



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**VALOR NUTRITIVO E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE  
VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA (*NOPALEA* sp. E *OPUNTIA* sp.)  
COM DIFERENTES NÍVEIS DE RESISTÊNCIA À COCHONILHA DO  
CARMIM (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE* COCKERELL)**

JANETE GOMES DE MOURA

RECIFE-PE

MAIO-2012

JANETE GOMES DE MOURA

**VALOR NUTRITIVO E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE  
VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA (*NOPALEA* sp. E *OPUNTIA* sp.)  
COM DIFERENTES NÍVEIS DE RESISTÊNCIA À COCHONILHA DO  
CARMIM (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE* COCKERELL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Área de concentração: Forragicultura).

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, D.Sc.

**Co-orientadores:** Prof<sup>ª</sup>. Geane Dias Gonçalves Ferreira, D.Sc.  
Prof. Mário de Andrade Lira, PhD.

RECIFE-PE

MAIO-2012

JANETE GOMES DE MOURA

**VALOR NUTRITIVO E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE  
VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA (*NOPALEA* sp. E *OPUNTIA* sp.)  
COM DIFERENTES NÍVEIS DE RESISTÊNCIA À COCHONILHA DO  
CARMIM (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE* COCKERELL)**

Dissertação defendida e aprovada em 28/05/2012 pela Banca Examinadora:

Orientadora:

---

Dr<sup>a</sup>. Mércia Virginia Ferreira dos Santos  
UFRPE

Examinadores (as):

---

Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior  
UFRPE

---

Dr<sup>a</sup>. Emília Cristina Pereira de Arruda  
UFPE

---

Dr<sup>a</sup>. Maria do Socorro de Caldas Pinto  
UEPB

RECIFE - PE  
MAIO-2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

M929v Moura, Janete Gomes de  
Valor nutritivo e características anatômicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) / Janete Gomes de Moura.  
-- Recife, 2012.  
97 f. : il.

Orientadora: Mércia Virginia Ferreira dos Santos.  
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2012.

Inclui referências e apêndice.

CDD: 636

1. Cactácea
  2. Degradabilidade
  3. Energia
  4. Epiderme
  5. Histologia
  6. *Nopalea*
  7. *Opuntia*
- I. Santos, Mércia Virginia Ferreira dos  
II. Título

## **DEDICO**

*Àqueles que fazem parte da minha vida (meus familiares) que sempre me incentivaram e aos meus amigos. Essa etapa não será a única, mas será um início de um caminho a seguir.*

## OFEREÇO

*A minha mãe Noêmia Maria da Silva Moura (in memorian), ao meu pai João Gomes de Moura, a minha irmã e madrinha Lêda Maria de Moura Gurgel, meus sobrinhos Hugo Gurgel e Daniel Gurgel pela contribuição no início e durante a vida acadêmica, a todos os meus irmãos, em especial Paulo César Moura, e a todos os meus amigos que sempre me incentivaram e apoiaram.*

## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

*Janete Gomes de Moura, natural de Vitória de Santo Antão-PE, com residência fixa no Sítio Mutuns de Chã Grande-PE, filha de João Gomes de Moura e Noêmia Maria da Silva Moura. Realizou o curso profissionalizante de Técnico em Agropecuária pelo IFPE-Campus de Vitória de Santo Antão-PE e de Magistério pela Escola Municipal XV de Março em Chã Grande-PE. Em 2005 ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e em 2007 no Curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas na mesma instituição.*

*Foi aluna voluntária do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIC), Monitora da Disciplina de Introdução à Zootecnia e bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) na Universidade Federal Rural de Pernambuco.*

*Em Dezembro de 2009 concluiu o curso de Zootecnia e de Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.*

*Em Março de 2010 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, concluindo o curso em Maio de 2012.*

## AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, por sempre estar ao nosso lado em todos os momentos, aos meus familiares, em especial a minha mãe, apesar de não estar aqui entre nós, ensinou-me as coisas da vida e me incentivou bastante para que eu sempre estudasse.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de formação profissional. Em especial, a todos os professores do Departamento de Zootecnia e dos demais Departamentos da UFRPE, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao CNPq, pela bolsa recebida, primordial na concretização dessa etapa e pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

A Professora Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pela orientação e ensinamentos recebidos.

A Professora Geane Dias Gonçalves Ferreira, pela co-orientação recebida e apoio marcante na condução das atividades em Garanhuns e em todos os momentos. Ao Professor Mário de Andrade Lira, pelo apoio e ensinamentos.

Ao Professor José Carlos Batista Dubeux Júnior, pela importante ajuda na realização das análises estatísticas.

A Professora Emilia Arruda, pelos esclarecimentos referentes à histologia de palma forrageira.

A Professora Lucia Maia Cavalcanti Ferreira, pelo incentivo inicial na busca de treinamento de pesquisa.

A todos os amigos e colegas de curso de pós-graduação, pelo convívio diário, pelos conselhos recebidos e pelo apoio durante as dificuldades dessa jornada.

Aos técnicos da Unidade Acadêmica de Garanhuns, em especial a Felipe Oliveira e Isabele Alencar, pela importante colaboração nas atividades desenvolvidas.

Aos bolsistas de Pós-doutorado Vicente Imbroisi e Marta Silva, aos alunos da Pós-graduação em Zootecnia da UFRPE Nalígia Gomes, Rosa Tavares, Paulo Márcio Leite, Ildja Queiroz e ao aluno da Pós-graduação da ESALQ Valdson Silva, pela ajuda recebida em diferentes momentos na elaboração da dissertação.

A todos os alunos do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio em diferentes momentos.

Aos alunos da Graduação em Zootecnia, Medicina Veterinária e aos alunos do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unidade Acadêmica de Garanhuns, pela colaboração na condução da pesquisa.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, em especial a Estação Experimental de Arcoverde, na pessoa de Dr. Djalma Cordeiro dos Santos, pelo apoio recebido para realização da pesquisa.

Aos componentes da Banca Examinadora, pelas importantes correções para melhoria da dissertação.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

<b>SUMÁRIO</b>	<b>Páginas</b>
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
RESUMO GERAL.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
INTRODUÇÃO GERAL.....	XVII
CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA.....	19
1. Origem e importância da Palma Forrageira.....	19
2. Valor nutritivo da palma.....	21
3. Cochonilha do carmim.....	22
4. Caracterização anatômica de palma forrageira.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO 2 - Composição química e degradação <i>in situ</i> dos tecidos de variedades de palma forrageira com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim ( <i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell).....	31
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão.....	39
Conclusões.....	63
Referências Bibliográficas.....	64
Apêndice.....	96
CAPÍTULO 3 - Digestibilidade <i>in vitro</i> e caracterização morfométricas de tecidos de variedades de palma forrageira com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim ( <i>Dactylopius opuntiae</i> , Cockerell).....	68
Resumo.....	68
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Material e Métodos.....	71
Resultados e Discussão.....	76
Conclusões.....	92
Referências Bibliográficas.....	93

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

1. Identificação e nível de resistência de variedades de palma forrageira avaliadas.....36
2. Valores médios percentuais (%) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) de variedades de Palma Forrageira do gênero *Nopalea* sp e *Opuntia* sp., conforme coleta.....46
3. Valores médios percentuais (%) de extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), e frações de carboidratos A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.....49
4. Valores médios percentuais (%) da fibra em detergente ácido (FDA), e das Frações de carboidratos A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C com variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp e *Opuntia* sp.....51
5. Valores médios estimados de carboidratos totais (%CHT), carboidratos não fibrosos (%CNF), nutrientes digestíveis totais (%NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável produtiva (EMp) com variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.....56

### CAPÍTULO 3

1. Identificação e nível de resistência de variedades de palma forrageira avaliadas.....73
2. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.....80
3. Características histológicas de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.....85
4. Características histológicas de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., em função da ordem dos cladódios.....90
5. Características histológicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.), conforme a ordem dos cladódios.....91

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 2

1. Dados pluviométricos mensais da Estação Experimental de Arcoverde-PE em 2010.....35
2. A= Cortes dos tecidos de seções transversais e vista paradérmica, B e C= Vistas frontais do segmento de cladódios da variedade Miúda (IPA 100004). A = Tempo Zero (A.1. Corte transversal: 1=Cutícula, 2=Epiderme, 3=Hipoderme e 4=Parênquima e A.2. Sistemas vasculares: 1=Drusas, 2=Floema, 3=Sistema radial e 4=Sistema axial do xilema), B = Tempo 24 horas de incubação (B.1. Epiderme e estômatos e B.2. Fibras), C = Tempo 48 horas (C.1. Epiderme e estômatos e C.2. Fibras). Barra= 50µm.....58
3. Cortes histológicos de duas variedades de palma forrageira. As imagens A, B e C representam a variedade do gênero *Opuntia* (IPA 20 - IPA100003) e as imagens D, E e F representam a variedade do gênero *Nopalea* (IPA Sertânia - IPA 200205). As linhas A e D apresentam cortes transversais (A1 e D1) e paralelo a epiderme (A2 e D2) antes da incubação *in situ*. As linhas B e E apresentam os cortes submetidos a 24h de incubação (B1, B2, E1 e E2) e as linhas C e F apresenta os cortes após 48h de incubação (C1, C2, F1 e F2). Barra = 50µm.....59
4. Cortes histológicos paradérmicos e transversais da região medular em relação a três estratos: A=Apical, B=Mediano e C=Basal da variedade F21 (IPA 200021). Barra= 50µm.....60
5. Células epidérmicas da variedade F21 (IPA 200021) após 24h de incubação *in situ* com lignificação da epiderme e cicatrizes - setas. Barra= 50µm.....61
6. Células epidérmicas e elementos de vaso da variedade Orelha de elefante mexicana (IPA 200016) após os períodos de 24 (A, B e C) e 48 horas (D, E e F) de digestão. Barra= 50µm.....62
7. Células epidérmicas com estômatos digeridos da variedade IPA 20 (IPA 100003) nos períodos de 24 horas (A) e 48 horas (B) após digestão nos estratos: Apical, Mediano e Basal. Barra= 50µm.....62

### CAPÍTULO 3

1. Dados pluviométricos mensais da Estação Experimental de Arcoverde-PE em 2010.....72

## RESUMO GERAL

A palma é um importante recurso forrageiro para região semiárida. No entanto, a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) é um inseto que vem causando prejuízos à cultura da palma na região nordeste do Brasil. Variedades tolerantes a praga são importantes alternativas para áreas de ocorrência do inseto. Assim, objetivou-se avaliar variedades de palma forrageira com diferentes níveis de resistência a *Dactylopius opuntiae*, quanto à composição química, estimativas de energia, cinética ruminal dos tecidos, digestibilidade *in vitro* e características anatômicas. O experimento foi instalado na Estação Experimental de Arcoverde-IPA e as análises químicas foram realizadas na Unidade Acadêmica de Garanhuns/UFRPE. As variedades estudadas foram seis do gênero *Opuntia* sp. (duas de alta resistência – Orelha de elefante mexicana e Orelha de elefante africana, uma de baixa resistência – F08 e três susceptíveis – IPA 20, Copena e Gigante) e quatro do gênero *Nopalea* sp. (três de alta resistência – Miúda, Orelha de onça e IPA Sertânia e uma de baixa resistência – F21). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram realizadas duas coletas (Janeiro e Dezembro de 2010), sendo coletados cladódios de diferentes ordens. Determinou-se a digestibilidade *in vitro* com adaptação do rúmen artificial (DAISY<sup>II</sup>). Os dados referentes à composição química foram analisados como medidas repetidas no tempo, sendo a coleta a repetição no tempo. A caracterização anatômica foi avaliada como parcela subdividida, incluindo como fator a ordem dos cladódios. Os teores de proteína bruta (PB) foram altos para todas as variedades e época de coleta (6,3% a 12,6%). No entanto, os teores de lignina (LIG) foram maiores nas amostras da segunda coleta para as variedades IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana e IPA 20, respectivamente. As variedades Miúda, Orelha de onça, IPA

Sertânia, Orelha de elefante mexicana e IPA 20 apresentaram maiores valores de carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF) e fração A+B<sub>1</sub>. Houve efeito de época de coleta (P<0,05) para os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) para a variedade IPA Sertânia. Os tecidos do colênquima e parênquima de todas as variedades foram completamente degradados após 24 e 48 horas de incubação *in situ*. Os teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) foram altos independente de variedades e época de coleta, variando de 79,0% a 90,9% para DIVMS e 82,0% a 92,3% para a DIVFDN. Houve efeito do período de coleta (P<0,05) para a caracterização anatômica da epiderme e hipoderme, com destaque para a variedade Orelha de elefante africana que obteve maior valor para a área da hipoderme de diferentes ordens (88999,0 µm<sup>2</sup>, 92462,0 µm<sup>2</sup> e 84836,0 µm<sup>2</sup>) e espessura da hipoderme (93,0 µm, 98,5 µm e 89,1 µm), independente da coleta e ordem dos cladódios. Para a área e espessura da epiderme as variedades Copena, IPA 20 e Gigante apresentaram maiores valores, tanto para as coletas quanto para a ordem dos cladódios. De modo geral, a composição química das variedades avaliadas apresentou diferença de pequena magnitude. A digestibilidade *in vitro* da MS e da FDN da palma foram altas, independente da variedade e do nível de resistência ao inseto. A resistência a cochonilha do carmim aparentemente não está relacionada à área e espessura da epiderme e hipoderme. Assim, recomendam-se estudos bioquímicos para verificar se a resistência de algumas variedades em relação a outras possa ser devido a alguma substância inibidora a patógenos, além do tipo de componente da parede celular que estas variedades possam apresentar.

## ABSTRACT

The prickly-pear cactus is an important forage resource for semiarid regions. However, carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) is an insect that causes losses in prickly-pear cactus production in Northeastern Brazil. Pest tolerant varieties are important alternatives for areas of occurrence of the insect. This work aimed to evaluate varieties of prickly-pear cactus with different levels of resistance to *Dactylopius opuntiae*. The following response variables were evaluated: chemical composition, energy, tissue ruminal kinetics, *in vitro* digestibility and anatomical characteristics. The trial was carried out at the 'Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA', Arcoverde-PE, and analyses were performed at 'Unidade Acadêmica de Garanhuns/UFRPE'. It was studied six varieties of the genus *Opuntia* sp. (two with high resistance to the plague carmine cochineal – 'Orelha de elefante mexicana' and 'Orelha de elefante africana'; a low resistance – 'F08' and three susceptible to the plague carmine cochineal – 'IPA 20', 'Copena' and 'Gigante') and four of the genus *Nopalea* sp. (three with high resistance – 'Miúda', 'Orelha de onça' and 'IPA Sertânia', and a low resistance to the plague – 'F21'). The experimental design used was a complete randomized block with four replications. Sampling occurred in two dates (January and December 2010), being collected cladodes from secondary, tertiary and quaternary orders. It was determined *in vitro* digestibility with rumen artificial adaptation (DAISY<sup>II</sup>). Data regarding the chemical composition were analyzed as repeated measures, considering sampling period as repetition in time. Anatomical characteristics were evaluated as a split plot, including as a factor the cladode order. The crude protein (CP) values were greater for all varieties and period (6,3% to 12,6%). However, the lignin was greater in samples collected in December for IPA Sertânia varieties, 'Orelha de elefante mexicana' and 'IPA 20'.

