCON, R. C. **Análise genética, citológica e molecular de mutantes que afetam a morfogênese em *Aspergillus nirulans***. Piracicaba: ESALQ, 1998. 132p. (Tese Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- PASSOS, J. B. dos. **Atividade de celulase produzida por *Humicola* sp em diferentes condições de cultivo**. Viçosa: 1988. UFV, 49p. (Dissertação em Mestrado).
- PATE, F. M. **Value of treating bagasse with steam under pressure for cattle feed**. *Tropical Agriculture*, St. Agostine, v.59, n.4, p.293-297, Oct. 1982.

- PAVARINA, E. C. **Estudo dos sistemas celulolítico e fermentativo de fungos microaeróbicos facultativos.** Campinas: UNICAMP, 1997. 82p. (Dissertação Mestrado em Ciências de Alimentos).
- POORE, M. H. Whole cottonseed in sorghum-silage based diets for development heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign , v.72, n.1, p.382, July 1994. Supplement.
- POORE, M. H; ROGERS, G. Feeding whole cottonseed and other cotton by-products to beef cattle. **Veterinary Medicine**, Raleigh, v.17, n 11 , p.1077-1087, Nov. 1995.
- REDDY, A. V.; REDDY, G. V. N.; REDDY, M. R. Urea treatment of sunflower straw. **Indian Journal of Animal Science**, New Dheli, v.66, n.9, p.914-918, Sept. 1996.
- REGINATTO, V. **Estudo de enzimas produzidas por *Trichoderma longibrachiatum* responsáveis pela degradação de materiais celulósicos.** Campinas: UNICAMP, 1992. 146p. (Dissertação Mestrado em Ciências de Alimentos).
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; RUGGIERI, A. C.; et al. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de gramíneas tropicais. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 35, 1998, Botucatu. **Anais..Viçosa: SBZ**, 1998. p. 563-565.
- RODRIGUES, E. C. **Caracterização citogenética e bioquímica do fungo celulolítico *Humicola sp.*** Piracicaba: ESALQ, 1987. 152p. (Tese Mestrado em Agronomia).
- ROUMAS, E. N. **Produção de celulasas e fusão de protoplasma em *Humicola sp.*** Piracicaba: ESALQ, 1988. 168p. (Tese Doutorado em Agronomia).
- SALIBA, E. D. S.; RODRIGUEZ, N. M.; GUIMARÃES, A. M. Dinâmica da fermentação ruminal de resíduo de cultura do milho tratado ou não tratado com hidróxido de sódio e suplementado com uréia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.50, n.6, p.721-726, Dez. 1998.

- SAMPAIO, I. B. M.** Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. Anais... Viçosa: SBZ, 1994. p.81- 88.
- SÁNCHEZ AVILES, J.** Pré- estudo de um método de tratamento de palha de arroz com uréia. Piracicaba: ESALQ, 1989. 80p. (Dissertação Mestrado em Zootecnia).
- SEKINE, J.** Digestion of fibrous fractions from plant materials in the gastrointestinal tract of the ruminant. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AGRICULTURE RESEARCH. 25TH, 1991, Tskuda, Proceedings... Tskuda, Japan: Tropical Agriculture Research Seria, 1992. p.144- 154.
- SHEN, H. S.; SUNDSTØL, F.; ENG, E. R.; et al.** Studies on untreated and urea-treated rice straw from three cultivaton seasons: 3. Histological investigations by light and scanning electron microscopy. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.80, n.2, p.151- 159, Aug. 1999.
- SHI, Y.; WEIMER, P. J.** Response surface analysis of the effects of pH and dilution rate on *Ruminococcus flavefaciens* FD-1 in cellulose-fed continous culture. *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v.58, n.8, p.2583- 2591, Aug. 1992.
- SILVA, D. J.** Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990. 165p.
- SILVA, R. da.** Produção, purificação e caracterização de enzimas celulolíticas termoestáveis de *Humicola* sp 179-5, e aplicação destas enzimas. Campinas: UNICAMP, 1992. 128p. (Tese Doutorado em Ciências de Alimentos).
- SODDLER, J. N.; BROWNELL, H. H.; CLERMONT, L. P.; et al.** Enzymatic hidrolisis of cellulose and various pretreated wood fractions. *Biotechnology and Bioengineering*, New York, v.24, n.6, p.1389-1402, June 1982.

