

ANDREZZA ARAÚJO DE FRANÇA

**DEGRADABILIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ANATOMIA DE FENO
DE MANIÇOBA (*Manihot sp.*)**

RECIFE

2007

ANDREZZA ARAÚJO DE FRANÇA

**DEGRADABILIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ANATOMIA DE FENO
DE MANIÇOBA (*Manihot* sp.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof.^a Adriana Guim.

Conselheiras: Prof.^a Ângela Maria Vieira Batista
Prof.^a Rejane M. de Mendonça Pimentel

**RECIFE
2007**

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

F814d França, Andrezza Araújo de
Degradabilidade, composição química e anatomia de feno
de maniçoba (*Manihot* sp.) / Andrezza Araújo de França. --
2007.
37 f. : il.

Orientadora : Adriana Guim
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Zootecnia.
Inclui bibliografia

CDD 636.085 2

1. Parede celular
2. Degradabilidade
3. Microorganismos ruminais
4. Maniçoba
5. *Manihot* sp.
 - I. Guim, Adriana
 - II. Título

**DEGRADABILIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ANATOMIA DE FENO
DE MANIÇOBA (*Manihot* sp.)**

ANDREZZA ARAÚJO DE FRANÇA

Dissertação defendida e aprovada em 13/02/2007, pela Banca Examinadora

Orientadora: _____
Adriana Guim, PhD – DZ/UFRPE

Examinadores:

Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel, D.Sc. – DB/UFRPE

José Carlos Batista Dubeux Júnior, PhD – DZ/UFRPE

Ângela Maria Vieira Batista, PhD – DZ/UFRPE

**RECIFE
2007**

AUTOBIOGRAFIA

Andrezza Araújo de França, filha de *Sérgio Luiz de França* e *Maria das Neves Araújo de França*, nascida no dia 14 de Julho de 1979 é natural de Natal - Rio Grande do Norte.

Em 2000, iniciou sua carreira acadêmica no curso de Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, graduando-se em 2005, ano em que ingressou no curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pernambuco - UFRPE, concentrando seus estudos na área de Produção Animal, submetendo-se a defesa de dissertação em Fevereiro de 2007.

Àquele que é poderoso para fazer
infinitamente mais do que tudo aquilo que
pedimos ou pensamos, a Ele seja a glória, a
honra e o poder, pelos séculos dos séculos,
Amém!

“A forma como respondemos a Deus
revela o que cremos a Seu respeito”.

Henry T. Blackby

AGRADECIMENTOS

À *Sérgio Luiz e Maria das Neves* - meus pais, por todo apoio, confiança e forças para continuar e perseverar sempre!

À *Andréia* - minha irmã, por mesmo de longe me incentivar a estudar _ ela não diz, mas sei que sentiu muitas saudades de mim durante este tempo.

À minha família (“Vó”, tias, tios, primos e primas) por todo incentivo e cuidado.

Aos amigos de sempre, em Natal - RN, que sempre oraram por mim.

À *Ângela Araújo*, por ter sido a providência de Deus quando cheguei a Recife.

Ao Dr. Henrique Rocha de Medeiros, que na conclusão de minha graduação incentivou-me e colaborou para que viesse à Pós-Graduação.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e seus Departamentos de Zootecnia, Botânica, Química e Educação, por todos os ensinamentos que pude usufruir.

À CAPES (Programa de Coordenação e Apoio ao Ensino Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

À professora *Adriana Guim*, por ser um exemplo de paciência, honestidade e organização, requisitos básicos à competência. Por seus ensinamentos, orientação e incentivo à conclusão deste trabalho.

À professora *Ângela Batista*, pela orientação e apoio enquanto a prof^a. Adriana Guim esteve ausente, por seus constantes ensinamentos, e também por seu exemplo de incansável força e determinação.

À professora *Rejane Pimentel*, que tão prontamente me recebeu e orientou-me no desenvolvimento deste trabalho, que com seu entusiasmo e ensinamentos muito contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho e meu crescimento profissional.

Ao professor Egídio Bezerra Neto, sempre muito prestativo em ensinar, muito contribuiu no andamento de minhas atividades acadêmicas. E aos autores citados, pelo desenvolvimento à pesquisa científica.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, Prof.^o Francisco, Prof^a. Mércia, Prof.^o Dubeux, Prof.^a Sherlânea, Prof.^o Marcelo, Prof.^o Marcílio..., por todos os ensinamentos dentro e ou fora de sala de aula.

Ao Sr. Nicácio por sua amizade e sempre prontidão.

Ao Sr. Antônio e Raquel (Lab. Nutrição Animal) sempre tão prestativos a ensinar e prontos nos “quebrar galhos”.

Ao Sr. Jonas (Lebre), por sua simpatia e apoio nos experimentos.

Ao Sr. Ferreira (*in memoriam*) e todo pessoal do campus avançado da UFRPE, em Ibimirim - PE.

À grande amiga e irmã Ana Maria, aprendemos muito juntas, rimos bastante e fizemos muita “terapia do grito” - sei que a amizade que iniciamos aqui será para sempre.

À Maria Luciana, “minha irmã mais velha” com quem dividi muito trabalho, mas principalmente grandes alegrias, com quem sempre poderei contar.

À Andréa (Sr^a. Guimarães), Riviana, Aguirres e Kedes, meus primeiros grandes amigos na Rural - irmãos de fé.

À Turma de Alagoas: Carol, Mônica (eu achava que era de lá), Elton e Sharlyton, o fato de sermos de fora nos aproximou logo no início.

À Sólton, Guilherme e Evaristo, amigos que fiz quando tiveram que me ajudar na confecção de silagem e feno para o experimento – “Convocados”.

Aos demais amigos e colegas que de alguma maneira fizeram parte da minha vida durante estes dois anos:

Érica, Alessandra, Marta Gerusa, Valéria Louro, Chiara Lígia, Ednéia, Safira, Alcilene, Regina, Dilza.

Gladston Rafael e Daniele Matos, Keila e Renaldo - filhos da minha “mãe”.

Argélia e Gilvan, Walmir, Georvergue.

Liz Caroline, minha conterrânea exemplar e grande incentivadora.

Stélio Bezerra, Cleber Sanharó, Wellington Samay, Rinaldo, Rodrigo Jordão por todo o “aperreio”.

Sr. Erinaldo, me deu grande apoio no dia da seleção, ainda em Nov. de 2004.

Cíntia, Carol e Valéria “minhas estagiárias” pelo apoio e ótimas risadas que demos umas das outras.

Os graduandos Marcelo, Rodrigo, Paulo, Josimar (Zootecnia) e André (Química Agrícola) pelos impagáveis favores que me prestaram.

Aurinete, Milena, Graça, Clébio, João, Priscila e Isis em especial (turma do LAF - Botânica) por terem me recebido tão bem em seu espaço e por toda atenção prestada.

E, Àquele que me oportunizou grandes conquistas, muitos amigos, pelos quais agradeço intensamente, dos quais nunca vou esquecer. Obrigada meu Deus, por que me trouxestes até aqui, me deste tudo isto; orientastes-me e guiastes os meus passos dia a dia, obrigada por depender de Ti, por que sem Ti nada sou e nada posso fazer!