‘Miúda’, ‘Orelha de onça’, ‘IPA Sertânia’, ‘Orelha de elefante mexicana’ and ‘IPA 20’ showed greater values for total carbohydrates (CT), non fiber carbohydrates (NFC) and fractions A+B<sub>1</sub>. There was effect of sampling time (P<0,05) for the total digestible nutrients (TDN), digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) to the ‘IPA Sertânia’ variety. Collenchyma and parenchyma tissues of all varieties were completely degraded after 24 and 48 hours of *in situ* incubation. High levels of *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD) and *in vitro* digestibility of neutral detergent fiber (IVNDFD) were found for all varieties and sampling time, ranging from 79,0% to 90,9% for IVDMD and 92,3% to 82,0% for IVNDFD. There was time effect (P<0,05) for the anatomical characterization of the epidermis and hypodermis, with highest values for ‘Orelha de elefante africana’ to hypodermis of different orders (88999,0 µm<sup>2</sup>, 92462,0 µm<sup>2</sup>, and 84836,0 µm<sup>2</sup>) and hypodermis thickness (92,9 µm, 98,5 µm and 89,1 µm), regardless of the order of collection and cladodes. For the area and thickness of epidermis, ‘Copena’, ‘IPA 20’ and ‘Gigante’ showed higher values for sampling time and order of the cladodes. Generally, chemical composition of prickly-pear cactus to varieties evaluated differs in small magnitude. The *in vitro* digestibility of DM and NDF were high, regardless of the variety and level of insect resistance. The resistance to the insect cochineal carmine is apparently not related to the area and thickness of epidermis and hypodermis. Thus, it is recommended biochemical studies to verify if the great level of resistance of some varieties is related to pathogen inhibiting substance or type of cell wall component.

## INTRODUÇÃO GERAL

A região semiárida do Nordeste do Brasil é caracterizada por apresentar chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano, conseqüentemente provocando longos períodos de estiagem. O déficit hídrico é o maior entrave para ocupação na região semiárida, pois afeta a produção de alimentos, tanto para os animais quanto para a população que nela habita. Uma das alternativas para alimentação animal é o uso da palma forrageira, considerada importante fonte de forragem por se adaptar bem às condições adversas do semiárido, devido às suas características morfofisiológicas que a tornam resistente, além de manter elevada persistência do valor nutritivo ao longo do ano.

A palma forrageira apresenta elevado teor de minerais, carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais, tornando-se uma importante fonte energética para os ruminantes. Por outro lado, apresenta baixos teores de matéria seca, fibras e proteína bruta, sendo a baixa quantidade de matéria seca compensada pela grande quantidade de água, uma vez que, o principal problema das regiões áridas e semiáridas é a escassez deste nutriente essencial à vida tanto vegetal quanto animal.

Na região semiárida de Pernambuco são cultivadas duas espécies de palma forrageira, a *Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck. Alguns palmais vêm sendo devastados pela cochonilha do carmim desde o ano de 2000, fazendo com que as variedades susceptíveis a esta praga não consigam alcançar seu potencial produtivo, com isso ocorrendo um decréscimo na produção. Para o controle da praga vêm sendo testados vários métodos, mas nenhum tão eficaz quanto à utilização de variedades resistentes. O uso de inseticidas não é uma prática ecologicamente recomendada, uma vez que acarreta danos ao meio ambiente e também aos inimigos

naturais. A utilização de variedades resistentes ao inseto é importante pelas questões ambientais, uma vez que contribui para manutenção do equilíbrio ambiental. Entretanto, é necessário avaliar características anatômicas, físicas e bioquímicas que fazem com que uma variedade seja resistente, em relação à outra.

As características anatômicas relacionadas ao estudo anatômico dos tecidos podem ser realizadas para se fazer correlações entre a resistência a pragas e a digestibilidade da planta, podendo ser útil no processo de seleção de variedades. O conhecimento detalhado do valor nutritivo de variedades resistentes a cochonilha do carmim é primordial para o uso adequado desses materiais na alimentação animal. A avaliação dessas variedades é de extrema importância para o programa de melhoramento de plantas forrageiras por lançar variedades resistentes, com adequada caracterização da qualidade das variedades, além de boa produção de forragem.

Diante do exposto, esta dissertação teve como objetivo identificar e caracterizar o valor nutritivo e anatômico de variedades de palma do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., com diferentes níveis de resistência a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), no semiárido de Pernambuco, em duas épocas de coleta.

# CAPÍTULO 1

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1. Origem e importância da Palma Forrageira

A palma forrageira pertence à Divisão: Angiosperma, Classe: Eudicotiledoneas, Ordem: Caryophylliales e família: Cactaceae (With et al., 2009). Segundo Silva & Santos (2006), nessa família existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas.

Há relatos que a introdução da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) no Brasil, provavelmente ocorreu no período colonial, sendo que a data da sua introdução ainda permanece obscura, tendo várias versões na literatura, e a maior parte não baseada em estudo historiográfico mais rigoroso (Simões et al., 2005). De acordo com Lira et al. (2006), a palma forrageira, provavelmente, foi introduzida no Rio de Janeiro pelos portugueses, com vistas a quebrar o monopólio Espanhol sobre o vermelho carmim produzido no México. Sabe-se que a palma forrageira é uma cultura originária do México, sendo hoje encontrada em várias partes do globo (Silva et al., 2008).

O uso da palma forrageira é bem diversificado globalmente, sendo utilizada na alimentação humana, proteção e conservação do solo, produção de produtos medicinais, artefatos, ornamentação e indústria cosmética (Reis, 2009). Segundo Santos et al. (2006), na região semiárida do Nordeste, a palma é utilizada como base da alimentação do rebanho leiteiro, na maior parte do ano, sendo dois tipos de palmas forrageiras utilizadas, a *Opuntia ficusindica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck, por serem culturas adaptadas às condições edafoclimáticas locais e apresentarem alta produção por unidade de área.

A região semiárida brasileira é caracterizada por apresentar índices pluviométricos irregulares, com períodos de estiagens prolongados, má distribuição de

chuva e evapotranspiração elevada durante a maior parte do ano, com isso, acarretando em prejuízos qualitativos e quantitativos, no que se refere à produção de forragens, conseqüentemente afetando a produtividade e desempenho animal na época crítica do ano, principalmente pela limitação das fontes protéicas e energéticas disponíveis, sendo necessário que os animais sejam suplementados, fazendo com que os custos de produção sejam elevados (Bispo et al., 2007). Assim, a palma forrageira no semiárido do Nordeste brasileiro representa importante fonte alimentar para os animais, apresentando alta palatabilidade, fornecendo energia e água durante o período de estiagem (Santos et al., 2010).

As características morfofisiológicas dessas espécies e seu mecanismo fotossintético CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), que é caracterizado pela abertura dos estômatos no período da noite para fixação do CO<sub>2</sub> e fechamento durante o dia para economia de água, as tornam bem adaptadas às condições do semiárido. Por exemplo, uma planta CAM gasta de 50 a 100g de água para cada grama de CO<sub>2</sub> fixado, comparado com valores de 250 a 300g e 400 a 500g para plantas C<sub>4</sub> e C<sub>3</sub>, respectivamente (Taiz & Zeiger, 2004).

Estima-se existirem atualmente no Nordeste aproximadamente 500 mil ha cultivados com palma, constituindo-se numa das principais forrageiras para o gado leiteiro na época seca (Lira et al., 2006), sendo a área plantada aumentada nos anos mais secos.

Pela elevada eficiência no uso da água e produções anuais de até 20 toneladas de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Santos et al., 2000) em condições de sequeiro (Dubeux Júnior et al., 2010), a palma forrageira é uma importante alternativa para alimentação animal na região semiárida. Conforme Santos et al. (2010), o uso da palma forrageira é de grande importância na região semiárida, uma vez que a água presente na palma torna-se

quase que suficiente para atender as necessidades dos animais, no que se refere à ingestão de água.

## **2. Valor nutritivo da palma**

A composição química da palma varia conforme a época do ano, idade da planta, ordem do artigo, cultivar, manejo de adubação, espaçamento de plantio, entre outros fatores (Dubeux Júnior et al., 2010). A palma forrageira apresenta nos seus cladódios ou raquetes, caules modificados que funcionam como folhas e caule, e as seguintes características bromatológicas: alto teor de umidade; baixos teores de fibra e de proteína; altos teores de carboidratos não fibrosos; e alta digestibilidade (Lira et al., 2011).

Segundo Ferreira et al. (2003), a palma apresenta baixos teores de matéria seca ( $11,7 \pm 2,6\%$ ), proteína bruta ( $4,8 \pm 1,2\%$ ), fibra em detergente neutro ( $26,8 \pm 5,1\%$ ), fibra em detergente ácido ( $18,8 \pm 3,2\%$ ) e teores consideráveis de matéria mineral ( $12,0 \pm 4,7\%$ ). Torres et al. (2009) verificaram variação na composição química de variedades de palma, tendo a Miúda apresentado 10,3% de MS, 5,5% de PB, 12,6% de MM, 37,3% de FDN, 20,2% de FDA, 2,2% de EE, 79,7% de CHT e 42,4% para CNF. Para palma Gigante observou-se 9,9% de MS, 4,0% de PB, 2,5% de EE, 9,7% de MM, 36,5% de FDN, 16,9% de FDA, 83,8% de CHT e 47,3% para CNF.

A composição química da palma forrageira apresenta alguns aspectos que podem ser considerados limitantes, como deficiência de proteína bruta (Santos et al., 1992), baixo teor de matéria seca (Wanderley et al., 2002) e reduzida quantidade de fibra (Santos et al., 2010).

Batista et al. (2009), trabalhando em Arcoverde-PE, determinaram a composição química e degradabilidade ruminal de oito cultivares de palma (Gigante, Miúda, Chile 1317, Argelian 1267, IPA-20, IPA-90-92, IPA-90-155 e Additional 1258). Foi

observado que os teores de fibra em detergente neutro não diferiram entre todas as cultivares, com média de 249 g·kg<sup>-1</sup>. Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) variaram de 148 g·kg<sup>-1</sup> a 207 g·kg<sup>-1</sup> e os teores de proteína bruta foram inferiores a 50 g·kg<sup>-1</sup>, com algumas diferenças significativas entre as variedades.

A palma forrageira é caracterizada por apresentar altos teores de carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais (Carvalho et al., 2005), que é a principal fonte de energia disponível para fermentação microbiana. Para digestibilidade *in vitro* Santos et al. (1990), trabalhando com três variedades de palma forrageira, registraram valores de 77,4%, 75,1 e 74,1% para as variedades miúda, gigante e redonda, respectivamente.

Por ser classificada como um alimento energético, a palma forrageira pode suprir a escassez de alimentos energéticos em certo período do ano, sendo fundamental seu uso com a associação de uma fonte de fibra para o bom funcionamento ruminal, bem como a homeostase animal, sem que interfira na produtividade.

### **3. Cochonilha do carmim**

No Nordeste do Brasil, embora haja registros de doenças, os problemas são pequenos e localizados.

Com relação ao ataque de pragas, duas espécies de cochonilhas são os principais problemas: a cochonilha de escamas (*Diaspis echinocacti* Bouché), um inseto da ordem Hemiptera e família Diaspididae, conhecida vulgarmente por escama, piolho ou mofo da palma, e a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), pertencente à ordem Hemiptera, família Dactylopiidae (Santos et al., 2011).

A cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) é uma praga que vem acarretando maiores prejuízos aos produtores, por atacar os palmais. O inseto se alimenta da seiva das raquetes, levando ao amarelecimento e queda dos cladódios

destruindo plantações inteiras em municípios dos estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Segundo Lopes et al. (2009a), essa praga está presente nos Estados de Pernambuco e Paraíba desde 2001 e vem comprometendo seriamente o cultivo da palma gigante em mais de cinquenta municípios paraibanos.

O inseto, provavelmente chegou ao Brasil juntamente com a palma, quando introduzida. Na região nordeste, passou a constituir praga a partir dos anos 60, sendo pela primeira vez assinalada no município de Sertânia (PE), porém a partir de 2001 é que vem devastando os palmais no nordeste brasileiro, e se constitui atualmente como a principal praga da “palma forrageira” no semiárido nordestino (Santos et al., 2006). Segundo Lopes et al. (2009b), há uma estimativa que a cochonilha já tenha destruído mais de 100 mil hectares de lavoura da palma nos Estados de Pernambuco, Paraíba e, em menor escala, no Rio Grande do Norte e no Ceará. Os danos causados por esta espécie é uma clorose em cladódios e frutos, que debilita a planta e favorece a infecção por agentes fitopatogênicos, assim provocando sua abscisão prematura (Vanegas-Rico et al., 2010).

A cochonilha do carmim corresponde às diversas espécies do gênero *Dactylopius* da família *Dactylopiidae*, que produzem o corante carmim. Estas espécies vivem em cactáceas do gênero *Nopalea* e *Opuntia* e podem se transformar em praga, caso a cultura não seja conduzida tecnicamente ou se forem disseminadas livremente nas plantas cultivadas (Warumby et al., 2005). O principal meio de propagação é quando levadas pelo homem sobre os cladódios de uma área para outra ou acidentalmente presas a roupa ou ao corpo de animais de transporte (Santos et al., 2006).

Em algumas regiões do nordeste brasileiro, alguns palmais encontram-se em processo de degradação devido ao ataque da cochonilha do carmim (*Dactylopius*

*opuntiae* Cockerell). Assim, buscam-se alternativas viáveis e sustentáveis para o controle desta praga, como exemplo, a utilização de variedades de palma forrageira, mais resistentes ao ataque desta praga.