- SOUZA, A. C. L.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M. Efeito de fontes e níveis de amônia sobre a composição bromatológica da fração fibrosa em subprodutos da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. Anais.. Porto Alegre: SBZ, 1999. CD ROM.
- STERN, M. D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminant. *Journal Animal Science*, Champaign, v.75, n.8 , p.2256- 2276, Aug. 1997.
- STEWART, C. S.; PANIAGUA, C; DINSDALE, D.; et al. Selective isolation and characteristics of *Bacteriodes succinogenes* from the rumen of a cow *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v.41, n.204, p.504- 510, Feb. 1981.
- STEWART, D.; WILSON, H. M.; HENDRA, P. J.; et al. Fourier-transform infrared and raman spectroscopic study of biochemical and chemical treatment of oak wood (*Quercus rubra*) and barley (*Hordeum vulgare*) straw. *Journal of Food Chemistry*, Washington, v.43, n.8, p.2219 - 2225, Aug. 1995.
- TAKAGI, M. Pretreatment of lignocellulosic materials with hydrogen peroxide in presence of manganese compounds. *Biotechnology and Bioengineering*, New York, v.29, n.2, p.165- 170, Feb. 1987.
- TAMMINGA,S.; KETELAAR, R.; van VUUREN, A. M. D. Degradation of nitrogenous compounds in conserved forages in the rumen of dairy cows. *Grass Forage Science*, Oxford, v.46, n.4 , p.427- 435, Dec. 1990.
- THIAGO, L. R. L. S. Utilização da técnica de degradabilidade *in situ* para avaliação de forragens e alimentos concentrados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. Anais.. Maringá: SBZ, 1994. p.89- 93
- TOMAZ, R. M. A.; BITTENCOURT, E.; SABINO, N. P.; et al. Determinação dos índices de cristalinidade de fibras celulósicas. *Bragantia*, Campinas, v.53, n.1, p.121- 126, Jan. 1999.

- VALLIN, M. A. *Phanerochaete chrysosporium*. Mapa genético, expressão heteróloga e padrão de transcrição de genes celulase. Piracicaba: ESALQ, 1997. 97p. (Tese Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press/Constock Publish, 1994. 476p.
- VARGA, G. A.; KOLVER, E. S. Microbial and animal limitations of fiber digestion and utilization. In: NEW DEVELOPMENTS IN FORAGE SCIENCE CONTRIBUTING TO ENHANCED FIBER UTILIZATION BY RUMINANTS, 127, 5S, May, 1997, Bethesda. Suppl.... Bethesda: Journal of Nutrition, 1997. p. 819S- 823S.
- VASCONCELOS, V. R. Degradação de forrageiras do semi-árido brasileiro no rúmen de caprinos. Jaboticabal: FCACV, 1997. 86p. (Tese Doutorado em Produção Animal).
- VICENTE, V. A. Isolamento e seleção de fungos lignocelulolíticos. Piracicaba: ESALQ, 1989. 173p. (Dissertação Mestrado em Zootecnia).
- VILELA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Análise da temperatura e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.4, n.1, p.46-55, jan./jun.,1980.
- VILELA, G. L. Degradabilidade "in situ" da matéria seca e da proteína bruta de vários alimentos em vacas alimentadas com diferentes rações. Viçosa: UFV, 1994. 68p. (Dissertação Mestrado em Zootecnia).
- VITTI, L. S. S. Condições de produção e atividade da celulase do fungo *Aspergillus sp* e de seus mutantes isolados de bagaço de cana. Piracicaba: ESALQ, 1988. 108p. (Dissertação Mestrado Agronomia).
- WANAPAT, M.; SUNDSTØL, F.; GARMO, T. H. A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. I. Digestibility and metabolizability. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.12, n.2, p.295-309, Feb. 1985.