SUMÁRIO

Autobiografia.....	vi
Dedicatória.....	v
Agradecimentos.....	vi
Lista de Tabelas e Figuras.....	ix
Introdução.....	10
Referências.....	16
Anatomia, composição química e degradabilidade de feno de <i>Manihot</i> sp.	
Resumo.....	18
Abstract	18
Introdução	19
Material e Métodos	20
Resultados e Discussão.....	24
Conclusões.....	34
Referências.....	35

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Composição química e compostos secundários do feno de maniçoba (<i>Manihot</i> sp.).....	24
Tabela 2. Valores médios do desaparecimento da matéria seca e fibra em detergente neutro do feno de maniçoba (<i>Manihot</i> sp.) em função do tempo de incubação no rúmen caprinos.....	32
Tabela 3. Valores médios das frações solúvel (a); potencialmente degradada (b); taxa de degradação (c); fração não degradada (ND); degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) a 2; 5; e 8%/h da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do feno de maniçoba (<i>Manihot</i> sp.) incubados no rúmen de caprinos.....	32
Figura 1. A D. Folha (feno) de maniçoba (<i>Manihot</i> sp.).....	26
Figura 2. A-D. Vista transversal do caule (feno) de maniçoba (<i>Manihot</i> sp.)....	26
Figura 3. A-F. Vista transversal de fragmentos caulinares (feno) de maniçoba (<i>Manihot</i> sp.) após 48 horas no rúmen.....	30

INTRODUÇÃO

O conhecimento científico em torno da alimentação animal está em contínua construção, através das interrelações entre a bromatologia zootécnica e as demais ciências, o qual promove o desenvolvimento de técnicas ou tecnologias de nutrição e de pesquisas para o melhoramento de espécies vegetais mais digestíveis ou microrganismos ruminais de maior atividade celulolítica (Rodrigues e Vieira, 2006; Wilson e Mertens, 1995).

Assim, é de suma importância avaliar a alimentação nos sistemas de produção animal nos trópicos e sub-trópicos, que é baseada em uma ampla variedade de alimentos: de grãos e subprodutos da agroindústria a pastagens de gramíneas, leguminosas, arbustos e árvores utilizadas em pastejo extensivo (Norton, 2000). Na região semi-árida do Brasil é característico o uso da caatinga como fonte de recursos forrageiros, principalmente, para pequenos ruminantes, pois apresentam boa palatabilidade e considerável valor nutricional, mantendo suas qualidades quando conservadas adequadamente na forma de feno e/ou silagem.

Das diversas plantas da caatinga, a maniçoba (*Manihot* sp), pertencente à família Euphorbiaceae, tem sido bastante estudada por apresentar boa palatabilidade e razoáveis níveis de proteína e digestibilidade. As pesquisas iniciaram em 1981 quando pesquisadores da Embrapa-CPATSA, no intuito de identificar o potencial forrageiro da caatinga, constataram a maniçoba como uma das plantas bastante procurada por bovinos (Salviano e Nunes, 1988). Além de sua palatabilidade, diversas análises comprovaram bons níveis de proteína bruta (PB) em torno de 12% a 16% no feno (Soares, 2000).

Existe grande variedade de espécies de maniçoba distribuída em todo o semi-árido brasileiro. Nassar (2000) em uma revisão sobre a biologia e potencialidades para o melhoramento genético da maniçoba citou as seguintes espécies: *Manihot caerulescens* Pohl, *M. heptaphylla* Ule, *M. cichotoma* Ule, *M. catingae* Ule, *M. brachyandra* Pax et

França, A.A. Degradabilidade, Composição Química e Anatomia de Feno ...

Hoffmann, *M. maracasensis* Ule, *M. epruinosa* Pax et Hoffmann, *M. glaziovii* Mueller, *M. jacobinensis* Mueller e *M. quinquefolia* Pohl.

Apesar de bem estabelecida na região, alguns produtores provocam a diminuição desta espécie substituindo-a com o cultivo de outras espécies ou são arrancadas pelo fato de serem tóxicas aos animais, quando consumida verde (Nassar, 2000). Esta planta rebrota logo que se iniciam as primeiras chuvas, mas perde suas folhas rapidamente após o amadurecimento e quando cultivada, permite um a dois cortes no período chuvoso, com produtividade de 20 toneladas de massa verde por hectare (Soares, 2001).

Como todas as espécies do gênero *Manihot*, a maniçoba é considerada tóxica, porque com o rompimento dos tecidos vegetais há formação de ácido cianídrico (HCN) devido à hidrólise dos glicosídeos cianogênicos (compostos secundários presentes nos vacúolos celulares) catalisada pela linamarase (enzimas presentes na parede celular). De acordo com Araújo e Cavalcanti (2002) a planta verde, em início de brotação, apresenta um teor médio de 1000 mg de HCN/kg de MS, entretanto, apresenta toxicidade durante todo o seu ciclo vegetativo, que se estende por todo período de chuvas (Amorim et al., 2005). Não está estabelecida a quantidade mínima de HCN que pode provocar toxidez em ruminantes, para isso, são necessárias principalmente, padronizações nos métodos de quantificação do HCN.

O HCN é facilmente volatilizado no processo de ensilagem e/ou fenação, sendo assim a silagem e o feno são as melhores formas de utilização da maniçoba. Dentre as técnicas de conservação, a fenação é a mais simples e de menor custo, e de mais fácil aceitação por produtores do semi-árido, sendo imprescindível sua associação ao manejo sustentável da caatinga para a melhoria do potencial produtivo dos rebanhos (Guim et al., 2004). O processo consiste na desidratação da planta ao sol até o ponto de feno e armazenamento deste em condições adequadas que proporcionem sua longevidade.

Para a produção de feno de boa qualidade, diversos fatores devem ser considerados, com destaque à idade das plantas forrageiras no momento do corte, pois os nutrientes e a

digestibilidade diminuem com o avanço do desenvolvimento da planta. Este fato está relacionado à anatomia dos órgãos vegetativos e sua influência sobre a digestibilidade da planta, que determina, por exemplo, o local e o grau de lignificação, além da porcentagem dos tipos de tecidos que constituem a lâmina foliar (Akin, 1989).

Primariamente, a anatomia da planta é designada para lhe conferir sucesso na competitividade de seu nicho ecológico particular. As plantas desenvolvem para isto, características específicas para proteger-se do ataque de predadores, como por exemplo, a produção de compostos secundários. Na maniçoba, estão presentes como principais compostos secundários, os glicosídeos cianogênicos, cujas propriedades já foram citadas anteriormente, e os taninos.

Taninos são definidos como compostos fenólicos de alto peso molecular contendo suficientes hidroxilas e outros grupos solúveis para formar efetivamente complexos com proteína e outras macromoléculas (Horvath, 1981 citado por Reed, 1995). Estão divididos em dois grupos: taninos condensados e hidrolisáveis, sendo diferenciados por sua estrutura química e na capacidade da mesma ser ou não hidrolisada. Estes compostos podem servir como anti-helmintícos em ruminantes ou ter efeitos tóxicos sobre uma variedade de microrganismos ruminais, além de influenciar o valor nutritivo de forrageiras que os contém, através de sua habilidade em combinar-se com proteínas da dieta, polímeros como celulose, hemicelulose, pectina e minerais, não disponibilizando-os para utilização pelos microrganismos ruminais (Cabral Filho, 2004).

Portanto, os aspectos anatômicos, morfológicos e fisiológicos da planta, através da organização estrutural de seus órgãos e caracteres especiais de seus tecidos constituintes, influenciam a digestibilidade e conseqüentemente o valor nutritivo das forrageiras, que por sua vez terá efeito direto no desempenho animal.

O valor nutritivo do alimento é uma medida de sua capacidade em sustentar grupos de atividades metabólicas inerentes ao organismo animal (Blaxter, 1956 citado por Rodrigues e

Vieira, 2006), ou seja, o quanto de determinada quantidade de alimento ingerido pelo animal é transformada em produto final. Nesta transferência de energia, que tem início na produção da fitomassa vegetal, os herbívoros encontram algumas “barreiras” à pronta disponibilidade de energia e nutrientes dos vegetais, como exemplo, as características químicas e físicas da parede celular, destes. Os ruminantes, porém, através de seus microrganismos ruminais são capazes de degradar estas estruturas, tornando a planta forrageira digestível. A digestibilidade de um alimento é, portanto, a proporção de MS ou nutrientes ingeridos que aparentemente foram aproveitados pelo animal, ou melhor, que não foram recuperado nas fezes.

Segundo Wilson (1993) a anatomia da planta influencia diretamente sua ingestão pelo animal, através da facilitação na quebra de suas partículas e a natureza destas partículas, que conseqüentemente refletem na sua taxa de passagem pelo rúmen, determinando uma maior ou menor digestibilidade.