Segundo Cavalcanti et al. (2001), o controle desse inseto pode ser mecânico, químico, biológico e genético, com uso de variedades resistentes. Trabalhos de seleção de clones visando resistência à cochonilha do carmim, (Santos et al., 2008; Vasconcelos et al., 2009 ) identificaram que a cultivar Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck) e a cultivar Orelha de elefante mexicana (*Opuntia strica* - Haw.), apresentam resistência à praga. Vasconcelos et al. (2009) avaliaram 20 clones de palma forrageira com plantio de cladódios de terceira ordem com aproximadamente 2 anos de idade. Foi observada maior resistência à cochonilha do carmim para o clone Orelha de elefante africana e Miúda, em relação às outras variedades (Gigante, Redonda, Clone IPA-20, IPA - 90 – 18, IPA - 90 – 73, IPA - 90 – 75, IPA - 90 – 92, IPA - 90 – 106, IPA - 90 – 111, IPA - 90 – 115, IPA - 90 – 156, 1258 - Additional C.V., 1278 - Mexico Fodder, 1278 - Mexico Fodder, 1294 - Mexico Vegetable, 1311 - Marmillon Fodder, 1317 - Chile Fruit, e 1327 - Marmillon Fodder). Os autores observaram cladódios com pouca ou nenhuma infestação de cochonilha do carmim, principalmente devido à menor fixação dos insetos no cladódio, não conseguindo se reproduzir, sendo indicado que a resistência de algumas variedades ao inseto pode ser explicada pela espessura da epiderme.

#### **4. Caracterização anatômica de palma forrageira**

No Brasil, poucos são os trabalhos anatômicos e morfológicos desenvolvidos sobre a família Cactaceae, especialmente no que diz respeito à região Nordeste (Silva et al., 2010).

De acordo com Carvalho & Pires (2008), a organização estrutural ou anatômica dos órgãos das plantas e seus tecidos constituintes influenciam também na digestibilidade da parede celular, proporcionando maior ou menor acessibilidade de seus polissacarídeos aos microrganismos do rúmen.

Segundo Ting & Szarek (1975), a superfície fotossintética das plantas CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) se caracteriza por espessuras de cutícula e epiderme, protegendo contra o ataque de inimigos naturais, além de não permitir fixação e reprodução de pragas em sua superfície. Scheinvar & Olalde (2011) afirmam que as que melhor são adaptadas às condições xerofíticas apresentam estômatos superficiais, e as espécies originadas provavelmente em regiões menos áridas são mais profundos, todos fechados durante o dia e abertos durante a noite.

Silva et al. (2010) estudaram aspectos anatômicos de quatro variedades de palma forrageira (F21 (IPA-200021), Gigante (IPA-100001), IPA 20 (IPA-100003) e Orelha de elefante africana (IPA-200174)), no Agreste pernambucano, e observaram que todas as variedades possuíam paredes celulares espessas, provavelmente em função da maior lignificação da parede secundária. Os autores registraram que a variedade Orelha de elefante africana foi a que apresentou maior espessura de cutícula e epiderme, com 39,2 e 220,5  $\mu\text{m}$ , respectivamente, diferenciando-se das demais. Concluindo que possivelmente a epiderme pode ser a principal barreira anatômica contra o ataque de pragas.

Vasconcelos (2011), estudando alguns clones de palma forrageira (Orelha de elefante mexicana, IPA Sertânia e Gigante), avaliando a resistência à cochonilha do carmim na fase de plântula, provenientes do cultivo *in vitro*, observou que a espessura da epiderme (40,50  $\mu\text{m}$  e 49,00  $\mu\text{m}$  para a *Nopalea cochenillifera* e *Opuntia ficus indica*, respectivamente) foi bem inferior aos encontrados por outros autores,

trabalhando com plantas provenientes do campo. Bobich & Nobel (2001) estudaram quatro espécies de *Opuntia* cultivadas no deserto de Sonora nos Estados Unidos e observaram espessura da epiderme variando entre 91 a 125  $\mu\text{m}$ . Silva et al. (2001) estudaram 10 espécies de palma (P86, P94, P98, P48, P49, *O. pumila*, *O. streptacantha*, *O. hyptiacantha*, *N. cochinillifera* e *O. ficus indica*) com idade de três anos, e observaram espessura de cutícula variando de 146,1 a 209,1  $\mu\text{m}$  na região Norte e 142,7 a 209,5  $\mu\text{m}$  na região Sul para a espécie *N. cochinillifera* e *O. pumila*, respectivamente, provenientes de um banco de germoplasma do México. Segundo Scheinvar & Olalde (2011), deve-se levar em conta o comprimento e a largura das células epidérmicas, a largura da hipoderme e o diâmetro dos vasos e a espessura das paredes das células da epiderme, consideradas importantes características anatômicas quantitativas do sistema dérmico.

Vale ressaltar que, conforme Silva et al. (2010), a estrutura anatômica da epiderme da palma forrageira, através da descrição morfológica e morfométrica, poderá esclarecer mecanismos importantes para a seleção de materiais mais resistentes a pragas como a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*).

É necessário conhecer os efeitos diretos e indiretos e as correlações entre a composição química e características anatômicas para identificação de particularidades que podem influenciar na digestibilidade. As plantas adaptadas a ambientes secos podem, em geral, apresentar as células da epiderme com paredes espessas, apresentando uma cutícula espessa que auxiliariam o vegetal na redução da transpiração cuticular. Outra característica marcante nas cactáceas são os tricomas, que podem ser utilizados como uma forma de evitar a transpiração excessiva (Castro et al., 2009).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B. et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in northeast Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, p.297-301, 2009.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.
- BOBICH, E. G.; NOBEL, P. S. Biomechanics and anatomy of cladode junctions for two *Opuntia* (Cactaceae) species and their hybrid. **American Journal of Botany**, v.88, p.391-400, 2001.
- CARVALHO, M. C.; FERREIRA, M. A.; CAVALCANTI, C. V. A. et al. Associação do bagaço de cana-de-açúcar, palma forrageira e uréia com diferentes suplementos em dietas para novilhas da raça holandesa. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.27, n.2, p.247-252, 2005.
- CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, p.13-28. 2008.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: Estrutura e funções de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, p.234, 2009.
- CAVALCANTI, V. A. L. B.; SENA, R. C.; COUTINHO, J. L. B. et al. **Controle das cochonilhas da palma forrageira**. Boletim IPA Responde, n. 39, p.1-2, 2001.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p.129-135, 2010.
- FERREIRA, C. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, D. C. et al. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1560-1568, 2003.
- LIRA, M. A.; SANTOS, S. D.; SILVA, M. C. et al. Genética e melhoramento da palma forrageira. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. **Anais...** Garanhuns-PE, 2011. (CD-ROM).
- LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) - Ênfase em manejo. ZOOTEC 2006. **Anais...** In: Recife, Pernambuco. 2006. (CD-ROM).
- LOPES, E. D.; BRITO, C. E.; ALBUQUERQUE, I. C. et al. Desempenho do óleo de laranja no controle da cochonilha do carmim em palma gigante. **Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.252-258, 2009a.

- LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; BRITO, C. H. et al. Velocidade de infestação e dispersão de *Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1896 em palma gigante na Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.196-205, 2009b.
- REIS, M. B. A. **Análise comparativa de proteínas expressadas sob estresse hídrico em palma forrageira (*Opuntia* e *cochenillifera*)**. 2009. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Genômicas e Biotecnologia) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2009.
- SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Instituto Agrônomico de Pernambuco, 48p. (Documentos, 30). 2006.
- SANTOS, D. C.; LIRA, M. A., SILVA, M. C. et al. Características agronômicas de clones de palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2008. (CD-ROM).
- SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; DIAS, F. M. et al. Produtividade de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 2, 2000, **Anais...** SNPA, p.121-123. 2000.
- SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; SILVA, D. M. P. Convivência com a cochonilha do carmim em palma forrageira no Estado de Pernambuco. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. **Anais...** Garanhuns-PE, 2011. (CD-ROM).
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Palma Forrageira. In: FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Ed.) **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, p.459-493, 2010.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. et al. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.6, p.777-783. 1992.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (*Opuntia ficus-indica* Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) na produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SCHEINVAR, L; OLALDE, G. Conhecimento anatômico das cactáceas. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. **Anais...** Garanhuns-PE, 2011. (CD-ROM).
- SILVA, A. M. A.; SANTOS, J. J.; COSTA, W. D. et al. Efeito do espaçamento e forma de plantio sobre a palma forrageira “*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck” no semi-árido alagoano. In.: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 36., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2008. (CD-ROM).

- SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma Forrageira (*Opuntia Ficus- Indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária (REDVET)**. v.3, n. 10, 2006.
- SILVA, H.; ACEVEDO. E.; SILVA, P. Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, v.74, p.341-351, 2001.
- SILVA, M. G. S.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ASSIS, L. C. S. L. C. et al. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p.118-122. 2010.
- SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil p. 13. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p.258, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 720p, 2004.
- TING, I.P.; SZAREK, S.R. **Drought adaptation in crassulacean acid metabolism plants**. In: Halley N (ed) Environmental physiology of desert organisms: 1-358. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 1975.
- TORRES, L. C. L.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A. et al. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.
- VANEGAS-RICO, J. M.; LOMELI-FLORES, J. R.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E. et al. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. **Acta Zoologica Mexicana**, 26, n.2, p.415-433, 2010.
- VASCONCELOS, A. G. V. **Resistência à cochonilha do carmim em clones de palma forrageira**. 2011. 70f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 70p, 2011.
- VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.
- WARUMBY, J. F.; ARRUDA FILHO, G. P.; CAVALCANTI, V. A. L. B. et al. Pragas da palma p. 71-72. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 258p, 2005.

WITH, M. C.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 17p, 2009.

## CAPÍTULO 2

### Composição química e degradação *in situ* dos tecidos de variedades de palma forrageira com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim

(*Dactylopius opuntiae* Cockerell)<sup>1</sup>

**Resumo** - A cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) é um inseto da ordem Homóptera que vem causando prejuízos à cultura da palma na região Nordeste do Brasil. Os esforços de pesquisas resultaram na utilização de variedades tolerantes a esta praga. Diante disto, objetivou-se avaliar variedades com diferentes resistências à *Dactylopius opuntiae*, quanto à composição química, estimativas de energia e cinética ruminal dos tecidos. As variedades de palma estudadas foram seis do gênero *Opuntia* sp. (duas de alta resistência – Orelha de elefante mexicana e Orelha de elefante africana, uma de baixa resistência – F08 e três susceptíveis – IPA 20, Copena e Gigante) e quatro do gênero *Nopalea* sp. (três de alta resistência – Miúda Orelha de onça e IPA Sertânia e uma de baixa resistência – F21). Avaliou-se amostras de duas coletas (período chuvoso e período seco) quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), além de estimativas de energia, fracionamento dos carboidratos e degradabilidade ruminal dos tecidos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Destaca-se que os teores de PB foram altos para todas as variedades e época de coleta. No entanto, os teores de lignina foram maiores nas amostras da segunda coleta (Dezembro de 2010) e para as variedades IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana e IPA 20, respectivamente. As variedades Miúda, Orelha de onça, IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana e IPA 20 apresentaram maiores valores de CHT, CNF e fração A+B<sub>1</sub>. Houve efeito da época de coleta (P<0,05) para os valores de NDT (nutrientes digestíveis totais), ED (energia digestível) e EM (energia metabolizável) para a variedade IPA Sertânia. O colênquima e o parênquima de todas as variedades foram completamente degradados após 24 e 48 horas de incubação *in situ*. De maneira geral, a composição química das variedades apresentou diferenças de pequena magnitude. A

---

<sup>1</sup> Artigo elaborado segundo as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.

resistência à degradação da epiderme e das fibras de variedades de palma pode indicar um fator positivo ao aumento da resistência a insetos de cultivares de palma.

**Termos para indexação:** cinética ruminal, colênquima, epiderme, matéria seca, nutrientes digestíveis totais

**Chemical composition and in situ degradation of tissues from forage clones cactus with different levels of resistance to the carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell)<sup>1</sup>**

**Abstract** - Carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) is an insect which has caused losses in the prickly-pear production in the semiarid region of NE, Brazil. Studys efforts resulted in the utilization of varieties tolerant to this plague. Thus, it was evaluated varieties with different level of resistance to *Dactylopius opuntiae*, in measuring the chemical composition, energy estimates and tissue ruminal kinetics. It was studied six varieties of the genus *Opuntia* sp. (two with high resistance to the plague – ‘Orelha de elefante mexicana’ and ‘Orelha de elefante africana’; a low resistance – ‘F08’ and three susceptible to the plague – ‘IPA 20’, ‘Copena’ and ‘Gigante’) and four of the genus *Nopalea* sp. (three with high resistance to the plague – ‘Miúda’, ‘Orelha de Onça’, ‘IPA Sertânia’ and a low resistance – ‘F21’). It was evaluated in samples collected (rainy season and dry season) for the levels of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG), mineral matter (MM), ether extract (EE), neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN), acid detergent insoluble nitrogen (ADIN), total carbohydrates (TC), non fiber carbohydrates (NFC), and estimates of energy, partition of carbohydrates and ruminal tissues degradability. The experimental design was a complete randomized block with four replications. High CP values were found for all varieties and sampling period. However, lignin was higher when collected in December 2010, for varieties IPA Sertânia, ‘Orelha de elefante mexicana’ and ‘IPA 20’. ‘Miúda’, ‘Orelha de Onça’, ‘IPA Sertânia’, ‘Orelha de elefante mexicana’ and ‘IPA 20’ showed higher TC, and NFC fractions A+B<sub>1</sub>. There was an effect of the time of collect (P<0,05) for the TDN (total digestible nutrients), DE (digestible energy) and ME (digestible energy) to the variety IPA Sertânia. The collenchyma and parenchyma tissues of all varieties were completely degraded after 24 and 48 hours incubation *in situ*. In general, the chemical composition

of the varieties differs in small magnitude. The resistance to degradation of the epidermis and fiber varieties of prickly-pear cactus can indicate a positive factor to increase the resistance to the carmine cochineal insect.

**Index terms:** collenchyma, epidermis, dry matter, parenchyma, ruminal kinetics, total digestible nutrients

### Introdução

A palma forrageira (*Opuntia ficusindica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) é uma cactácea de extrema importância para alimentação animal na região semiárida do Brasil, principalmente no período de escassez de água, essencial nos sistemas de produção animal. Destaca-se, também, por ser uma excelente fonte de energia, apresentando altos valores de nutrientes digestíveis totais (Melo et al., 2003a) e altos teores de carboidratos não fibrosos (Carvalho et al., 2005).