- WEIMER, P. J.; CHOU, Y. C. T.; WESTON, W. M.; et al.** Effect of supercritical ammonia on the physical and chemical structure of ground wood. In: *Symposium on Biotechnology for Fuel and Chemicals*. 8th (Ed. Scott, C. D.), May, 1986, Gatlinburg. *Suppl....* New York, 1986, p.5-18.
- WEIMER, P. J.; HACKNEY, J. M.; FRENCH, A. D.** Effects of chemical treatments and heating on the crystallinity of cellulose and their implications for evaluating the effect of crystallinity on cellulose biodegradation. *Biotechnology and Bioengineering*, New York, v.48, n.2 p.169-178, Oct. 1995.
- WILLIAMS, B. A.; POEY, V.; BOER, H.; et al.** The use of cumulative gas production to determine the effect of steam explosion on the fermentability of two substrates with different cell wall quality. *Journal of Science Food and Agriculture*, London, v.69, n.1, p 33- 34, Sept. 1995.
- WILLIAMS, P. E.; INNES, G. M.; BREWER, A.** Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II. Additions of soya bean (urease), sodium hydroxide and mollasses; effects on the digestibility of urea-treated straw. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.11, n.2, p.115- 124, Feb. 1984.
- WILSON, J. R.** Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *Journal of Agriculture Science*, Cambridge, v. 122, p.173- 182, Apr. 1994.
- WILSON, J. R; KENNEDY, P. M.** Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agriculture Research*, Melbourne, v.47, n.1, p.199- 225, Jan. 1996.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A. Valores médios da degradabilidade estimada da matéria seca (DEMS) para cada tempo de incubação.....	68
TABELA 2A. Valores médios da degradabilidade estimada da celulose (DECel) para cada tempo de incubação.....	68

ANEXO B

TABELA 1B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre os componentes da parede celular (FDN).....	68
TABELA 2B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre a fibra em detergente neutro (FDA).....	69
TABELA 3B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre a celulose.....	69
TABELA 4B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre hemicelulose.....	69
TABELA 5B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre a lignina.....	69

ANEXO C

TABELA 1C. Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de degradação da matéria seca (MS).....	70
--	----

TABELA 2C.	Análise de variância da fração insolúvel mas potencialmente degradável (b) da equação de degradação da matéria seca (MS).....	70
TABELA 3C.	Análise de variância da fração não degradável (ND) da equação de degradação da matéria seca (MS).....	70
TABELA 4C.	Análise de variância da taxa de degradação da fração insolúvel (c) da equação de degradação da matéria seca (MS).....	71
TABELA 5C.	Análise de variância da degradabilidade potencial (DP) da matéria seca (MS).....	71
TABELA 6C.	Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS).....	71

ANEXO D

TABELA 1D.	Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de degradação da celulose.....	72
TABELA 2D.	Análise de variância da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da equação de degradação da celulose.....	72
TABELA 3D.	Análise de variância da fração não degradável (ND) da equação de degradação da celulose.....	72
TABELA 4D.	Análise de variância da taxa de degradação da fração insolúvel (c) da equação de degradação da celulose.....	73
TABELA 5D	Análise de variância da degradabilidade potencial (DP) da celulose.....	73
TABELA 6D	Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da celulose.....	73

ANEXO A

TABELA 1A. Valores médios da degradabilidade estimada da matéria seca (DEMS) para cada tempo de incubação.

Trat.	DEMS (%)								
	0	2	4	6	12	24	48	72	96
<i>in natura</i>	0,0069	24,18	42,45	56,26	80,54	95,56	98,88	98,99	98,99
Pres/vapor	0,0081	22,44	39,74	53,08	77,40	93,67	97,81	97,99	97,99
Uréia	0,0099	24,10	42,31	56,07	80,28	95,24	98,55	98,67	98,67
NaOH	0,0422	25,73	44,70	58,78	82,67	96,33	98,96	99,03	99,03

TABELA 2A. Valores médios da degradabilidade estimada da celulose (DECel) para cada tempo de incubação.

Trat.	DECel (%)								
	0	2	4	6	12	24	48	72	96
In natura	0,0048	23,17	40,92	54,51	79,00	94,96	98,83	98,99	98,99
Pres/vapor	0,0060	21,59	38,47	51,67	76,37	93,82	98,73	98,98	99,00
Ureia	0,0098	23,73	41,77	55,48	79,87	95,30	98,86	98,99	99,00
NaOH	0,0034	22,67	40,14	53,62	78,20	94,63	98,81	98,99	99,00

ANEXO B

TABELA 1B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre os componentes da parede celular (FDN).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	152,64089	50,88030	140,722	0,0000
Resíduo	8	2,89252	0,36157		
Total	11	155,53343			