Os tecidos da planta estão organizados conforme a função que exercem no interior dos diferentes órgãos da planta e, por isso, apresentam diferentes potenciais de digestão. Suas células estão ligadas entre si pela lamela média e envolvidas por uma rígida parede, alguns tecidos podem ter até três paredes celulares. A parede celular é constituída basicamente de microfibrilas de celulose fixadas em macromoléculas de hemicelulose e lignina que fazem ligações a grupos ácido acetil e ácidos fenólicos (Morrison, 1979 citado por Jung, 1989).

A epiderme, primeiro tecido de revestimento em partes jovens da planta, secreta substâncias impermeabilizantes que formam a cutícula. Em raízes e caules, à medida que a planta se desenvolve, a epiderme é substituída por um novo revestimento mais espesso e resistente, a periderme (conjunto de três tecidos, súber, felogênio e feloderme). Os tecidos de sustentação são colênquima e esclerênquima e os condutores são xilema e floema. Em geral, os tecidos de preenchimento dos espaços internos das plantas são denominados

parênquimas, os quais, além de preencher, podem desempenhar outras funções, como a assimilação, por exemplo (Wilson, 1993).

Em geral, existe um consenso quanto à degradabilidade da parede celular dos diferentes tecidos, sendo maior no mesofilo e floema, intermediária na epiderme, bainha vascular e parênquima, não sendo degradáveis os tecidos de xilema e o esclerênquima. O acesso das bactérias à quebra da parede celular progride do lúmen para a superfície, pois a lamela média e a parede celular primária são indigestíveis (Wilson e Mertens, 1995). Porém, alguns tipos de células possuem somente a parede primária, a qual, juntamente com a lamela média, tem uma espessura delgada, não oferecendo muitos problemas à digestão pelo animal (Wilson, 1993).

Uma importante substância que compõe a parede celular é a lignina, um fenilpropanóide, de alto peso molecular, que tem o papel de enrijecer a parede celular, porém, limita a disponibilidade dos carboidratos da parede celular aos microrganismos (Van Soest, 1982). Cabe destacar que sua formação começa com o espessamento da parede celular secundária, sendo assim, seu conteúdo aumenta de acordo com o desenvolvimento do vegetal. Os mecanismos pelos quais ela causa redução na digestão da parede celular não estão bem elucidados, entretanto, de acordo com Jung (1989), a composição química da lignina pode ser mais importante do que sua quantidade na determinação da digestibilidade. A fermentação *in vitro* de tecidos como esclerênquima em *Cynodon dactylon*, após delignificação, apresentou aumento, porém não em tecidos vasculares (Barton e Akin, 1977 citados por Jung, 1989).

Em estudos microscópicos de digestão de tecidos, onde microrganismos têm livre acesso à superfície da parede celular, Wilson e Mertens (1995) verificaram que a lignificação não impede a degradabilidade da parede secundária de gramíneas. Sendo assim, os autores concluíram que além da lignificação e composição química, as características físicas da parede celular determinam a pronta disponibilidade dos polissacarídeos para os

microrganismos ruminais, embora também sejam causas para a indigestibilidade da planta. Além do mais, barreiras físicas, ditadas pelo arranjo das células ao longo do tecido, ou químicas, decorrentes da composição e arranjo dos componentes da parede celular, são determinantes no processo de digestão nos ruminantes (Deschamps, 1999).

Os estudos acerca da anatomia vegetal, relativos à digestibilidade, são de fundamental importância na determinação do valor nutritivo de uma determinada forrageira (Paciullo, 2002). O uso de técnicas microscópicas na avaliação da anatomia de forrageiras é uma importante ferramenta que auxilia na elucidação de fatores que influenciam a sua degradação pelos microrganismos do rúmen. Em estudos de microscopia são encontradas diferenças na anatomia da planta e dos gradientes de lignificação que afetam a digestibilidade entre espécies e partes da planta (Akin, 1989). Estes estudos auxiliam no direcionamento de futuras pesquisas quanto ao melhoramento de plantas mais digestíveis.

O objetivo deste estudo foi relacionar os aspectos da anatomia e composição química com a digestibilidade *in situ* e dos tecidos do feno de maniçoba. O artigo a seguir foi elaborado segundo as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

REFERÊNCIAS

AKIN, D.E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**. v.81, p.17-25, 1989.

ALVES DE BRITO, C.J.F.; RODELLA R. A., DESCHAMPS, F.C.; ALQUINI, Y. Anatomia Quantitativa e Degradação *in vitro* de Tecidos em Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) **Rev. Bras. Zootec.** v.28, p.223-229, 1999.

AMORIM, S. L., ROSANE, M.T., RIET-CORREA, F. Intoxicação experimental por *Manihot glaziovii* (Euphorbiaceae) em caprinos. **Pesq. Vet. Bras.** v.25, p. 179-187, 2005.

ARAÚJO, G.G.L.; CAVALCANTI J. Potencial de utilização de maniçoba. In: SIMPÓSIO PARAIBANO DE FORRAGEIRAS NATIVAS, 3., Areia. **Anais**. Areia, UFPB, 2002.

CABRAL FILHO, S.L.S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos**. 2004. 88p. Tese (Doutorado). ESALQ. Piracicaba

DESCHAMPS F. C. Implicações do Período de Crescimento na Composição Química e Digestão dos Tecidos de Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) **Rev. Bras. Zootec.** v.28, p.1358-1369, 1999.

GUIM, A.; MATOS, D. S.; SANTOS G. R. Estratégias Alimentares Para Caprinos e Ovinos no Semi-Árido. In: SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS (SINCORGE), 1., Recife. **Anais**. Recife: UFRPE, 2004. p.

JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy Journal* v.81, p. 33-38, 1989.

NASSAR, N.M.A. Wild cassava, *Manihot* spp: Biology and potentialities for genetic improvement. **Genetic and Molecular Biology**. v.23, p.201-212, 2000.

NORTON B.W. 2000. The Significance of Tannins in Tropical Animal Production. **Tannins in Livestock and Human Nutrition**. Proceedings of an International Workshop, Adelaide, Australia ACIAR Proceedings, v.92, p.15-23, 2000. Disponível em: <http://www.aciar.gov.au/web.nsf/doc/JFRN-5J479G> Acesso em: 01 jun. 2005.

PACIULLO, D.S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural** v.32, p.357-364, 2002.

França, A.A. Degradabilidade, Composição Química e Anatomia de Feno ...

REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science** v.73, p. ,1995.

RODRIGUES M.T.; VIEIRA, R.A.M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In : BARCHIELLE, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal : Funep, 2006. p. 25-51

SALVIANO, L.M.C.; NUNES, M. C. F. S. Considerações sobre o valor forrageiro e a toxidez da maniçoba. Comunicado Técnico. No. 27. EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, PE. 1988.

SOARES, J.G.G. Avaliação da silagem de maniçoba. Comunicado Técnico. No. 93. EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, PE, 2000.

SOARES, J.G.G. Utilização da maniçoba para ensilagem. Comunicado Técnico. No. 100. EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, PE, 2001.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of ruminant. O & B Books, Corvallis, OR, 1982.

WILSON J.R. Organization of forage plant tissue. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D. R.; Hatfield, R. D.; RALPH, J. (Ed). **Forage cell wall structure and digestibility**, Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1993. p. 1-32

WILSON, J.R.; MERTENS, D. R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science** v.35, p.251-259, 1995.