A composição química dessa cactácea é variável com a espécie, idade dos artigos e época do ano, apresentando baixos teores de matéria seca ( $11,7 \pm 2,6\%$ ), proteína bruta ( $4,8 \pm 1,2\%$ ), fibra em detergente neutro ( $26,8 \pm 5,07\%$ ), fibra em detergente ácido ( $18,8 \pm 3,2\%$ ) e teores consideráveis de matéria mineral ( $12,0 \pm 4,7\%$ ) (Ferreira et al., 2003) e carboidratos que são facilmente digeríveis (Tegegne et al., 2005).

Bispo et al. (2007) relataram que essa cactácea apresenta alta taxa de digestão ruminal, sendo a matéria seca degradada de forma extensa e rápida, favorecendo maior taxa de passagem no rúmen. De acordo com Santos et al. (2000), as variedades do gênero *Opuntia* e *Nopalea* apresentam alta digestão ruminal. Segundo Ferreira et al. (2010), a alta degradabilidade ruminal tem sido destacada por maximizar a capacidade fermentativa do rúmen, aumentando a síntese de proteína microbiana, a produção de ácidos graxos voláteis e, conseqüentemente, a condução de nutrientes para o animal.

Por outro lado, tem-se observado, nos últimos anos, ataques frequentes da praga

cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), a qual vem ocasionando prejuízos aos produtores de palma. O uso de inseticidas não é uma prática ecologicamente recomendada, uma vez que acarreta danos ao meio ambiente e também aos inimigos naturais. A utilização de variedades resistentes ao inseto é importante pelas questões ambientais, uma vez que contribui para manutenção do equilíbrio ambiental. O uso das variedades de palma Miúda, Orelha de elefante mexicana e Algerian são uma importante alternativa (Vasconcelos, 2002), considerando que essas são resistentes à cochonilha do carmim.

Diante do exposto, objetivou-se, com esta pesquisa, caracterizar qualitativamente algumas variedades de palma do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) no semiárido de Pernambuco, em duas épocas de coleta.

### **Material e Métodos**

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Arcoverde, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, localizada na Mesorregião Sertão e na Microrregião Sertão do Moxotó do Estado de Pernambuco. O município de Arcoverde tem as seguintes latitudes 8°25'S e 37°02'W, altitude de 750 m, com solo caracterizado por Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 2006) e classificação climática de Thornthwaite et al. (1955) com o tipo Dd'a' (semiárido megatérmico).

O palmar foi estabelecido em 2007, com análise do solo para  $k=0,07\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ;  $\text{Al}=0,15\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ;  $\text{Ca}=2,80\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  e  $\text{Mg}=0,70\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , em espaçamento de 2,0 x 1,0m. Foi utilizada adubação orgânica e química de fundação e de cobertura. A adubação orgânica foi utilizada na proporção de 20 t/ha/ano de esterco bovino no início do período chuvoso e a adubação química na proporção de 20:10:20 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O,

totalizando 500 kg/ha/ano, sendo realizada um mês após a adubação orgânica. A adubação de fundação foi realizada em 2007 e as demais realizadas em 2007, 2009 e 2010 entre os meses de Abril e Maio.

No ano 2010 a precipitação média anual da área experimental foi de aproximadamente 900 mm (Figura 1), conforme os dados pluviométricos do IPA de Arcoverde.

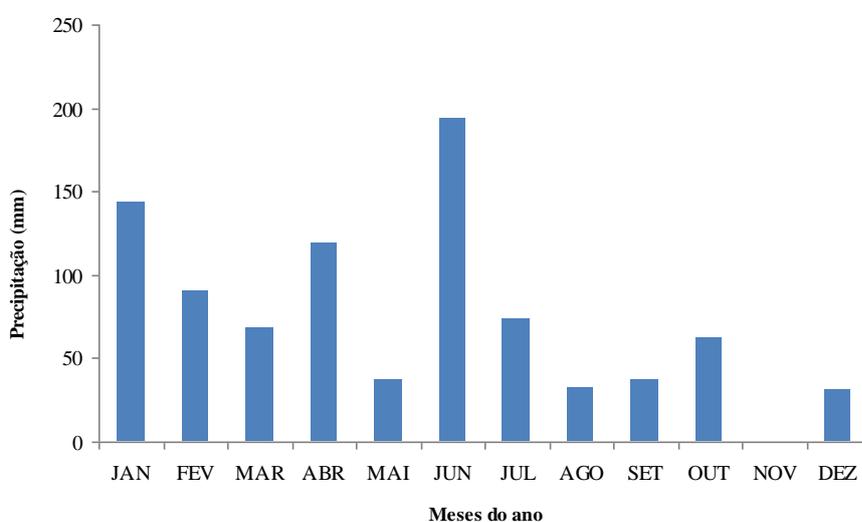


Figura 1: Dados pluviométricos mensais da Estação Experimental de Arcoverde-PE em 2010.

Foram avaliadas seis variedades de palma do gênero *Opuntia* sp. e quatro do gênero *Nopalea* sp. (Tabela 1). Vale ressaltar que a escolha dos materiais experimentais foi realizada em função de trabalhos anteriores, referentes à resistência à cochonilha do carmim (Vasconcelos, 2002; Santos et al., 2008; Vasconcelos et al., 2009; Silva et al., 2010).

Tabela 1. Identificação e nível de resistência de variedades de palma forrageira avaliadas.

Gênero	Variedades	Espécies	Nº no BAG	Níveis de resistência
<i>Opuntia</i> sp.	Orelha de elefante mexicana	<i>Opuntia strica</i> Haw	IPA-200016	Alta resistência
	Orelha de elefante africana	<i>Opuntia undulata</i> Griffiths	IPA-200174	Alta resistência
	IPA20	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill	IPA-100003	Susceptível
	Copena	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill	IPA-200001	Susceptível
	Gigante	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill	IPA-100001	Susceptível
	F08	<i>Opuntia atropes</i> Rose	IPA-200008	Baixa resistência
<i>Nopalea</i> sp.	Miúda	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-100004	Alta resistência
	Orelha de onça	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-200206	Alta resistência
	IPA Sertânia	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-200205	Alta resistência
	F21	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-200021	Baixa resistência

Foram coletados três cladódios por planta de cada variedade (uma planta), com quatro repetições (blocos). Os blocos estavam em um arranjo de cruzamentos em dialelo, onde as parcelas eram constituídas por uma única planta.

Foram realizadas duas coletas, uma no período considerado chuvoso na região e outra no período seco. A primeira coleta ocorreu aos 34 meses após o plantio, em Janeiro de 2010, e a segunda aos 45 meses após o plantio, em Dezembro de 2010. Foram coletados três cladódios, de diferentes ordens (secundário, terciário e quaternário). Para a caracterização anatômica foi feita a coleta de uma área de 5 cm em cada cladódio, em três regiões (Apical, Mediana e Basal).

As análises das amostras foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal (LNA) e no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

As amostras foram identificadas, armazenadas em nitrogênio líquido para conservação do material e acondicionadas em freezer a -80°C para avaliações da digestão dos tecidos.

Para avaliação da digestão dos tecidos foi utilizada a metodologia de Akin (1989) com algumas modificações. Dos estratos dos cladódios, referentes a cada variedade, foram retirados segmentos de aproximadamente 1 cm e acondicionados nos cassetes telados de aproximadamente 2,0 cm de comprimento por 1,5 cm de largura devidamente identificados. Os cassetes foram colocados em uma sacola de náilon, com um pequeno peso de chumbo de aproximadamente 100 g e incubados no rúmen de uma vaca fistulada, múltipara e seca, onde as amostras foram amarradas à cânula com um fio de náilon e permaneceram incubadas por um período de 24 e 48 horas. Para comparação dos cortes antes e após a digestão *in situ* foram realizados cortes manuais com lâmina de aço para caracterizar o tempo zero. Foi realizada a digestão *in situ* de todas as variedades, sendo apresentadas no presente trabalho as variedades: Miúda, IPA 20, IPA Sertânia, F21 e Orelha de elefante mexicana. Foi adicionado hipoclorito de sódio a 6% em todas as amostras obtidas para eliminação de todo o conteúdo celular, objetivando evitar a precipitação entre o conteúdo celular e o corante. Após um minuto em repouso na solução de hipoclorito de sódio, as amostras foram imersas em solução de ácido acético a 5% por cinco minutos e, em seguida, foram lavadas por três vezes com água desmineralizada durante 15 minutos. Após as lavagens, as amostras foram incubadas durante uma noite em solução de Fasca diluída a 1/8 (Tolivia & Tolivia, 1987). Após a reação, a lignina foi corada em vermelho e a celulose em azul. Em seguida, os cortes foram colocados individualmente entre lâmina e lamínula, com ajuda de uma gota de água por amostra e examinados no microscópio para captura das imagens através de uma câmara digital, acoplada ao microscópio de luz. As imagens foram armazenadas para análises. Os cortes histológicos foram avaliados através de análise descritiva.

Os materiais referentes a cada variedade de palma, após separação dos segmentos para as análises histológicas, foram homogeneizados para obtenção de uma

amostra composta por parcela. Estas amostras foram secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas, em seguida moídas em moinho provido de peneira de 1 mm e armazenadas em frascos de polietileno para análise química. Os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram determinados de acordo com Silva & Queiroz (2002). Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados segundo Pereira & Rossi Júnior (1984).

Para estimativa dos carboidratos totais (CHT), utilizou-se a equação proposta por Sniffen et al. (1992),  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$ , onde a fração C foi obtida pela equação:  $C = 100 * FDN(\%MS) * 0,01 * (LIGNINA(\%FDN) * 2,4) / CHT(\%MS)$ . A fração B<sub>2</sub> foi obtida pela equação:  $B_2 = 100 * [(FDN(\%MS) - PIDN(\%PB) * 0,01PB(\%MS)) - (FDN(\%MS) * 0,01 * LIGNINA(\%FDN) * 2,4)] / CHT(\%MS)$ . As frações com elevadas taxas de degradação ruminal (A+B<sub>1</sub>) foram determinadas pela equação  $A+B_1=100-(C+B_2)$ . Para a determinação dos carboidratos não fibrosos (CNF), empregou-se a fórmula descrita por Stokes et al. (1991), em que  $CNF = 100 - [(FDN - N - FDN) + PB + EE + MM]$ . Onde: PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; MM = matéria mineral. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo NRC (2001). As estimativas da digestibilidade verdadeira de carboidratos não fibrosos (CNF<sub>dv</sub>), proteína bruta (PB<sub>dv</sub>), extrato etéreo (EE<sub>dv</sub>) e fibra em detergente neutro (FDN<sub>dv</sub>) foram obtidas, conforme Weiss et al. (1992), de acordo com as seguintes equações:

$$CT = 100 - (PB + EE + Cinzas)$$

$$CNF_{dv} = 0,98 * \{100 - [(FDN - PIDN) + PB + EE + Cinzas]\} * PAF$$

$$PB_{dv} = PB * \exp[-1,2 * (PIDA / PB)]$$

$$AG_{dv} = AG$$

$$FDN_{dv} = 0,75 * (FDN_n - L) * \left[1 - (L / FDN_n)^{0,667}\right]$$

Em que: CT = carboidratos totais; PAF = fator de ajustamento de CNF, o qual para as amostras analisadas é igual a 1; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; AG = ácidos graxos, onde  $AG = EE - 1$ ;  $FDN_n = FDN - PIDN$  e L = lignina.

Desta forma, para o cálculo do NDT foi utilizada a seguinte equação:

$$NDT(\%) = CNF_{dv} + PB_{dv} + (AG_{dv} * 2,25) + FDN_{dv} - 7).$$

As estimativas de energia foram obtidas por meio das equações do NRC (2001), em que a energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram expressas na unidade Mcal/kg de MS. Dessa forma, para o cálculo da ED e EM utilizou-se as seguintes equações:

$$ED = (CNF_{dv}/100) \times 4,2 + (FDN_{dv}/100) \times 4,2 + (PB_{dv}/100) \times 5,6 + (AG/100) \times 9,4 - 0,3$$

$$EM = [1,01 \times (DE_p) - 0,45] + 0,0046$$

Para avaliação da degradabilidade *in situ* utilizou-se a análise descritiva dos dados. Para análise da composição química utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso (10 variedades e 4 blocos). A análise estatística dos dados de composição química foi realizada como medidas repetidas no tempo, sendo a coleta a repetição no tempo e as médias foram comparadas pelo teste PDIFF, ajustado para Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o pacote estatístico SAS<sup>®</sup> (*Statistical Analysis System*), sendo utilizado o PROC MIXED na análise de variância.

## **Resultados e Discussão**

### Composição química

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para a interação entre coletas e variedades para aos teores de MS, PB, NIDA, FDN, LIG e MM.

Os teores de MS da palma (Tabela 2), encontrados para a primeira coleta, foram semelhantes ( $P>0,05$ ) para a variedade Miúda (10,6%), Orelha de onça (9,4%), F21 (9,3%), IPA Sertânia (10,6%) e Orelha de elefante mexicana (9,3%), respectivamente. Na segunda coleta, a variedade Miúda (11,5%), IPA Sertânia (10,2%), F21 (11,2%), F08 (10,2%) e Copena (10,9%) foram semelhantes ( $P>0,05$ ). Entretanto, a Orelha de onça apresentou menor teor de MS (7,6%), em relação às demais variedades estudadas.

Destaca-se que não houve efeito do fator coleta entre os teores de MS das variedades Miúda (10,6 e 11,5%), IPA Sertânia (10,6 e 10,2%), Orelha de elefante mexicana (9,3 e 9,5%), Orelha de elefante africana (9,1 e 9,8%), IPA 20 (8,4 e 9,1%) e Gigante (8,0 e 9,0%), para as duas coletas, respectivamente.

Os teores de matéria seca (MS) foram maiores na segunda coleta (época seca), com exceção das variedades Orelha de onça e IPA Sertânia. Tal resultado, provavelmente está associado a não uniformização do material coletado, bem como à menor idade fisiológica dos cladódios das variedades mencionadas.

Os teores de MS encontrados no presente trabalho foram inferiores aos registrados na literatura (Santos et al., 1990; Santos et al., 2001; Tegegne et al., 2005; Silva et al., 2007; Leite, 2009), para todas as variedades estudadas. Santos et al. (2008) observaram para a variedade Orelha de onça e Miúda valores de 14,6% e 13,4%, respectivamente, valores estes superiores aos observados na presente pesquisa, com média geral de 8,5% e 11,1% de MS para as referidas variedades.