CV = 0,65 %

TABELA 2B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre a fibra em detergente neutro (FDA).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	118,53750	39,51250	81,611	0,0000
Resíduo	8	3,87327	0,48416		
Total	11	122,41077			

CV = 0,77%

TABELA 3B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre a celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	105,07457	35,02486	8,936	0,0062
Resíduo	8	31,35613	3,91952		
Total	11	136,43070			

CV = 2,26%

TABELA 4B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre hemicelulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	6,77136	2,25712	4,371	0,0423
Resíduo	8	4,13153	0,51644		
Total	11	10,90289			

CV = 29,46%

TABELA 5B. Análise de variância do efeito dos tratamentos sobre lignina.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,47662	0,15887	1,863	0,2142
Resíduo	8	0,68240	0,08530		
Total	11	1,15903			

CV = 16,71%

TABELA 1C. Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,002609314	0,0008697712	7,448	0,01903
Animal	2	0,000193261	0,0000966304	0,827	
Resíduo	6	0,7006584			
Total	11	0,703460975			

CV = 64,46%

TABELA 2C. Análise de variância da fração insolúvel mas potencialmente degradável (b) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	2,020450	0,6734833	8,061	0,01585
Animal	2	0,1631109	0,08155542	0,976	
Resíduo	6	0,5013089			
Total	11	2,6848698			

CV = 0,29%

TABELA 3C. Análise de variância da fração não degradável (ND) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	2,089395	0,6964648	48,430	0,01507
Animal	2	0,1583255	0,07916274	43,192	
Resíduo	6	0,5074298			
Total	11	2,7551503			

CV = 21,938 %

TABELA 4C. Análise de variância da taxa de degradação da fração insolúvel (c) da equação de degradação da matéria seca (MS).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,0007131750	0,0002377250	48,43	0,00013
Animal	2	0,0004240236	0,0002120118	43,19	0,00027
Resíduo	6	0,00002945168			
Total	11	0,00116665028			

CV = 1,59%

TABELA 5C. Análise de variância da degradabilidade potencial (DP) da matéria seca (MS).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	2,089405	0,6964684	8,235	0,01507
Animal	2	0,1583271	0,07916355	0,936	
Resíduo	6	0,5074253			
Total	11	2,7551574			

CV = 0,30%

TABELA 6C. Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	21,24986	7,083287	58,908	0,00008
Animal	2	7,694706	3,847353	31,997	0,00063
Resíduo	6	0,7214546			
Total	11	29,6660206			

CV = 0,48%

TABELA 1D. Análise de variância da fração solúvel (a) da equação de degradação da celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,00007	0,00002	5,693	0,0345
Animal	2	0,00002	0,00001	2,696	0,1461
Resíduo	6	0,00002			
Total	11	0,00011			

CV = 33,23%

TABELA 2D. Análise de variância da fração insolúvel potencialmente degradável (b) da equação de degradação da celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,00010	0,00003	0,443	0,7311
Animal	2	0,00002	0,00001	0,111	0,8964
Resíduo	6	0,00045			
Total	11	0,00057			

CV = 0,01%

TABELA 3D. Análise de variância da fração não degradável (ND) da equação de degradação da celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,00006	0,00002	0,269	0,846
Animal	2	0,00000	0,00000	0,017	0,9833
Resíduo	6	0,00047			
Total	11	0,00053			

CV = 0,88%

TABELA 4D. Análise de variância da taxa de degradação da fração insolúvel (c) da equação de degradação da celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,00329	0,00110	0,904	0,4925
Animal	2	0,00332	0,00166	1,366	0,3244
Resíduo	6	0,00728			
Total	11	0,01389			

CV = 28,83%

TABELA 5D. Análise de variância da degradabilidade potencial (DP) da celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	0,00003	0,00001	0,201	0,8922
Animal	2	0,00002	0,00001	0,200	0,8242
Resíduo	6	0,00025			
Total	11	0,00029			

CV = 0,01%

TABELA 6D. Análise de variância da degradabilidade efetiva (DE) da celulose.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Tratamentos	3	6,8929	2,29763	7,295	0,0199
Animal	2	2,67312	1,33656	4,244	0,0710
Resíduo	6	1,88975			
Total	11	11,45577			

CV = 0,78%