Anatomia, Composição Química e Degradabilidade de Feno de Maniçoba

Andrezza Araújo de França⁽¹⁾, Adriana Guim⁽¹⁾, Ângela Maria Vieira Batista⁽¹⁾, Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Dep. de Zootecnia, Rua Dom Manuel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE. E-mail: andrezza.franca@gmail.com, aguim@dz.ufrpe.br (Bolsista PET), abatista@dz.ufrpe.br (Bolsista CNPq), ⁽²⁾ UFRPE, Laboratório de Fitomorfologia Funcional do Departamento de Biologia/Botânica. E-mail: pimentel@db.ufrpe.br

Resumo - Objetivando relacionar os componentes estruturais da parede celular com sua degradabilidade, avaliou-se a composição química, teor de compostos secundários, degradabilidade *in situ*, anatomia e degradabilidade dos tecidos do feno de maniçoba. O caule apresentou células com variados graus de lignificação, destacando-se a presença de fibras gelatinosas, parênquima medular lignificado e espessas paredes celulares no xilema. As folhas se destacam pela presença da estrutura girder, a qual pode influenciar a degradabilidade; se caracterizam pela grande quantidade de mesófilo, constituído por células com paredes delgadas, contribuindo para degradabilidade de matéria seca. Idioblastos contendo drusas de oxalato foram encontrados nos tecidos vasculares, na nervura principal da folha. Eles funcionam como mecanismos de defesa do vegetal contra herbívoros e podem afetar a disponibilidade de minerais para o animal. O feno de maniçoba, apesar de obtido de planta em avançado estágio de maturidade (início da frutificação), possui adequada composição química e baixos teores de HCN e taninos. Os principais limitantes à degradabilidade são o espessamento e lignificação das paredes celulares, especialmente nos tecidos do caule. Adicionalmente, os diversos aspectos aqui relatados induzem à continuidade de pesquisas em diversos focos e visam o melhoramento e a utilização desta espécie como forrageira.

Termos para indexação: Parede celular, lignina, microrganismos ruminais, digestibilidade.

Anatomy, Chemical Composition and Degradability of Maniçoba

Abstract – Aiming to relate the structural components of cell wall with its degradability, the chemical composition, the secondary compounds, the *in situ* degradability, anatomy and tissue degradability of hay of “maniçoba” (wild cassava) were evaluated. The stem showed cells with varied degrees of lignification, highlighting the presence of gelatinous fibers, pith parenchyma lignified and tick cell walls inside the xylem. The leaves were highlighted by the presence of a girder structure, which can influence the degradability; it is characterized by the great quantity of mesophyll, constituted by cells with thin walls, contributing for degradability of dry matter. Idioblasts with druses of oxalate were observed around the vascular tissues, in the midrib. It works like defense mechanisms of plant against herbivores and can affect the availability of minerals for animals. The “maniçoba” hay, in spite of its advanced maturity stage (early fruit development), present adequate chemical composition and low concentration of HCN and tannins. The limits mains to degradability are wall cell thickness and lignifications, particularly in tissue of stem. Additionally, several aspects here reported induce to the continuity of researches in several focuses and aim the improvement to use this specie as forage.

Index terms: Cell wall, lignin, ruminal microorganism, digestibility.

Introdução

A maniçoba é uma planta nativa da caatinga, pertencente à família Euphorbiaceae, e têm sido bastante estudada por apresentar boa palatabilidade e razoáveis níveis de proteína e digestibilidade.

Em uma revisão sobre a biologia e potencialidades para o melhoramento genético, Nassar (2000) cita 10 espécies de maniçoba, distribuídas em todo o semi-árido brasileiro.

Para sua utilização como forrageira, a maniçoba deve ser utilizada sob a forma de feno ou silagem, pois apresentam potencial tóxico reduzido durante sua confecção, e são alternativas alimentares estratégicas para os períodos de estiagem. A maniçoba deve ser cortada antes do início da frutificação, pois os nutrientes e a digestibilidade diminuem com o avanço do desenvolvimento da planta. Este fato está relacionado à anatomia dos órgãos vegetativos e sua influência sobre a digestibilidade da planta, determinada através do grau de lignificação e porcentagem dos tipos de tecidos que constituem o caule e a folha (Akin, 1989).

Os compostos secundários, taninos e glicosídeos cianogênicos desenvolvidos provavelmente como estratégia de defesa do vegetal contra predadores, podem interferir na nutrição animal, influenciando a ingestão e a digestibilidade das plantas forrageiras. Os taninos, conforme sua concentração, estrutura e peso molecular, afetam a digestibilidade da proteína por formarem complexos com proteínas da dieta (Barry & McNabb, 2000), podendo, ainda, reagir com polímeros de celulose, hemicelulose, pectina e minerais, não os disponibilizando para utilização pelos microrganismos. Os glicosídeos cianogênicos, presentes nos vacúolos celulares, quando hidrolisados pelas enzimas presentes na parede celular formam ácido cianídrico (HCN), o qual é formado quando o tecido da planta é desestruturado por ação mecânica (Guim et al., 2004).

Assim, a organização estrutural dos órgãos da planta influencia a ingestão pelo animal, através da facilitação na quebra das partículas da forragem a ser ingerida, considerando a

natureza destas partículas e, conseqüentemente, sua taxa de passagem pelo rúmen (Wilson, 1993).

De acordo com Wilson & Mertens (1995), as características físicas da parede celular determinam a pronta disponibilidade dos polissacarídeos para os microorganismos ruminais e, não somente a lignificação e sua composição química. Portanto, barreiras físicas, ditadas pelo arranjo das células ao longo do tecido, ou químico-estruturais, decorrentes da composição e arranjo dos componentes da parede celular, são determinantes no processo de digestão nos ruminantes (Deschamps, 1999).

Os estudos acerca da anatomia vegetal, relativos à digestibilidade, são de fundamental importância na determinação do valor nutritivo de uma determinada forrageira (Paciullo, 2002). O uso de técnicas microscópicas na avaliação da anatomia de forrageiras é uma importante ferramenta que auxilia na elucidação de fatores que influenciam a sua degradação pelos microrganismos do rúmen. Em estudos de microscopia são encontradas diferenças na anatomia da planta e dos gradientes de lignificação celular que afetam a digestibilidade entre espécies e partes da planta numa mesma espécie (Akin, 1989). Estes estudos auxiliam no direcionamento de futuras pesquisas quanto ao melhoramento de plantas mais digestíveis.

O objetivo deste estudo foi relacionar os aspectos da anatomia, composição química e degradabilidade *in situ* do feno de maniçoba com os aspectos relativos à degradabilidade de seus tecidos.

Material e Métodos

O feno de maniçoba foi produzido a partir de plantas em início de frutificação, oriundas de uma vegetação de caatinga em Ibimirim, Pernambuco. Foram coletadas as porções superiores e mais tenras das plantas, por isto, uma maior quantidade de folhas; os caules eram finos, lisos, e verdes, com espessura de até 1,0 cm de diâmetro,

aproximadamente. Este material foi picado em máquina forrageira e posteriormente exposto ao sol para secagem, por dois dias, o feno foi ensacado e armazenado em galpão coberto.

Uma amostra de maniçoba *in natura* e três sob a forma de feno, coletadas aleatoriamente, foram utilizadas para determinações da Matéria Seca (MS), Matéria Orgânica (MO), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e lignina, segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os cálculos para determinação da porcentagem de carboidratos totais CHOT (%) = $100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e carboidratos não fibrosos CNF (%) = $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%MM)$ seguiram Berchielli et al. (2006).

Os compostos secundários foram determinados no Laboratório de Bioquímica Vegetal do Departamento de Química/Química Agrícola UFRPE segundo metodologias da A.O.A.C. (1980), sendo os taninos determinados segundo o método de Folin-Denis, com adaptações descritas em Bezerra Neto (2006). De cada amostra foram retirados dois extratos para determinação de fenóis totais e com o uso de Polivinilpirrolidona (PVP), para a precipitação de taninos, foram determinados fenóis não tânicos, obtendo-se, por diferença, o teor de taninos.

A avaliação da digestibilidade *in situ* foi realizada utilizando-se três caprinos adultos com fistula permanente no rúmen, alojados em baia individual, recebendo duas refeições diárias, pela manhã e à tarde, composta por aproximadamente 0,3 kg de feno de maniçoba, 0,7 kg de feno de tifton, água e mistura mineral, à vontade, além de 0,15 kg de concentrado.

O período experimental foi de 11 dias, sendo sete para adaptação alimentar e quatro para incubação das amostras no rúmen. Para isso, amostras de 1,7 g, previamente moídas e passadas por peneira de 2 mm, foram depositadas em sacos de náilon, devidamente pesados e marcados, medindo 5 x 8 cm, com porosidade de 36 micras, obedecendo a relação de 20 a

25 mg de amostra cm². Os tempos de incubação foram de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, com duas repetições por tempo, em cada animal.