Este resultado pode estar associado às precipitações atípicas, ocorridas nos meses de coleta do presente trabalho (Figura 1). Segundo Wanderley et al. (2002), mesmo a palma sendo rica em água e mucilagem, os teores de MS podem variar em função da época do ano e idade dos cladódios, uma vez que, no período seco os cladódios tendem a apresentar menores reservas de água.

Para os teores de PB (Tabela 2) das plantas encontrados na primeira coleta não foi observada diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as variedades F21 (12,4%), F08 (11,9%), Orelha de elefante africana (11,6%) e Copena (10,9%), as quais foram superiores às demais variedades estudadas. Para a segunda coleta, as variedades F21 (12,6%), Orelha de elefante africana (11,4%), Copena (11,6%) e Gigante (11,9%) foram semelhantes entre si ( $P>0,05$ ) e diferentes ( $P<0,05$ ) em relação às demais. A variedade IPA Sertânia apresentou menor valor de PB (6,3%), em relação às variedades estudadas.

Com relação às coletas, observou-se diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre as variedades Orelha de onça (8,3 e 6,8%), F08 (11,9 e 9,7%) e Gigante (9,9 e 11,9%).

Os teores de proteína bruta (PB) foram altos em relação aos encontrados na literatura (Melo et al., 2003a; Oliveira et al., 2007; Cavalcanti et al., 2008; Torres et al., 2009) para todas as variedades de palmas estudadas, provavelmente devido às adubações realizadas nos meses antecedentes à coleta, uma vez que as adubações realizadas continham nitrogênio em sua composição, tanto a química como a orgânica, além da precipitação atípica na época das coletas (Figura 1).

Araujo et al. (2004) registraram teores de 12,7% para a variedade Miúda em Arcoverde-PE. No entanto, Teixeira et al. (1999), trabalhando também com a mesma variedade, observaram teores médios de 11,4%, enquanto no presente trabalho foram obtidos teores de 9,2% e 9,0% para a primeira e segunda coleta, respectivamente. Para a variedade Gigante, Pereira et al. (2010) verificaram teores de 9,6%, enquanto que Silva et al. (2007), trabalhando com a mesma variedade (Gigante), relataram teores de PB de 3,0% no período de janeiro a abril de 2005. Os valores médios das duas coletas encontrados neste trabalho para a variedade Gigante (10,9%), aproxima-se dos valores relatados por Pereira et al. (2010), trabalhando com palma Gigante no período chuvoso

e diferem dos resultados de Silva et al. (2007), trabalhando com a mesma variedade no mesmo período.

Na primeira coleta os valores de NIDA (Tabela 2) foram maiores ( $P < 0,05$ ) para as variedades F21 (0,3%), F08 (0,3%), Orelha de elefante mexicana (0,3%) e IPA 20 (0,4%). Porém, na segunda coleta, apenas para a variedade IPA 20 (0,7%) apresentou maior valor em relação às demais variedades. Com relação às coletas, houve diferença ( $P < 0,05$ ) para as variedades Miúda, F21, IPA Sertânia, F08 e IPA 20.

Tosto et al. (2007) observaram teores de NIDA de 0,1% em palma Gigante, em Petrolina, valor esse inferior aos observados no presente trabalho, sendo de 0,2% e 0,3% na primeira e segunda coleta, respectivamente. Segundo Van Soest (1994), elevadas proporções de NIDA podem ocasionar menor digestibilidade dos carboidratos constituintes da parede celular. Essa alta quantidade de NIDA está relacionada às frações fibrosas, quanto menor a quantidade de NIDA em um alimento, melhor será as características qualitativas deste alimento, assim como seu aproveitamento pelos animais.

Os maiores valores de FDN (Tabela 2) na primeira coleta foram observados para a variedade Orelha de elefante africana (24,0%), porém, não diferiram ( $P > 0,05$ ) das variedades Orelha de onça, F21, F08, IPA 20, Copena e Gigante. Em relação à segunda coleta, a variedade F08 apresentou o maior valor (29,2%), entretanto, esta não diferiu das variedades F21 e Copena. Houve efeito de coleta ( $P < 0,05$ ) para as variedades Miúda, IPA Sertânia, F08 e Orelha de elefante mexicana. Para a variedade Gigante, na segunda coleta foi observado valor de 24,1%, resultado este semelhante aos registrados por Melo et al. (2003a), trabalhando com a variedade Gigante em São Bento do Una (25,4%). Os resultados do presente trabalho foram inferiores aos registrados por Tosto

et al. (2007) e Ramalho et al. (2006), que observaram valores de 29,1% e 38,5%, respectivamente, para os teores de FDN da palma Gigante.

Os teores de FDN variaram entre as variedades de palma forrageira. Na segunda coleta (época seca), os teores de FDN foram maiores, exceto para as variedades Orelha de onça, Orelha de elefante africana e IPA 20. Essa variação pode ter ocorrido devido à idade dos cladódios, pelo fato da coleta não ter sido de maneira uniforme para todas as variedades, devido à necessidade de se coletar cladódios de diferentes ordens, mas que estivessem em um mesmo seguimento para realização da caracterização anatômica.

Vale ressaltar que a palma forrageira é um alimento pobre em fibra e é classificada como o suplemento energético mais importante e utilizado no período seco do ano na região semiárida do Nordeste (Wanderley et al., 2002). Também é importante mencionar que a variação da FDN (24,0 a 13,7% e 29,2 a 16,0% para a primeira e segunda coleta, respectivamente), provavelmente ocorreu devido às épocas de coletas (34 e 45 meses de idade após o plantio), além de a primeira coleta ter sido realizada no período chuvoso e a segunda, no período seco.

Com relação à lignina (Tabela 2), as variedades IPA Sertânia e Orelha de elefante mexicana apresentaram os menores teores de lignina (1,1 e 1,7%) na primeira coleta. Para a segunda época de coleta, os menores teores foram observados para as variedades Orelha de onça e IPA Sertânia (1,5 e 2,5%), respectivamente. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) de coleta para os teores de lignina das variedades IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana e IPA 20.

Tosto et al. (2007) encontraram 4,6% para a variedade Gigante e Cavalcanti et al. (2008) encontraram 4,3% de lignina para a mesma variedade cultivada em São Bento do Una com coleta realizada no período seco, valores próximos aos obtidos no presente trabalho (3,6% na primeira e 4,5% na segunda coleta).

De modo geral, os teores de lignina encontrados neste trabalho se aproximam daqueles encontrados na literatura por outros autores (Tosto et al., 2007; Cavalcanti et al., 2008; Menezes et al., 2008). Quanto menor o teor de lignina, maior a qualidade do alimento. De acordo com Boudet (2000), o grau de lignificação da parede celular constitui um fator limitante na digestibilidade das forragens. Entretanto, segundo Barrière & Emile (2000), somente o teor de lignina não é o suficiente para justificar os valores referentes à digestibilidade. Outros fatores, além do teor em lignina, como a concentração dos seus precursores e as ligações da lignina com os outros componentes da parede celular, influenciam negativamente na digestibilidade.

Para a matéria mineral (Tabela 2), os maiores valores foram observados na primeira coleta para as variedades F08 (15,8%) e Orelha de elefante africana (11,2%), porém, esta última não diferiu ( $P>0,05$ ) das demais variedades. Já para a segunda coleta, a variedade Orelha de onça ( $P<0,05$ ) diferiu das demais variedades. Quando foi comparado época de coleta, verificou-se diferença ( $P>0,05$ ) para a variedade Orelha de onça (9,1 e 24,4%) e F08 (15,8 e 10,9%) para a primeira e segunda coleta, respectivamente.

De maneira geral, a palma forrageira apresentou altos valores de MM. Os resultados de MM encontrados no presente trabalho estão próximos aos encontrados na literatura (Melo et al., 2003a; Oliveira et al. 2007; Torres et al., 2009; Menezes et al., 2008), exceto para a variedade Orelha de onça na segunda coleta. Esse fato pode ter ocorrido por excesso de nutrientes, após a realização das adubações nessas plantas, ou por contaminação de solo nas amostras. Santos et al. (2010) mencionaram valores de 12,0% para MM, para palma forrageira. Melo et al. (2003b), trabalhando com palma Gigante, encontraram valores de MM de 14,2%, em São Bento do Una, na época chuvosa, valor este superior ao encontrado no presente trabalho (10,3%), para a mesma

variedade e época semelhantes. Oliveira et al. (2007) encontraram valores de 8,3% para plantas do gênero *Opuntia*. Torres et al. (2009) encontraram teores de MM para a variedade Miúda de 12,6% e para a variedade Gigante 9,7%, em São Bento do Una, valores inferiores aos observados no presente trabalho para a variedade Gigante. Já para a variedade Miúda foi alto, em relação ao presente trabalho (9,1%).

Tabela 2. Valores médios percentuais (%) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp e *Opuntia* sp., conforme coleta.

Coleta	Variedades									
	Miúda	O. de onça	F21	IPA Sertânia	F08	O. E. Mexicana	O.E. Africana	IPA 20	Copena	Gigante
MS (%)										
Primeira <sup>2</sup>	10,6 A a	9,4 A ab	9,3 B ab	10,6 A a	8,3 B b	9,3 A ab	9,1 A b	8,4 A b	9,1 A b	8,0 A b
Segunda <sup>3</sup>	11,5 A a	7,6 B e	11,2 A ab	10,2 A abcd	10,2 A abcd	9,5 A cd	9,9 A bcd	9,1 A d	10,9 B abc	9,0 A d
Erro padrão	0,5									
PB (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	9,2 A cd	8,3 A de	12,4 A a	6,4 A e	11,9 A a	7,9 A de	11,6 A ab	8,6 A d	10,9 A abc	9,9 B bcd
Segunda <sup>3</sup>	9,0 A d	6,8 A e	12,6 A a	6,3 A e	9,7 B bcd	9,5 A cd	11,4 A abc	9,8 A bcd	11,6 A ab	11,9 A a
Erro padrão	0,7									
NIDA (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	0,1 B c	0,2 A bc	0,3 A a	0,1 B c	0,3 A ab	0,3 A ab	0,2 A bc	0,4 B a	0,1 A c	0,2 A bc
Segunda <sup>3</sup>	0,5 A b	0,2 A cde	0,2 B cde	0,3 A cd	0,2 B de	0,2 A cde	0,1 A e	0,8 A a	0,2 A cde	0,3 A c
Erro padrão	0,0									
FDN (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	15,7 B bc	20,2 A ab	22,0 A a	13,7 B c	23,4 B a	16,0 B bc	24,0 A a	20,1 A ab	21,0 A a	21,9 A a
Segunda <sup>3</sup>	23,2 A bcd	16,0 A e	26,1 A ab	20,4 A cde	29,2 A a	22,7 A bcd	21,9 A bcd	18,7 A de	24,7 A abc	24,1 A bc
Erro padrão	1,6									
LIG (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	2,0 A cde	2,4 A bcd	3,1 A ab	1,1 B e	2,8 A abc	1,7 B de	3,4 A ab	2,8 B abc	2,8 A abc	3,6 A a
Segunda <sup>3</sup>	2,7 A cd	1,5 A e	3,9 A ab	2,5 A de	3,7 A abc	3,2 A bcd	2,7 A cd	4,0 A ab	3,4 A bcd	4,5 A a
Erro padrão	0,4									
MM (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	8,6 A b	9,1 B b	9,2 A b	9,9 A b	15,8 A a	9,5 A b	11,2 A b	10,1 A b	10,4 A b	10,9 A b
Segunda <sup>3</sup>	9,5 A bcd	24,4 A a	8,3 A cd	12,5 A b	10,9 B bcd	10,6 A bcd	8,2 A d	11,1 A bcd	11,4 A bc	9,9 A bcd
Erro padrão	0,9									

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem (P<0,05) para cada variável analisada pelo teste F e minúsculas na linha diferem (P<0,05) pelo teste Tukey a 5%.

<sup>1</sup>(% na MS); <sup>2</sup>(Período seco); <sup>3</sup>(Período chuvoso).

Para EE, FDA e as frações de carboidratos: A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C não foi verificado diferença significativa (P>0,05), em relação à interação coleta x variedade e entre as variedades estudadas.

Para aos teores de EE (Tabela 3) referente às coletas, observou-se efeito significativo (P<0,05) para a segunda coleta (2,0%), em relação à primeira (1,4%). Com uma média geral de 1,7% para as duas coletas. Estes valores foram superiores ao registrado por Tosto et al. (2007), que foi de 1,0% e inferiores ao valores encontrados por Melo et al. (2003b), que foi de 2,1%, trabalhando com a variedade Gigante em São Bento do Una. Para o teor de EE observado na primeira coleta (1,4%), este se aproxima do valor encontrado por Cavalcanti et al. (2008): 1,5% de EE para a variedade Gigante, cultivada em São Bento do Una. Bispo et al. (2007) encontraram valores médios de EE de 2,5% para a *Opuntia*, valor este superior ao encontrado no presente trabalho, referente à segunda coleta (2,0%). Teores de EE altos nos alimentos são excelentes fontes de energia, uma vez que o EE possui 2,25 vezes mais energia do que os carboidratos e as proteínas (Vargas et al., 2002), com isso, podendo diminuir a ingestão de MS quando fornecida aos animais, sem comprometimento do ganho de peso.

Para a FDA (Tabela 3), referente às duas coletas, observou-se efeito significativo (P<0,05) para a segunda coleta (12,0%), em relação à primeira (10,2%). A FDA apresentou uma média geral para as duas coletas de 11,1%. O teor de FDA foi superior na segunda coleta (época seca), demonstrando que a época do ano pode interferir na composição química dos alimentos. Tosto et al. (2007) observaram valor de 25,8% para o teor de FDA para o gênero *Opuntia*, valor este superior aos encontrados no presente trabalho. Ramalho et al. (2006) registraram teor de FDA de 15,3% para a palma Gigante, semelhante aos resultados de Pereira et al. (2010), que foi de 16,7% de FDA, para a mesma variedade.

Para os teores da Fração A+B<sub>1</sub> (Tabela 3), referente às duas coletas, houve efeito significativo (P<0,05) para a primeira coleta (74,7%), em relação à segunda coleta (70,3%), apresentando média geral para as duas coletas de 72,5%. Estes valores referentes às frações A+ B<sub>1</sub> podem estar relacionados aos valores de FDN, que foram superiores a 20% para quase todas as variedades estudadas. Observa-se que os menores valores para as frações A+B<sub>1</sub> foram para a segunda coleta.