Os sacos, após sua retirada do interior do rúmen, foram imediatamente imersos em baldes contendo água e gelo visando a paralisação da atividade microbiana. Posteriormente, foram lavados em água corrente para a retirada do excesso de material do rúmen, sendo, então, congelados. Os sacos foram descongelados e lavados em máquina com baixa rotação, durante um minuto. Esse processo foi repetido até que a água de lavagem se mostrasse limpa.

Após a lavagem, os sacos foram colocados em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 55°C, por 72 horas. As amostras retiradas da estufa foram colocadas em dessecador por uma hora e pesadas. Após a secagem e pesagem, os resíduos foram submetidos à análise química para determinação da MS e FDN descrita em Silva e Queiroz (2002).

O desaparecimento da MS e FDN foram calculados pela diferença de pesagens dos sacos antes e após a incubação, com base na matéria seca. Os dados do desaparecimento foram ajustados pelo modelo proposto por Orskov & McDonald (1979) para expressar a degradabilidade dos alimentos: $p = a + b(1 - e^{-ct})$. Onde p é a degradabilidade potencial, a é a fração rapidamente solúvel considerada completamente degradada no rúmen, b é a fração insolúvel e expressa a fração que será degradada no tempo e , c a taxa de degradação na qual a fração descrita por b será degradada por hora e t o tempo de incubação.

As constantes a , b e c da equação exponencial foram utilizadas para calcular a degradabilidade potencial ($a + b$), representada pela quantidade de alimento que pode se solubilizar ou degradar dentro do rúmen se o tempo não for um fator limitante e a degradabilidade efetiva (DE) representar a quantidade de alimento realmente degradado. Para o cálculo da DE foi empregado o modelo matemático adaptado da equação desenvolvida por Orskov e McDonald (1979) e posteriormente modificada por McDonald

(1981): $DE = a + ((b * c) / (c + k))$, onde k representa a taxa de passagem do conteúdo ruminal por hora, sendo assumidos os valores de 2, 5 e 8% h^{-1} sugeridos pelo ARC (1984).

Para a avaliação da degradabilidade dos tecidos de feno de maniçoba pela biota ruminal, cinco segmentos de aproximadamente 2 cm de comprimento de ambos, lâmina foliar e caule, foram submetidas à digestão ruminal (caprino adulto fistulado) por um período de 48 horas. Cada segmento de folha, juntamente com um segmento de caule foram acondicionados em um tubo de silicone de 3,5x 1,0 cm envolto por tecido de náilon. Os cinco conjuntos foram acondicionados em uma sacola de náilon apropriada para ensaios de degradabilidade *in situ*. Utilizou-se esta forma de proteção a fim de evitar que a pressão exercida pelos movimentos do rúmen fragmentasse as amostras. Ao final do tempo de incubação, o material foi removido, fixado em F.A.A. 70% (Formol:Ácido acético:Etanol 70%, 5:5:90) no Laboratório de Fitomorfologia Funcional do Departamento de Biologia/Botânica da UFRPE. O estudo das amostras degradadas bem como a anatomia descritiva do caule e folha da maniçoba (amostras aleatórias) foi realizado utilizando imagens digitais de secções transversais e paradérmicas, obtidas com câmera digital, microscópio óptico e programa de análise de imagens, *Image Tool* (Wilcox et al., 2002). Foram feitas determinações da espessura da parede celular das células de esclerênquima (μm), espessura da cutícula (μm) e número e área transversal ocupada por fibras esclerenquimáticas (μm^2). As terminologias e classificações utilizadas neste estudo seguiram Metcalfe & Chalk (1988). As imagens digitais foram processadas usando Adobe Photoshop para melhorar o contraste, quando necessário, e inserir escalas e legendas nas figuras.

Resultados e Discussão

As médias relativas à composição química e compostos secundários do feno de maniçoba (Tabela 1) indicam a capacidade da técnica de conservação de forragem empregada para manter os nutrientes e reduzir o teor de HCN. No feno, os componentes químicos da parede celular, denominados fibra em detergente neutro (FDN), correspondem a menos de 50% da MS (Tabela 1), devido à expressiva quantidade de folhas em sua composição e uma maior ou menor quantidade de tecidos constituídos de células com paredes espessadas.

Tabela 1. Composição química (Matéria seca - MS, Matéria mineral - MM, Extrato etéreo - EE, Proteína bruta - PB, Fibra em detergente neutro - FDN, Fibra em detergente ácido - FDA, Lignina, Matéria orgânica - MO, Carboidratos Totais - CHOT, Carboidratos não fibrosos – CNF) e compostos secundários (Taninos e Ácido cianídrico – HCN) do feno de maniçoba (*Manihot* sp.).

Variáveis (%)	Maniçoba	
	Natural	Feno
MS	20,30	87,79
MM	6,69	9,95
EE	5,62	5,23
PB	13,66	16,06
FDN	43,00	42,82
FDA	30,92	30,80
Lignina	*	11,02
MO	93,31	90,05
CHOT	74,03	68,76
CNF	30,41	25,94
Compostos secundários		
Taninos % MS	1,58	1,87
HCN mg kg ⁻¹ MS	512,83	86,34

* Análise não realizada.

A FDN é maior no caule do que na folhas, visto que o caule contém mais tecidos de condução e fibras (Figuras 1A e 2A); estas células se caracterizam por apresentar uma parede secundária lignificada. A quantidade de lignina (Tabela 1) está concentrada, principalmente, nos tecidos do caule.

A quantidade de taninos encontrada (Tabela 1) interferiria na degradabilidade da PB, pois esta se apresenta em elevado teor no feno de maniçoba. De acordo com Tangendjaja & Wina (2000), o teor de taninos varia de 0-9% nas plantas forrageiras, segundo estes autores, o material estudado é classificado como de nível médio (1-4%). Embora o feno tenha apresentado teor médio de taninos (Tabela 1), este não é suficiente para influenciar seu valor nutritivo, nem causar danos ao animal. Segundo Barry & McNabb (2000), ovinos apresentaram reduções de consumo, digestibilidade e produção de lã ao consumirem dietas à base de *Lotus pendiculatus*, somente quando essas apresentaram de 8 a 10% de taninos condensados.

O HCN não tem relação direta com a degradabilidade do feno, mas poderia inibir a digestão, devido à sua toxicidade. A fenação promoveu uma redução de 83,2% no teor de HCN, semelhante à variação ocorrida com o processo de ensilagem da maniçoba encontrado por Matos et al. (2005). Portanto, o teor de HCN encontrado na maniçoba conservada é irrelevante para causar toxidez aos animais, visto que ela ocorre apenas quando o consumo é acima de 2,4 mg HCN kg⁻¹ PV, segundo Soares (2000).

As Figuras 1 e 2 (A, B, C e D) mostram a estruturação anatômica da folha e caule e de maniçoba (*Manihot* sp.), respectivamente.