Para os teores da Fração B<sub>2</sub> (Tabela 3), observou-se diferença significativa (P<0,05) entre coletas, sendo de 23,6% na primeira coleta e de 27,3% na segunda. Esses valores da Fração B<sub>2</sub>, referentes aos carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis, podem ser comparados aos valores obtidos por Muniz et al. (2011), que encontraram valor de 13,5% para o gênero *Opuntia* e por Pereira et al. (2010) que, trabalhando com o mesmo gênero, obtiveram 3,9% para a mesma fração, indicando que o presente trabalho obteve maiores valores para as duas coletas, em relação aos autores mencionados.

Para os teores da Fração C (Tabela 3), referente às duas coletas, observou-se efeito significativo (P<0,05) para a segunda coleta (2,4%), em relação à primeira coleta (1,7%). Pereira et al. (2010), trabalhando com palma forrageira do gênero *Opuntia*, obtiveram 22,8% para Fração C, enquanto Muniz et al. (2011) encontraram valor de 13,2%, valor este superior ao encontrado no presente trabalho.

Conforme Russell et al. (1992), torna-se de fundamental importância estudar o fracionamento dos carboidratos que serão ingeridos pelos ruminantes, uma vez que este sistema baseia-se na classificação das bactérias ruminais quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular vegetal e aqueles que se localizam no conteúdo celular com função não estrutural.

Tabela 3. Valores médios percentuais (%) de extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), e frações de carboidratos A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.

Variáveis	Coleta		Erro padrão
	Primeira <sup>3</sup>	Segunda <sup>4</sup>	
EE (%) <sup>1</sup>	1,4 B	2,0 A	0,1
FDA (%) <sup>1</sup>	10,2 B	12,0 A	0,3
FRAÇÃO A+B <sub>1</sub> (%) <sup>2</sup>	74,7 A	70,3 B	0,7
FRAÇÃO B <sub>2</sub> (%) <sup>2</sup>	23,6 B	27,3 A	0,6
FRAÇÃO C (%) <sup>2</sup>	1,7 B	2,4 A	0,1

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem-se (P<0,05) para cada variável analisada pelo teste F a 5%.

<sup>1</sup>(% na MS); <sup>2</sup>(% dos carboidratos totais); <sup>3</sup>(Período seco); <sup>4</sup>(Período chuvoso).

Para as variáveis FDA, Fração A+B<sub>1</sub>, Fração B<sub>2</sub> e Fração C não houve diferença significativa (P>0,05) da interação coleta x variedade.

Para FDA (Tabela 4), observou-se efeito significativo (P<0,05) para variedade F08 (14,7%) em comparação à variedade IPA Sertânia (8,4%), ambas com baixo nível de resistência a cochonilha do carmim. Esses valores de FDA, para as variedades mencionadas, podem estar relacionados aos teores de FDN, que variaram entre as variedades para a primeira e segunda coleta (Tabela 2). Santos et al. (2006) observaram valores de FDA em torno de 22,4%, 23,0% e 20,0% para as variedades Gigante, Miúda e IPA 20, respectivamente, valores estes superiores aos encontrados no presente trabalho para as mesmas variedades (12,4%, 10,5% e 10,5%, respectivamente).

No que se refere à variável Fração A+B<sub>1</sub> (Tabela 4) houve diferença significativa (P<0,05) para a variedade IPA Sertânia (78,7%), em relação à variedade F08 (65,4%). Pereira et al. (2010) observaram valor da Fração A+B<sub>1</sub> de 73,4% para a variedade Gigante, sendo superior ao presente trabalho para a mesma variedade (70,2%). Esses valores da Fração A+B<sub>1</sub> para as variedades mencionadas estão relacionadas aos teores de FDN para a primeira e segunda coleta (Tabela 2).

Para a variável Fração B<sub>2</sub> (Tabela 4), houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre a variedade F08 (31,9%) e IPA Sertânia (20,2%). Esses valores da Fração B<sub>2</sub> para as variedades mencionadas estão relacionados aos teores de FDN (Tabela 2), que foram altos, para a variedade F08 e baixo, para a variedade F21, para as duas coletas realizadas. Pereira et al. (2010) encontraram 3,9% para a Fração B<sub>2</sub>, para a variedade Gigante. No atual trabalho, foram encontrados 26,8%, para a referida variedade. Os autores explicam que o baixo teor de Fração B<sub>2</sub>, provavelmente, pode ter ocorrido devido à palma ter apresentado baixo teor de FDN (20,0%) e altos teores de CNE (51,9%). Destaca-se que a fração B<sub>2</sub> corresponde à porção digestível da parede celular vegetal de degradação ruminal mais lenta.

Para variável Fração C (Tabela 4) diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as variedades Gigante (2,9%) e IPA Sertânia (1,0%), as quais são de gêneros diferentes. Pereira et al. (2010) obtiveram o valor da Fração C de 22,8% para a variedade Gigante. Salienta-se que esta fração é a porção da parede celular vegetal que não é digerida ao longo de sua permanência no trato digestivo do animal.

Tabela 4. Valores médios percentuais (%) da fibra em detergente ácido (FDA), e das Frações de carboidratos A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C com variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp e *Opuntia* sp.

Variáveis	Variedades									
	<i>Nopalea</i> sp					<i>Opuntia</i> sp.				
	Miúda	O. de onça	F21	IPA Sertânia	F08	O. E. Mexicana	O. E. Africana	IPA 20	Copena	Gigante
FDA (%) <sup>1</sup>	10,5 cd	9,0 de	13,1 ab	8,4 e	14,7 a	8,5 de	11,9 bc	10,5 cd	11,9 bc	12,4 bc
Erro padrão	0,7									
FRAÇÃO A+B <sub>1</sub> (%) <sup>2</sup>	75,6 ab	74,8 b	68,9 cd	78,7 a	65,4 d	75,5 ab	70,0 c	75,3 ab	70,3 c	70,2 c
Erro padrão	1,2									
FRAÇÃO B <sub>2</sub> (%) <sup>2</sup>	23,0 de	24,0 cd	28,4 b	20,2 e	31,9 a	22,9 de	27,7 b	22,6 de	27,4 b	26,8 bc
Erro padrão	1,0									
FRAÇÃO C (%) <sup>2</sup>	1,4 de	1,2 e	2,7 ab	1,0 e	2,7 ab	1,6 cde	2,3 ab	2,1 bcd	2,3 abc	2,9 a
Erro padrão	0,2									

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem-se (P<0,05) para cada variável analisada pelo teste Tukey a 5%.

<sup>1</sup>(% na MS); <sup>2</sup>(% dos carboidratos totais).

Houve efeito da interação coleta e variedades para os valores estimados de CHT (Tabela 5), onde, para a primeira coleta, os valores variaram de 81,9% para a Orelha de onça a 72,6% para a variedade F08, respectivamente. Na segunda coleta, os valores variaram de 79,5% a 61,8% para as variedades Miúda e Orelha de onça, respectivamente.

Para a época de coleta observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) entre as variedades Orelha de Onça, F08, Orelha de elefante mexicana e Orelha de elefante africana. Os valores de CHT foram mais altos na primeira coleta, quando comparados aos da segunda coleta, com exceção para as variedades F08 e Orelha de elefante africana. Quando se faz as estimativas dos CHT através da PB, MM e EE resultam em altos teores de CHT, em virtude de esses componentes possuírem teores elevados.

O percentual médio encontrado para as duas coletas para a variedade Gigante foi de 77,1% de CHT, valor esse inferior ao encontrado por Cavalcanti et al. (2008), que foi de 85,5% de CHT para a variedade Gigante, em São Bento do Una, no período seco. Menezes et al. (2009), também trabalhando com palma forrageira do gênero *Opuntia* aos 2 anos de idade, registraram valor de 76,1% de CHT. Bispo et al. (2007) observaram valores para palma de 80,9% de CHT, em Arcoverde-PE, na época seca e, Melo et al. (2003b) encontraram 78,6% de CHT para a variedade Gigante, na época chuvosa. Valores próximos ao encontrado para a mesma variedade no presente trabalho.

Os maiores valores de CNF (Tabela 5) estimados foram verificados para as variedades Miúda (76,0%), Orelha de onça (62,5%), IPA Sertânia (68,7%) e Orelha de elefante mexicana (65,9%), na primeira coleta. Para a segunda coleta, os maiores valores estimados foram para as variedades Miúda (56,4%), IPA Sertânia (59,9%), Orelha de elefante mexicana (55,7%), Orelha de elefante africana (57,1%) e IPA 20 (59,1%). Com relação à época de coleta (chuvosa e seca, primeira e segunda coleta,

respectivamente), houve efeito de coleta ( $P < 0,05$ ) para as variedades Miúda, Orelha de onça, IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana, Orelha de elefante africana e Copena.

Para a variedade Gigante, o valor de CNF foi de 57,0% na primeira coleta e de 52,8% na segunda coleta, sendo o valor da segunda coleta semelhante ao encontrado por Cavalcanti et al. (2008) para a variedade Gigante (53,5%), no município de São Bento do Una, e também aos obtidos por Melo et al. (2003b) para a mesma variedade, com valor de 53,2%, com coleta na época chuvosa. Para a variedade Miúda foi verificado valor de 76,0% na primeira coleta, semelhante ao encontrado por Araujo et al. (2004), que foi de 75,5%. Já na segunda coleta, o valor de CNF foi de 56,4% para a variedade Miúda, valor este superior ao encontrado por Torres et al. (2009), que foi de 42,4%, quando a amostra foi realizada no período chuvoso.

Destacam-se os menores valores de CNF observados na segunda época de coleta (período seco) para as variedades de palmas estudadas, com exceção da variedade Orelha de elefante africana. Esses valores podem ser justificados pelos efeitos climáticos referentes ao período experimental (Figura 1). Os CNF, quando em baixa quantidade nos alimentos, proporcionam um melhor aproveitamento energético pelos microrganismos ruminais, porém, é necessária a associação de uma fonte de fibra com a palma forrageira, para a manutenção das condições normais do rúmen.

Os menores valores estimados para o NDT (Tabela 5) foi para a Orelha de elefante africana (70,6%), na primeira coleta. Já na segunda coleta, o menor valor foi observado foi para a variedade Orelha de onça (59,4%). A variedade Orelha de elefante africana apresentou valor superior ( $P < 0,05$ ) na segunda coleta (76,4%), em relação à primeira (70,6%). Vale ressaltar que estas duas variedades são classificadas como resistentes ao inseto cochonilha do carmim. Com relação às coletas, houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre as variedades Orelha de onça, IPA Sertânia e Orelha de elefante africana.

Os menores valores de NDT observados foram na segunda coleta (época seca), em relação à primeira coleta (época chuvosa), exceto para as variedades F08 e Orelha de elefante africana. Isto pode estar relacionado ao valor de FDN (Tabela 2), que foi maior para quase todas as variedades na segunda coleta (época seca), conseqüentemente interferindo no NDT.

Araujo et al. (2004), trabalhando com a variedade Miúda, encontraram valores de 57,0%, inferior ao encontrado no presente trabalho, na primeira coleta (77,5%) e na segunda coleta (75,8%). Tosto et al. (2007) registraram 61,8% (%MS) de NDT, trabalhando com a variedade do gênero *Opuntia*, coletada em Petrolina, e Melo et al. (2003b) para o gênero *Opuntia*, registraram valores de 63,7% de NDT (segundo equações propostas pelo NRC, 2001). Para o mesmo gênero, obteve-se valor médio de 74,2% na primeira coleta e 73,9% na segunda coleta, valores estes superiores aos encontrados na literatura (Ramalho et al., 2006; Tosto et al., 2007).

Destaca-se que os valores de NDT representam uma das mais comuns medidas do conteúdo energético dos alimentos, devido a sua praticidade em procedimentos de avaliações de alimentos. A palma forrageira é caracterizada por apresentar baixos teores de MS e altos teores de carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais (Carvalho et al., 2005).

Com relação à energia digestível (Tabela 5), para a primeira coleta, não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para as variedades Miúda, Orelha de onça, F21, IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana, IPA 20 e Copena, sendo que a Miúda (3,37%) apresentou maior valor de ED. Na segunda coleta, a variedade Orelha de elefante africana foi a que apresentou maior valor de ED (3,4%), porém, não diferiu das variedades F21, Miúda e Orelha de elefante mexicana. As duas variedades com maiores valores de ED são de alta resistência à cochonilha do carmim. Para as coletas houve

efeito ( $P < 0,05$ ) para as variedades Orelha de onça, IPA Sertânia e Orelha de elefante africana. Tosto et al. (2007), trabalhando com variedades do gênero *Opuntia* no período seco, encontraram valor de 2,6% de ED, inferior aos observados no presente trabalho, que variou de 3,3% a 3,1% de ED para o gênero *Opuntia*, na primeira coleta, e 3,4% a 3,2% de ED para o mesmo gênero, na segunda coleta.

Os valores de energia digestível também foram menores na segunda época de coleta para algumas variedades, o que se leva a inferir que os efeitos de precipitações pluviométricas (Figura 1) podem ter influenciado nesses resultados.

Para os valores de energia metabolizável (Tabela 5) foi observado que as variedades Miúda, Orelha de onça, IPA Sertânia, F08, Orelha de elefante mexicana, IPA 20 e Copena foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) em relação às demais variedades estudadas para a primeira coleta. Na segunda coleta a variedade Orelha de onça apresentou o menor valor ( $P < 0,05$ ). Com relação às coletas, houve efeito de coleta ( $P < 0,05$ ) para as variedades Orelha de onça, F08 e Orelha de elefante africana.

Tosto et al. (2007), pesquisando variedades do gênero *Opuntia*, encontraram valor estimado de 2,2% de EM, valor inferior aos encontrados no presente trabalho, que variaram de 2,9% a 2,7% de EM para as variedades do gênero *Opuntia*, na primeira coleta, e de 2,9% a 2,8% de EM, na segunda coleta. Os valores encontrados neste trabalho, para as variedades de palma, estão próximos a algumas fontes energéticas utilizadas na alimentação de vacas leiteiras (NRC, 2001).

Tabela 5. Valores médios estimados de carboidratos totais (%CHT), carboidratos não fibrosos (%CNF), nutrientes digestíveis totais (%NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável produtiva (EMp) com variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.

Coleta	Variedades									
	Miúda	O. de onça	F21	IPA Sertânia	F08	O. E. Mexicana	O. E. Africana	IPA 20	Copena	Gigante
CHT (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	80,7 A abc	81,9 A a	77,4 A d	81,5 A a	72,6 B e	81,0 A ab	74,6 B de	79,5 A abc	78,0 A c	78,2 A bc
Segunda <sup>3</sup>	78,8 A ab	61,8 B c	76,7 A ab	79,5 A a	78,4 A ab	77,5 B ab	78,4 A ab	77,1 A ab	75,9 A b	76,0 A b
Erro padrão	1,0									
CNF (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	76,0 A a	62,5 A ab	56,4 A cd	68,7 A a	50,0 A e	65,9 A a	51,3 B de	60,3 A bc	57,9 A bc	57,0 A c
Segunda <sup>3</sup>	56,4 B ab	46,5 B d	51,5 A bcd	59,9 B a	49,9 A cd	55,7 B ab	57,1 A a	59,1 A a	51,9 B bc	52,8 A bc
Erro padrão	1,8									
NDT (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	77,5 A a	76,2 A a	75,4 A d	76,5 A cd	70,5 A b	76,3 A d	70,6 B e	75,1 A f	74,8 A f	74,0 A f
Segunda <sup>3</sup>	75,8 A ab	59,4 B e	72,7 A cd	72,3 B d	75,1 A abc	74,5 A abcd	76,4 A a	73,1 A bcd	72,6 A cd	72,9 A cd
Erro padrão	0,9									
ED (Mcal/kg)										
Primeira <sup>2</sup>	3,4 A a	3,3 A ab	3,3 A ab	3,3 A ab	3,1 A cd	3,3 A ab	3,1 B cd	3,2 A ab	3,3 A ab	3,2 A bc
Segunda <sup>3</sup>	3,3 A abc	2,6 B e	3,3 A ab	3,1 B d	3,8 A cd	3,2 A abc	3,4 A a	3,2 A cd	3,2 A bcd	3,2 A bcd
Erro padrão	0,0									
EM (Mcal/kg)										
Primeira <sup>2</sup>	3,0 A a	2,9 A ab	2,7 A c	2,9 A ab	2,9 A ab	2,9 A ab	2,7 B c	2,8 A ab	2,9 A ab	2,8 A bc
Segunda <sup>3</sup>	2,9 A abc	2,2 B e	2,8 A cd	2,9 A ab	2,7 B d	2,8 A abc	2,9 A a	2,8 A cd	2,8 A bcd	2,8 A bcd
Erro padrão	0,0									

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem ( $P < 0,05$ ) para cada variável analisada pelo teste F e minúsculas na linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey a 5%.

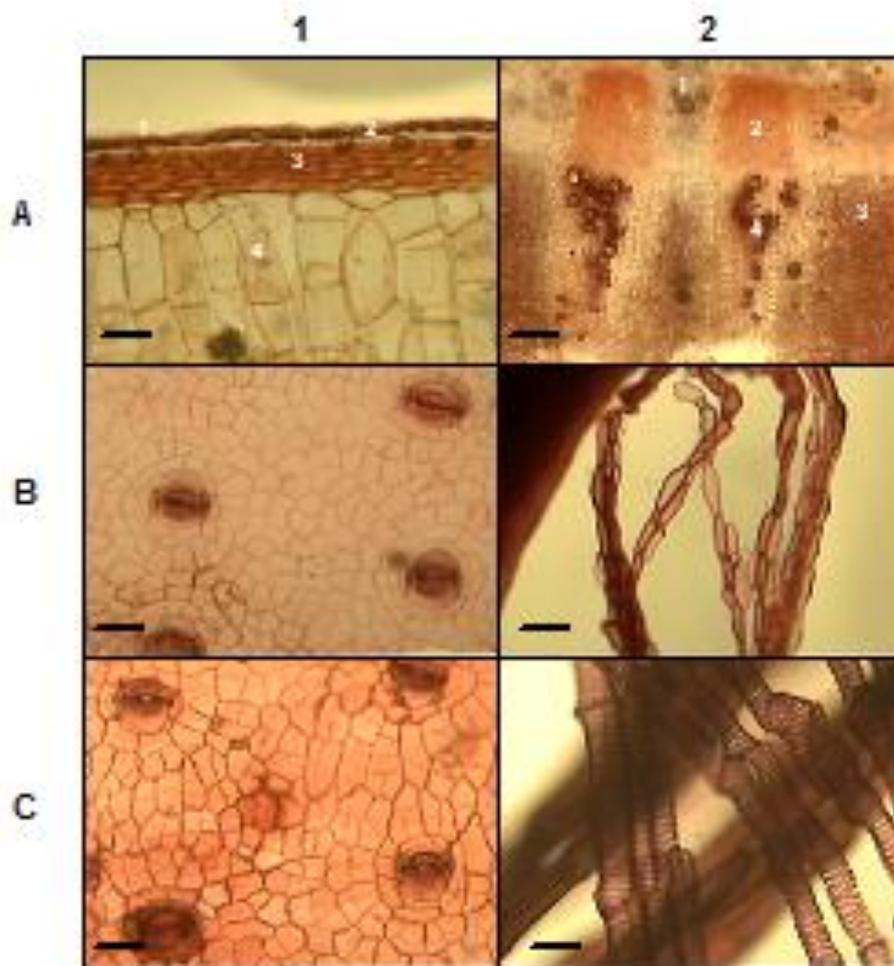
<sup>1</sup>(% na MS); <sup>2</sup>(Período seco); <sup>3</sup>(Período chuvoso).

## Degradabilidade *in situ* dos tecidos

Para a variedade de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. (Miúda), antes da incubação (Figura 2. A), foi possível visualizar claramente a presença das células de colênquima e parênquima (A1) e também os vasos condutores (A2) formados por xilema e floema. O sistema radial apresentou amplo raio parenquimático multisseriado, com células ricas em amiloplastos, possuindo também ampla porção de sistema axial do xilema, com poucos elementos condutores e muitas células parenquimáticas (A2). Entretanto, após os tempos de 24 e 48 horas (Figura 2. B e C) foi possível visualizar somente a presença da epiderme com as células estomáticas e fibras (B e C).

O parênquima é constituído por células isodiamétricas, considerado um tecido meristemático de paredes delgadas, composta basicamente por celulose, hemicelulose e substâncias pécnicas, mas que pode conter algum estágio de lignificação (Scatena & Scremin-Dias, 2006). De acordo com os mesmos autores, uma das classificações das células parenquimáticas isoladas é a de idioblásticas. No caso das cactáceas, essa é a classificação que mais corresponde com o perfil, principalmente pelo fato do armazenamento de substâncias mucilaginosas, que muitas vezes estão associados às drusas, que são cristais que possuem oxalato de cálcio (Castro et al., 2009).

Segundo Alquini et al. (2006), as células epidérmicas apresentam-se justapostas, com isto, não apresentando espaços intercelulares. Portanto, pode-se inferir que esta característica faz com que o desaparecimento da epiderme não ocorra em contato com a microbiota ruminal (Figura 2).

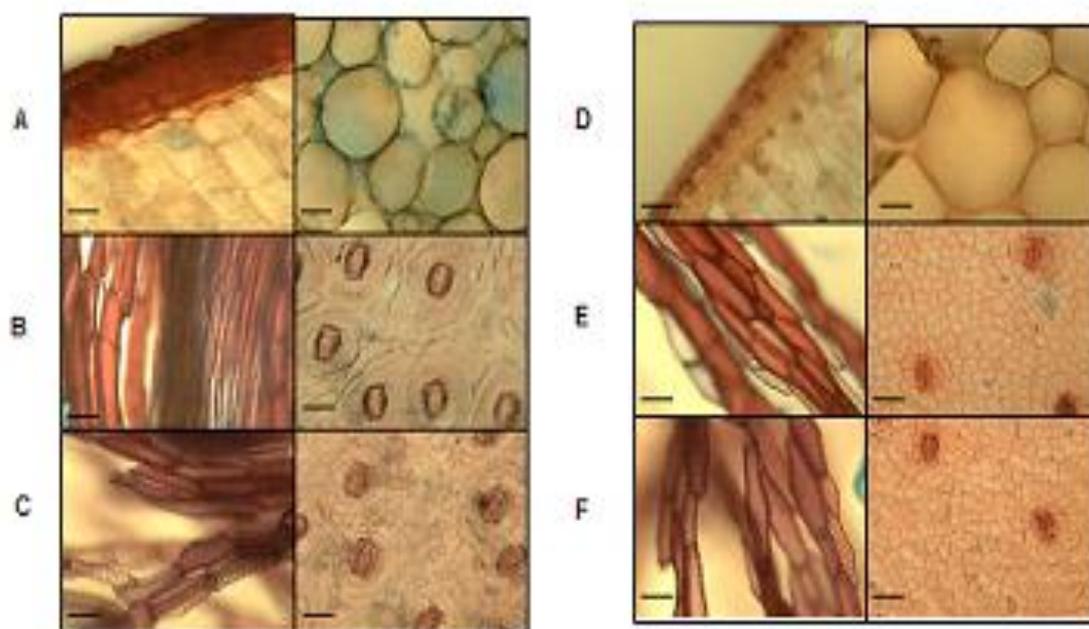


**Figura 2.** A= Cortes dos tecidos de seções transversais e vista paradérmica, B e C= Vistas frontais do segmento de cladódios da variedade Miúda (IPA 100004). A = Tempo Zero (A.1. Corte transversal: 1=Cutícula, 2=Epiderme, 3=Hipoderme e 4=Parênquima e A.2. Sistemas vasculares: 1=Drusas, 2=Floema, 3=Sistema radial e 4=Sistema axial do xilema), B = Tempo 24 horas de incubação (B.1. Epiderme e estômatos e B.2. Fibras), C = Tempo 48 horas (C.1. Epiderme e estômatos e C.2. Fibras). Barra= 50 $\mu$ m.

Na Figura 3 são apresentados os cortes histológicos de duas variedades (IPA 20 e IPA Sertânia), onde na linha A e D são observados os cortes transversais (A1 e D1) e paralelos à epiderme (A2 e D2) antes da incubação. Nota-se que as duas variedades possuem parede espessa formada por cutícula, epiderme e hipoderme colenquimática, as quais desempenham a função de proteção, sustentação e de redução das perdas de água por evapotranspiração (Alquini et al., 2006). Entretanto, essas variedades apresentam resistência à cochonilha do carmim diferenciada: a variedade IPA 20 é susceptível e a variedade IPA Sertânia apresenta alta resistência.

Observou-se nas duas variedades (Figura 3) que, após 24 horas (Linha B e E) e 48 horas (Linha C e F) de incubação, apenas as fibras, a cutícula e a epiderme não apresentaram digestão total. A coloração desses tecidos pode auxiliar na compreensão deste comportamento, uma vez que há coloração, com tendência a um gradiente avermelhado, onde se caracteriza a presença de compostos fenólicos, principalmente da lignina, que de maneira geral correlaciona-se negativamente com a digestibilidade. As fibras resultantes desse processo de incubação demonstram ser constituídas por células longas e de paredes lignificadas.

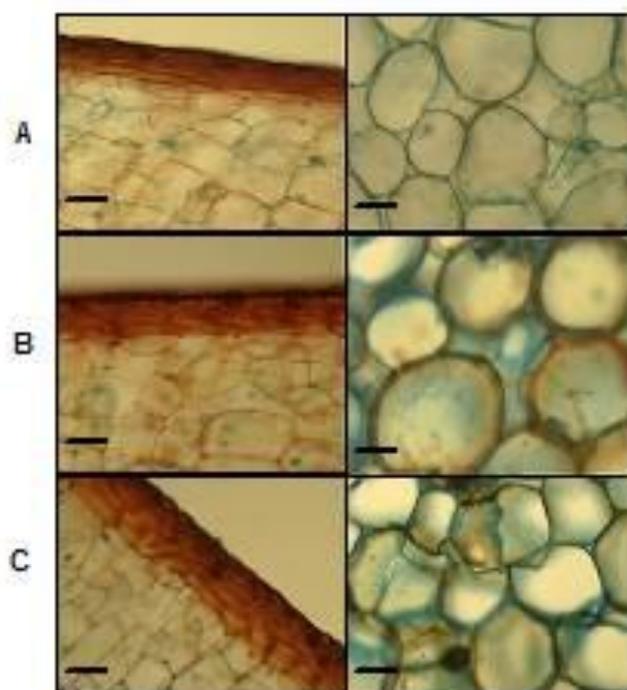
As imagens B2 e C2 apresentaram variações na coloração e isto se deve à perda parcial de sua epiderme. Nota-se nas mesmas imagens (Figura 3) a presença de estômatos inseridos na região da cutícula.



**Figura 3.** Cortes histológicos de duas variedades de palma forrageira. As imagens A, B e C representam a variedade do gênero *Opuntia* (IPA 20 - IPA100003) e as imagens D, E e F representam a variedade do gênero *Nopalea* (IPA Sertânia - IPA 200205). As linhas A e D apresentam cortes transversais (A1 e D1) e paralelo a epiderme (A2 e D2) antes da incubação *in situ*. As linhas B e E apresentam os cortes submetidos à 24h de incubação (B1, B2, E1 e E2) e as linhas C e F apresentam os cortes após 48h de incubação (C1, C2, F1 e F2). Barra = 50µm.

Na Figura 4 são apresentadas seções transversais (A1, B1 e C1) e paralelas (A2, B2 e C2) de palma forrageira do gênero *Nopalea* (F21), em diferentes estratos (A=

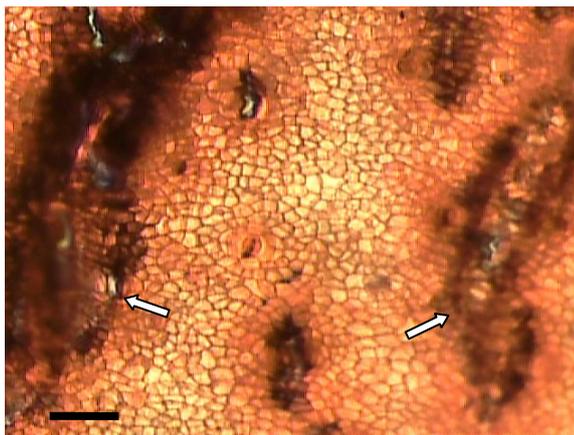
apical, B= medial e C= basal). As colunas A2, B2 e C2 apresentam cortes paralelos à epiderme, onde são observados os tecidos parenquimáticos. Na comparação entre os estratos, observa-se na coluna A1, B1 e C1 uma deposição maior dos compostos fenólicos nas três regiões (Apical, Mediana e Basal) do cladódio, podendo influenciar negativamente na sua digestão.