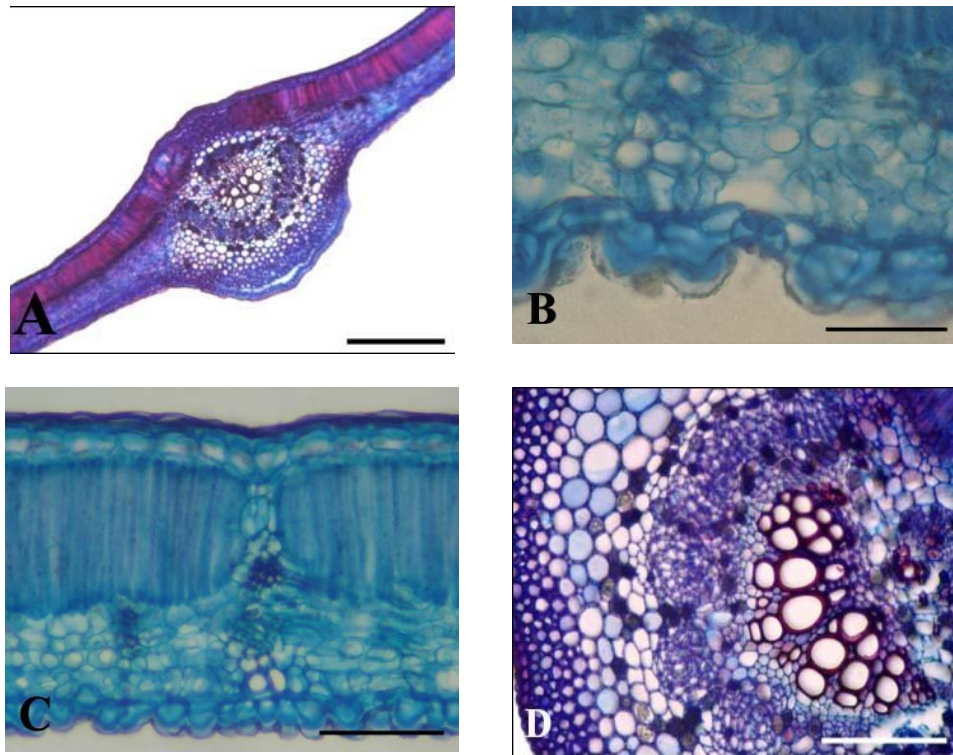


Figura 1. A-D. Folha (feno) de maniçoba (*Manihot* sp.). A. Vista transversal da nervura principal. B. Vista transversal do mesofilo – Estrutura Girder (seta). C. Detalhe dos estômatos em depressão na face abaxial. D. Detalhe do feixe vascular da nervura principal da folha. Barras: A-B = 100 μ m; C = 350 μ m; D = 150 μ m.

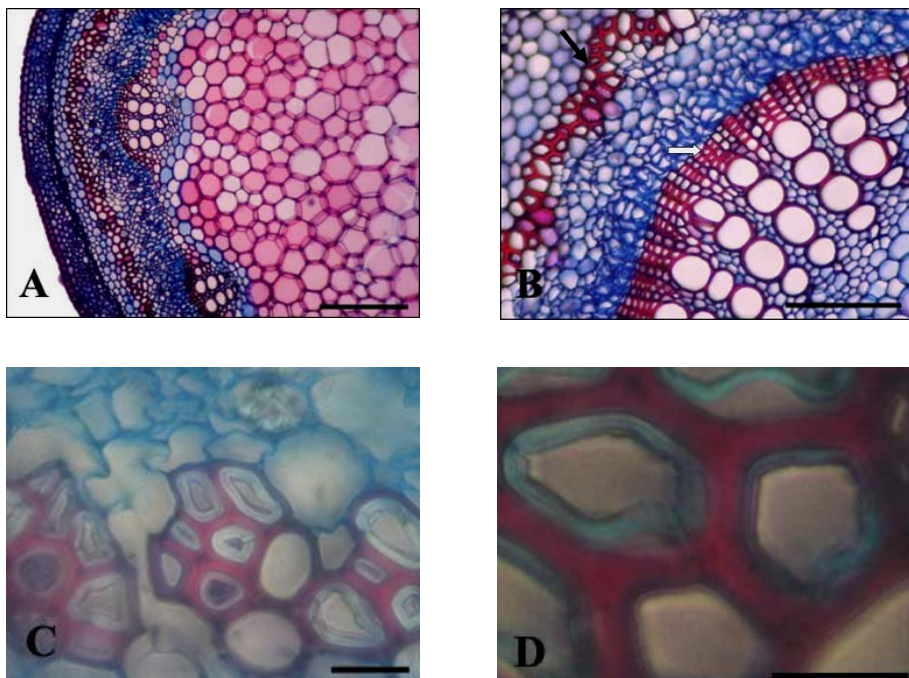


Figura 2. A-D. Vista transversal do caule (feno) de maniçoba (*Manihot* sp.). A. Aspecto geral do caule mostrando parênquima medular com células lignificadas. B. Detalhe do caule mostrando faixa de fibras gelatinosas (seta preta) e fibras do xilema (seta branca). C. Grupos de fibras gelatinosas. D. Detalhe das fibras gelatinosas mostrando espessamento lamelar em azul. Barras = A = 300 μ m; B = 150 μ m; C = 100 μ m; D = 40 μ m.

Diversos aspectos aqui apresentados são inéditos para a espécie, incluindo sua classificação anatômica semelhante a uma planta com via fotossintética C_3 (Figura 1 A), sendo, ainda, necessários estudos acerca dos ciclos de fixação do carbono a fim de determinar o tipo de metabolismo fotossintético desta espécie. Para Salisbury & Ross (1992), muitas espécies CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) podem ser encontradas na família das Euphorbiaceae, El-Sharkawy et al. (1989) sugeriram que a mandioca pode ser uma espécie de metabolismo intermediário C_3/C_4 . A anatomia das C_3 favorece sua ingestão e, conseqüentemente, sua digestibilidade, devido ao arranjo do mesofilo com mais espaços intercelulares do que em plantas C_4 , além de mais espaços entre os feixes vasculares.

Nas folhas da maniçoba o tecido esponjoso é formado por 4-5 camadas de células braciiformes e muitos espaços intercelulares (Figura 1 B). A presença da estrutura girder na lâmina foliar (Figura 1 C) é um significativo caractere taxonômico (Wilson, 1993). Esta estrutura auxilia na sustentação de feixes vasculares no interior do mesofilo, através da extensão de células da bainha (que podem ser lignificadas) em direção às epidermes; quanto maior o grau de lignificação destas células, maior será a dificuldade na sua degradabilidade. Além disto, conforme a quantidade destas estruturas na planta, a desagregação dos tecidos durante a mastigação pode ser limitado (Wilson, 1993).

Foram encontrados muitos idioblastos contendo em seu interior cristais de oxalato de cálcio, de diferentes tamanhos, principalmente na região da nervura principal das folhas no feno de maniçoba (Figura 1 D). A ingestão dos oxalatos presentes nas plantas pode levar o animal a distúrbios metabólicos, lesões nervosas e renais e, ainda, interferir na absorção de nutrientes essenciais no intestino, reduzindo sua biodisponibilidade. No feno de maniçoba, entretanto, pelo fato de estarem associados à fração de mais baixa digestibilidade da planta, o cálcio apresenta-se indisponível para o animal e os cristais de oxalato tendem a passar intactos pelo trato digestivo dos animais (Nicodemo e Laura, 2006). Contudo, tendo em

vista o percentual de matéria mineral (Tabela 1) do feno de maniçoba é importante que se determine o teor de ácido oxálico, a fim de ser averiguada a biodisponibilidade potencial de seus minerais.

As folhas, por serem constituídas por um grande percentual de tecidos com células que têm apenas uma parede primária sem lignificação (especialmente parênquima paliçádico e esponjoso), mostram maiores sinais de degradação. Cerca de 50% da espessura da lâmina foliar ocupada pelo mesofilo (Figura 1 C). Praticamente apenas as células de condução do xilema se mantiveram íntegras após a ação do líquido ruminal, após 48 horas. Alguns poucos fragmentos de parede das demais células que constituem as folhas puderam ser identificados, mas que não resistiram ao rompimento sob a ação da lâmina de barbear e/ou manuseio dos cortes durante a confecção das lâminas histológicas.

No caule, foram encontrados, 24 grandes elementos de condução e 112 fibras esclerenquimáticas com paredes espessadas e lignificadas ocupando uma área transversal de $475,91 \mu\text{m}^2$ (Figura 2 A e B). Destaca-se uma camada de fibras gelatinosas constituída por três estratos de células com parede secundária lignificada, $2,33 \mu\text{m}$ (Figura 2 C e D) e espessa camada lamelar $2,47 \mu\text{m}$, em direção ao lúmen. Numa área de $8.194,28 \mu\text{m}^2$ foram encontradas 21 fibras gelatinosas, indicando a ocupação média de uma destas células numa área de $0,22 \mu\text{m}^2$. Estas células apresentam características que permitem sua classificação como fibras gelatinosas, semelhantes àquelas definidas por Tomlinson (2003). Podem ser consideradas armazenadoras de água, como característica xeromórfica das plantas da caatinga, devido à marcante presença da celulose, que é hidrófila (Barbosa et al., 2007; Marcati et al., 2001).

Os segmentos caulinares mostraram maior fragmentação nas extremidades (Figura 3 A e B), onde o líquido ruminal penetrou mais facilmente no interior dos tecidos que o compõem. Além disso, a degradação é maior quando o acesso dos microrganismos aos tecidos é facilitado, evidenciando que as características físicas da parede celular são os

principais limitantes à degradabilidade de tecidos vegetais pelos microrganismos ruminais, enfatizando-se, portanto, a importância da mastigação e ruminação.

Considerando as fibras gelatinosas presentes no caule, a maior resistência à degradabilidade é consequência da espessura das camadas que compõem a parede secundária e não do grau de lignificação de uma delas, visto que a taxa de degradabilidade foi igual ($0,02 \mu\text{m h}^{-1}$) em ambas as camadas, as quais reduziram sua espessura em quase 50%, 1,44 e 1,27 μm , respectivamente, após 48 horas de incubação ruminal (Figura 3 C, D, E e F). Wilson & Mertens (1995) encontraram que paredes de espessura moderada, como em fibras de esclerênquima (2,4 μm), reduziram apenas 37,5% (0,9 μm), após 48 horas de incubação, aproximadamente a mesma taxa ($0,01875 \mu\text{m h}^{-1}$) encontrada aqui. As fibras gelatinosas mostraram sinais de degradação diferenciada nas regiões mais externas (Figura 3 C e E) e internas (Figuras 3 D e F) do fragmento caulinar.

As paredes celulares dos elementos de condução do xilema do caule apresentaram a espessura da parede secundária lignificada variando entre 2,38 e 2,66 μm , sem variações em decorrência da degradação após 48 horas em contato com o líquido ruminal.

As células do parênquima medular mostraram leve grau de lignificação, identificado através de coloração vermelha específica com floroglucinol (Figura 2 A), ocupando uma área de 2.159,64 μm^2 , apesar da parede delgada ($\cong 0,48 \mu\text{m}$) das suas células, não foi observada nenhuma alteração de degradação após 48 horas em contato com o líquido ruminal. De acordo com Wilson (1993), o parênquima pode contribuir, significativamente, para a indigestibilidade de gramíneas, em consequência do volume que ocupa e por serem capazes de desenvolver uma parede secundária espessa e lignificada. Adicionalmente, a proporção de lamela média entre as paredes primárias das células parenquimáticas da região medular, com algum grau de lignificação, age como um cimento envolvendo cada célula individualmente, fazendo com que a estrutura do tecido permaneça íntegra (Wilson, 1993).

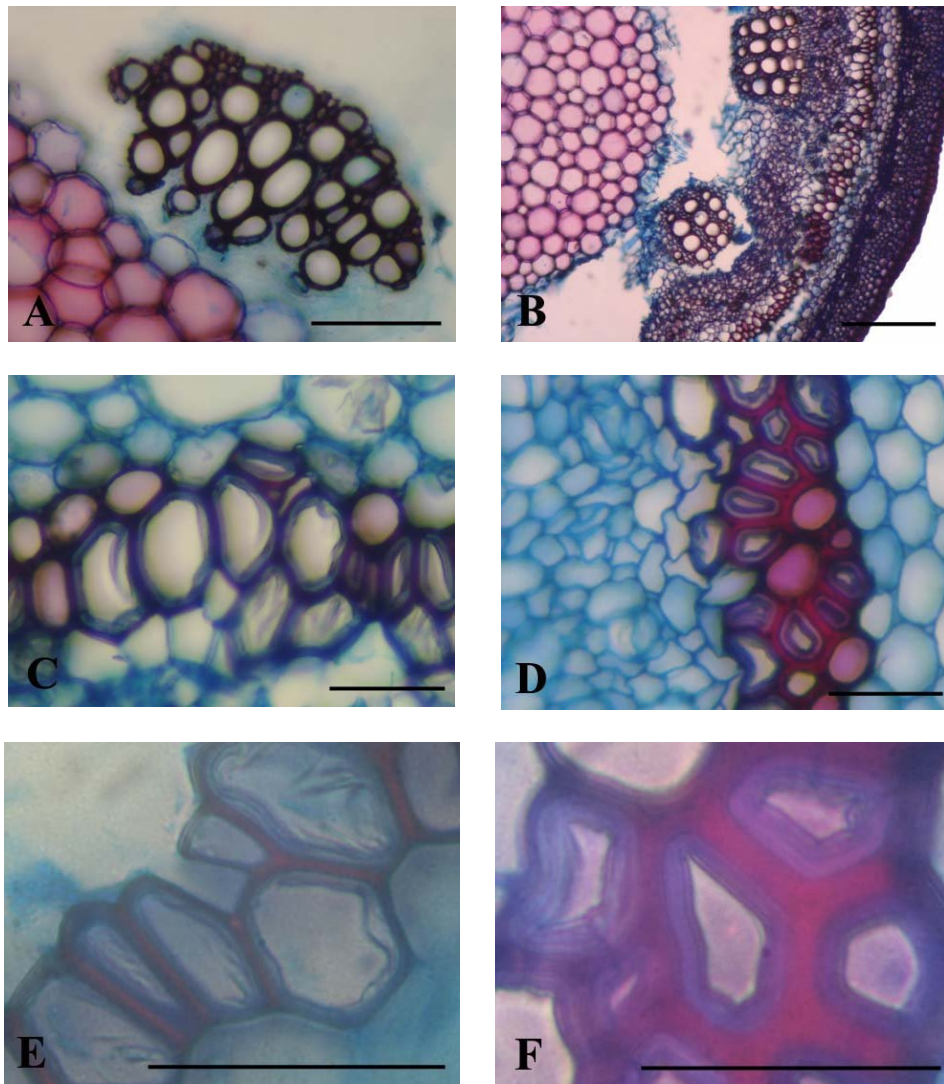


Figura 3. A-F. Vista transversal de fragmentos caulinares (feno) de maniçoba (*Manihot* sp), após 48 horas no rúmen. Extremidade (A, C e E) e área mais interna (B, D e F) do fragmento caulinar. A. Região mais externa de fragmento caulinar, mostrando ausência de floema e parênquima em torno do feixe vascular. B. Região mais interna, mostrando fragmentação de células corticais e em torno do feixe vascular. C e E. Fibras gelatinosas da extremidade do fragmento caulinar. D e F. Fibras gelatinosas da região mais interna do caule. Barras: A = 150 μm ; B = 350 μm ; C-F = 50 μm .

A espessura das paredes celulares, a sua proporção nos diferentes tecidos e a diversidade de arranjos químicos expressam a degradabilidade ruminal da matéria seca (Deschamps, 1994; Paciullo, 2002), ou seja, o quanto os tecidos podem perder, no interior do rúmen, em termos de identificação. Expressam, também, a degradabilidade de FDN, a qual está relacionada ao consumo do conteúdo da parede celular dos diferentes tecidos. No feno de maniçoba, a degradabilidade potencial da MS foi de quase 60% (Tabela 3),

justificada por uma boa participação de folhas em sua composição, as quais, apesar do seu estado de maturidade (início da frutificação), apresentam tecidos com paredes menos espessadas e pouca lignificação, na maioria deles (Figura 1 A). Este dado pode ser relacionado aos 58% de redução da camada lamelar das fibras gelatinosas, estendendo-se ou ampliando-se esta taxa para tecidos com igual ou menor espessura de parede, exceto xilema, o qual não mostrou redução.

A baixa degradabilidade de FDN (Tabela 3) pode ser atribuída, principalmente, à quantidade dos elementos de condução do xilema que, embora apresentem paredes de espessura moderada (Wilson & Mertens, 1995) não apresentaram redução, tanto no caule como nas folhas, devido ao elevado grau de lignificação de suas paredes. Nas extremidades do fragmento caulinar com pronto acesso aos microrganismos (Figura 3 A), observou-se a degradação das fibras esclerenquimáticas constituintes do feixe vascular, ficando intactos apenas os elementos de condução do xilema, talvez pelo mesmo motivo da ausência de degradabilidade encontrada no parênquima medular.

O desaparecimento de FDN e MS foi mais acentuado até, aproximadamente, 24 e 48 horas de incubação, respectivamente, com um discreto acréscimo nos tempos subsequentes (Tabela 2). Os parâmetros de degradação ruminal da MS e FDN do feno de maniçoba, a fração não degradada bem como os valores das degradabilidades potencial e efetiva são mostrados na Tabela 3.

Tabela 2. Valores médios do desaparecimento da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do feno de maniçoba (*Manihot* sp.) em função do tempo de incubação no rúmen de caprinos.

Horas de incubação	Desaparecimento (%)	
	MS	FDN
0	27,80 ± 2,36	-1,97 ± 0,00
6	36,85 ± 1,60	09,72 ± 5,30
12	39,82 ± 4,56	09,61 ± 0,43
24	48,97 ± 1,99	23,47 ± 6,89
48	52,37 ± 3,50	21,17 ± 1,58
72	54,60 ± 2,89	23,94 ± 4,05
96	55,29 ± 3,23	26,72 ± 3,61

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros da degradação nas frações: solúvel; potencialmente degradada; taxa de degradação; fração não degradada (ND); degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) a 2, 5 e 8% h⁻¹ da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do feno de maniçoba (*Manihot* sp.) incubado no rúmen de caprinos.

Parâmetros da degradação	Feno de maniçoba	
	MS	FDN
Fração solúvel (%)	27,47 ± 0,79	-0,85 ± 2,53
Fração potencialmente degradada (%)	30,52 ± 2,15	29,74 ± 4,25
Taxa de degradação (% h ⁻¹)	5,35 ± 2,05	4,42 ± 3,04
Fração ND	42,01 ± 1,50	71,12 ± 5,39
DP	57,99 ± 1,50	28,88 ± 5,39
DE		
2	49,35 ± 2,45	19,92 ± 2,49
5	42,96 ± 2,71	11,83 ± 2,76
8	39,50 ± 2,48	8,84 ± 2,27

Como esperado, segundo o ajuste dos dados relativos ao desaparecimento da MS e FDN pelo modelo proposto por Orskov & McDonald (1979) para expressar a degradabilidade potencial do feno de maniçoba, pode-se ver, claramente, a baixa degradabilidade da FDN do material estudado. A fração solúvel (*a*) da fibra em detergente neutro do feno de maniçoba foi inexistente, bem como a taxa de degradação da fração *b* (*c*). Já o valor da fração insolúvel potencialmente degradada (*b*) foi muito próximo à registrada para a MS. Porém, a fração *a* da MS do feno em estudo foi muito superior ao encontrado para a FDN, resultando em elevada fração não degradada desse último. Por outro lado, em consequência desse fato, registraram-se baixas degradabilidades da FDN, tanto da potencial e, principalmente, da efetiva, em todas as taxas de passagem avaliadas.

Conclusões

1. O feno de maniçoba possui adequada composição química e baixos teores de HCN e taninos.
2. Os principais limitantes à degradabilidade são o espessamento e lignificação das paredes celulares, especialmente nos tecidos do caule.
3. A degradabilidade da matéria seca do feno é atribuída a maior porcentagem de folhas em sua composição, devido a maior quantidade de delgadas paredes celulares não lignificadas.
4. A presença de fibras gelatinosas é um aspecto anatômico diferenciado e sua degradabilidade é influenciada pela espessura de suas paredes.

Referências

AKIN, D.E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**. v.81, p.17-25, 1989.

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, 1980. p.376-384.

ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock in Agricultural Research Council**. Suppl. 1. Farnham Royal: CAB, 1984.

BARBOSA, D.C.A.; BARBOSA, M.C.A.; LIMA, L.C.M. de. **Fenologia de espécies lenhosas da caatinga**. Disponível em: http://www.cepan.org.br/docs/publicacoes/livro_caatinga/21_caatinga_cap16_fenologia.pdf Acesso em: 20 jan. 2007.

BARRY T.N.; MCNABB W.C. The Effect of Condensed Tannins in Temperate Forages on Animal Nutrition and Productivity. **Tannins in Livestock and Human Nutrition**. Proceedings of an International Workshop, Adelaide, Australia ACIAR Proceedings, v. 92, p. 30-35, 2000.

BERCHIELLI, T. T, GARCIA, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal, Funep, 2006. pp. 397-418.

BEZERRA NETO, E. **Determinação de Fenóis Totais e Taninos Método de Folin-Denis**. Disponível em: <http://br.geocities.com/quimadeira/aptan.html>. Acesso em: 15 ago. 2006

DESCHAMPS, F.C. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína de alguns alimentos utilizáveis na alimentação de ruminantes. **Rev. Bras. Zootec.** v.23, p.898-908, 1994.

DESCHAMPS F.C. Implicações do Período de Crescimento na Composição Química e Digestão dos Tecidos de Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) **Rev. Bras. Zootec.** v.28, p.1358-1369, 1999.

GUIM, A.; MATOS, D.S.; SANTOS G.R. Estratégias Alimentares Para Caprinos e Ovinos no Semi-Árido. In: **SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS (SINCORGE)**, 1., Recife. **Anais**. Recife: UFRPE, 2004. pp. 83-113.

LARCHER, L.; BOEGER, M.R.T. Anatomia foliar de *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze (Acanthaceae). **Biotemas**. v.19, p.23-31, 2006.

França, A.A. Degradabilidade, Composição Química e Anatomia de Feno ...

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Rev Bras. Bot.** v.24, p.311-320, 2001.

MATOS, D.S.; GUIM A., BATISTA, A.M.V., PEREIRA, O.G.; Martins, V. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*Manihot epruinosa*). **Archives de Zootecnia.** v.54, p.619-629, 2005.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **J. Agric. Sci.** v.96, p.251-252. 1981.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons.** 2. ed. Vol. 1. Clarendon Press, Oxford, 1988. 276 pp.

NASSAR, N.M.A. Wild cassava, *Manihot* spp.: Biology and potentialities for genetic improvement. **Genetic and Molecular Biology.** v.23, p.201-212, 2000.

NICODEMO, M.L.F., LAURA V.A. **Elementos Minerais em Forrageiras: Formas Químicas, Distribuição e Biodisponibilidade.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 39 p.

ORSKOV, D.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science.** v.92, p.499-503, 1979.

PACIULLO, D.S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural.** v.32, p.357-364, 2002.

EL-SHARKAWY, M.A.; COCK, J.H.; PORTO, M.C.M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal.** v. 1. p.143-154, 1989.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. The photosynthesis-transpiration compromise. In: SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology.** 4.ed. California: Wadsworth, 1992. p. 66-92.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SOARES, J.G.G. **Avaliação da silagem de maniçoba.** Comunicado Técnico. No. 93. EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, PE, 2000. 3 p.

TANGENDJAJA, B.; WINA, E. Tannins and Ruminant Production in Indonesia. **Tannins in Livestock and Human Nutrition.** Proceedings of an International Workshop, Adelaide, Australia ACIAR Proceedings, v.92, p.40-43, 2000.

França, A.A. Degradabilidade, Composição Química e Anatomia de Feno ...

TOMLINSON, P.B. Development of gelatinous (reaction) fibers in stems of *Gnetum gnemon* (Gnetales). **American Journal of Botany**. v.90, p. 965-972, 2003.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação Ruminal. In: BARCHIELLE, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal : Funep, 2006. pp. 151-179.

WILCOX, D.; DOVE, B.; MCDAVID D.; GREER, D. **Image Tool**. University of Texas Health Science Center. San Antonio. Texas, 2002.

WILSON J.R. Organization of forage plant tissue. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D. R.; Hatfield, R. D.; RALPH, J. (Ed). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1993. pp. 1-32.

WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**. v.35, p.251-259, 1995.