**Figura 4.** Cortes histológicos paradérmicos e transversais da região medular em relação a três estratos: A=Apical, B=Mediano e C=Basal da variedade F21 (IPA 200021). Barra= 50 $\mu$ m.

Na Figura 5 verifica-se que houve digestão da epiderme da variedade F21 após 24h de incubação, mesmo apresentando lignificação.

No entanto, salienta-se que para a palma, a ação da microbiota ruminal para a colonização do material não possui grande destaque, quando comparada às demais forragens, visto que há maior exposição do tecido parenquimático para esta colonização. Como já relatado anteriormente, o tecido parenquimático da palma forrageira é composto basicamente por celulose, hemicelulose e pectina, as quais possuem parede celular delgada e suas células são pouco justapostas. Assim, após 24h de incubação *in situ*, observou-se que apenas a epiderme e a cutícula não apresentaram digestão total.

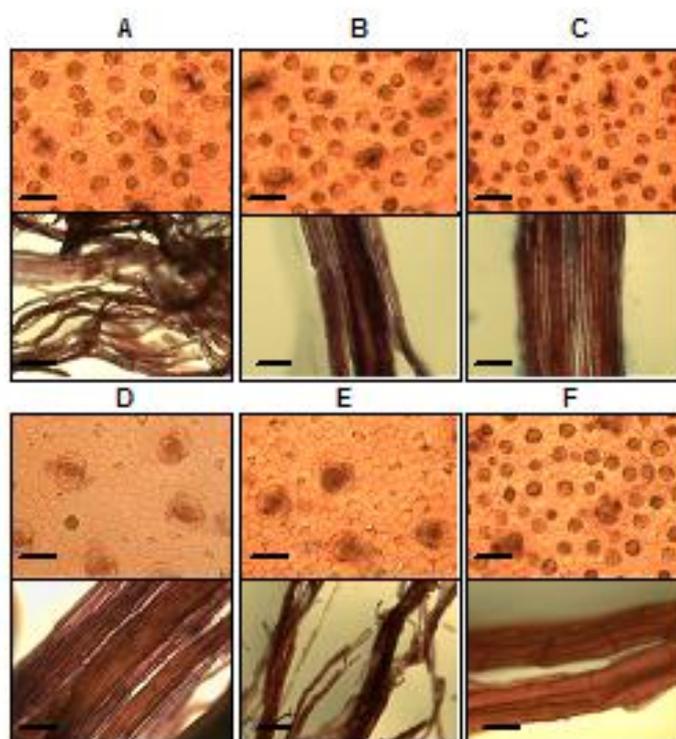


**Figura 5.** Células epidérmicas da variedade F21 (IPA 200021) após 24h de incubação *in situ* com lignificação da epiderme e cicatrizes - setas. Barra= 50 $\mu$ m.

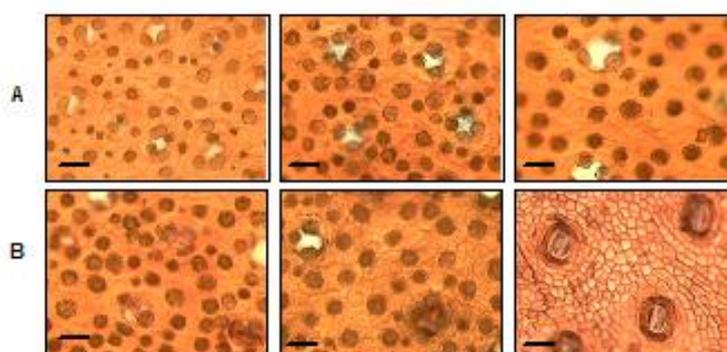
Para as variedades Orelha de elefante mexicana e IPA 20 com incubação dos cladódios nos períodos de 24 e 48 horas, foi verificado que houve alta taxa de digestão, restando apenas resíduos da epiderme, cutícula e parte estrutural na variedade Orelha de elefante mexicana (Figura 6) e apenas a epiderme e a cutícula (Figura 7) na variedade IPA 20. Tal resultado pode ser justificado através da lignificação destas partes, pois tecidos lignificados proporcionam menores taxas de digestibilidade, ocasionando uma barreira física para a aderência e penetração dos microrganismos no processo de digestão dos tecidos. Assim, maiores quantidades de tecidos vasculares lignificados e esclerenquimáticos proporcionam menores taxas de digestibilidade. Com isto, a deposição de lignina, além de epiderme mais espessa, pode justificar a maior resistência da variedade Orelha de elefante mexicana, em relação à Gigante, ao inseto cochonilha do carmim, uma vez que estas características podem dificultar a aderência do mesmo, impedindo que esse sugue a seiva da planta.

A variedade Orelha de elefante mexicana (Figura 6) apresentou menor degradabilidade no período de 24 horas (Figuras A, B e C) de incubação, em relação ao período de 48 horas (Figuras D, E e F). No entanto, conforme a Figura 7 (A e B), verificou-se que houve digestão no período de 24 e 48 horas de incubação *in situ* para a

variedade IPA 20 no estrato Apical, Mediano e Basal, tanto da epiderme como da cutícula, exceto para a Figura B3, relacionado ao estrato basal com 48 horas de incubação, restando material lignificado. Entretanto, o tecido de sustentação (fibras) foi digerido nos dois períodos de avaliação, o que se leva a inferir que esta fibra provavelmente apresenta menor proporção de lignina (Tabela 1), com valores médios de 2,46% para a variedade Orelha de elefante mexicana e de 3,44% para a variedade IPA 20.



**Figura 6.** Células epidérmicas e elementos de vaso da variedade Orelha de elefante mexicana (IPA 200016) após os períodos de 24 (A, B e C) e 48 horas (D, E e F) de digestão. Barra= 50µm.



**Figura 7.** Células epidérmicas com estômatos digeridos da variedade IPA 20 (IPA 100003) nos períodos de 24 horas (A) e 48 horas (B) após digestão nos estratos: Apical, Mediano e Basal. Barra= 50µm.

## Conclusões

De maneira geral, ocorreram variações na composição química das variedades de palmas estudadas, independente do nível de resistência à cochonilha do carmim.

As variedades de palma apresentaram alta digestibilidade, comprovadas pela alta taxa de degradação dos tecidos anatômicos, após os tempos de 24 e 48 horas de incubação *in situ*, independentes da variedade e do nível de resistência ao inseto cochonilha do carmim.

As células de parênquima e de colênquima sofreram digestão total em todas as variedades estudadas durante os períodos de 24 e 48 horas de incubação *in situ*. No entanto, a epiderme e as fibras mantiveram-se intactas.

## Referências Bibliográficas

- ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M. R. T.; COSTA, C. G. et al. Epiderme. In: Appezzato-da-Glória, B., Carmello Guerreiro, S.M. (orgs.) **Anatomia vegetal**. Viçosa: Editora da UFV, p.87-107. 2006.
- AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomie**, v. 81, p.17-25, 1989.
- ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. A.; BRASIL, L. H. A. et al. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.
- BARRIÈRE, Y.; EMILE, J. C. Le maïs fourrage. III - Evaluation et perspectives de progrès génétique sur les caractères de valeur alimentaire. **Fourrages**, n. 163, p.221-238, 2000.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.
- BOUDET, A. M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 38, p.81-96, 2000.
- CAVALCANTI, C. V. A.; FERREIRA, M. A.; CARVALHO, M. C. et al. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.689-693, 2008.
- CARVALHO, M. C.; FERREIRA, M. A.; CAVALCANTI, C. V. A. et al. Associação do bagaço de cana-de-açúcar, palma forrageira e uréia com diferentes suplementos em dietas para novilhas da raça holandesa. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.27, n.2, p.247-252, 2005.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: Estrutura e funções de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, p. 234, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.
- FERREIRA, C. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, D. C. et al. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1560-1568, 2003.
- FERREIRA, M. A.; PESSOA, R. A. S.; BISPO, S. V. Otimização de dietas a base de palma forrageira e alternativas de suplementação para regiões semi-áridas In: VII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. **Anais eletrônicos...** Viçosa, MG. VII SIMCORTE, 26, 2010.

- LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano**. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25 n.2, p.339-345, 2003a.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Substituição Parcial do Farelo de Soja por Ureia e Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Dietas Para Vacas em Lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736, 2003b.
- MENEZES, D. R.; ARAÚJO, G. G. L., SOCORRO, E. P. et al. Níveis de uréia em dietas contendo co-produto de vitivinícolas e palma forrageira para ovinos Santa Inês. **Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.3, p.662-667, 2009.
- MUNIZ, E. B.; MIZUBUTI, I. Y.; PEREIRA, E. S. et al. Cinética de degradação ruminal de carboidratos de volumosos secos e aquosos: técnica de produção de gases. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1191-1200, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D.C.: **National Academy Press**. p.13-25, 2001.
- OLIVEIRA, V. S.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A. et al. Substituição total do milho e parcial do feno de capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1419-1425, 2007.
- PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S. et al. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p.1079-1094, 2010.
- PEREIRA, J. R.; ROSSI JÚNIOR, P. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 34p, 1984.
- RAMALHO, R. P.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Substituição do farelo de soja pela mistura raspa de mandioca e uréia em dietas para vacas mestiças em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1212-1220, 2006.
- RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. et al. Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 48p. (Documentos, 30). 2006.
- SANTOS, D. C.; LIRA, M. A., SILVA, M. C. et al. Características agrônômicas de clones de palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. V CONGRESSO

- NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2008. (CD-ROM).
- SANTOS, G. R. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R. et al. Composição química e degradabilidade da matéria seca de dez clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. (CD-ROM).
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Palma Forrageira. In: FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Ed.) **Plantas forrageiras** Viçosa, MG: Ed. UFV, p.459-493, 2010.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus indica* Mill) e miúda (*Nopalea cochenullifera*) na produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I. et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.12-17, 2001.
- SCATENA, V. L.; SCREMIN-DIAS, E. Parênquima, Colênquima e Esclerênquima. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (orgs.) **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, p.109-119, 2006.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3ª ed. Viçosa, MG, UFV, Editora UFV, 235p, 2002.
- SILVA, M. G. S.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ASSIS, L. C. S. L. C. et al. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p.118-122, 2010.
- SILVA, R. R.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 29, n. 3, p.317-324, 2007.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- STOKES, S. R.; HOOVER, W. H.; MILLER, T. K. et al. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.871-876, 1991.
- TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Effects of incorporating cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and urea-treatment of straw on the performance of sheep. In.: **Conference on International Agricultural Research for Development**, Tropentag, 2005, Stuttgart-Hohenheim, 2005.

- TEIXEIRA, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; PEREZ, J. R. O. et al. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira *Nopalea cochenillifera* (L.) Lyons-cactaceae) em bovinos e caprinos. **Ciência e Agrotécnica**, v.23, n.1, p.179-186, 1999.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - **Laboratory of Climatology**, p.104 (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1), 1955.
- TOLIVIA, D.; TOLIVIA, J. Fasga: A new polychromatic method for simultaneous and differential staining of plant tissue. **Journal Microscopy**, v. 148, p.113-117, 1987.
- TORRES, L. C. L.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A. et al. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.
- TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, R. L. et al. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção animal**, v.8, n.3, p.239-249, 2007.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Cornell: Cornell University Press, 476p, 1994.
- VARGAS, L. H.; LANA, R. P.; JHAM, G. N.; et al. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: Parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31 n.1, p.522-529, 2002.
- VASCONCELOS, A. G. V. **Seleção de clones de palma forrageira resistentes a colchonilha do carmim *Dactylopius* sp. (Hemiptera, Dactylopiidae)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 48p, 2002.
- VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.
- WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; St.PIERRE, N. R. A. Theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, p.95-110, 1992.

### CAPÍTULO 3

#### **Digestibilidade *in vitro* e caracterização morfométricas de tecidos de variedades de palma forrageira com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim**

**(*Dactylopius opuntiae* Cockerell)<sup>2</sup>**

**Resumo** - A cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) é uma praga que vem causando prejuízos à palma forrageira no nordeste brasileiro. O uso de inseticidas traz prejuízos ambientais, assim, a utilização de variedades tolerantes a esta praga é uma importante alternativa. Diante do exposto, objetivou-se avaliar variedades de palma com diferentes resistências à *Dactylopius opuntiae*, quanto à digestibilidade *in vitro* e características anatômicas. Avaliou-se seis variedades de palma do gênero *Opuntia* sp. (duas de alta resistência – Orelha de elefante mexicana e Orelha de elefante africana, uma de baixa resistência – F08 e três susceptíveis – IPA 20, Copena e Gigante) e quatro do gênero *Nopalea* sp. (três de alta resistência – Miúda, Orelha de onça, IPA Sertânia e uma de baixa resistência – F21). Avaliou-se a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), área da epiderme ( $\mu\text{m}^2$ ), área da hipoderme ( $\mu\text{m}^2$ ), espessura da epiderme ( $\mu\text{m}$ ) e espessura da hipoderme ( $\mu\text{m}$ ). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Destaca-se que os teores de DIVMS e DIVFDN foram altos para todas as variedades estudadas e para época de coleta, variando de 79,0% a 90,9% para DIVMS e 82,0% a 92,3% para a DIVFDN. Houve efeito de época ( $P < 0,05$ ) para a caracterização anatômica da epiderme e hipoderme, com destaque para a variedade Orelha de elefante africana, que obteve maior valor para a área da hipoderme de diferentes ordens (88999,0  $\mu\text{m}^2$ , 92462,0  $\mu\text{m}^2$  e 84836,0  $\mu\text{m}^2$ ) e espessura da hipoderme (93,0  $\mu\text{m}$ , 98,5  $\mu\text{m}$  e 89,1  $\mu\text{m}$ ), independente de coleta e ordem dos cladódios. Para a área e espessura da epiderme, as variedades Copena, IPA 20 e Gigante, observou-se maiores valores, tanto para as coletas quanto para a ordem dos cladódios. A digestibilidade *in vitro* da MS e FDN de palma foram altas, independente da variedade e do nível de resistência ao inseto cochonilha do carmim. A resistência da palma à cochonilha do carmim, aparentemente não está relacionada à área e espessura da epiderme e hipoderme.

---

<sup>2</sup> Artigo elaborado segundo as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.

**Termos para indexação:** anatomia, cactáceas, epiderme, hipoderme

***In vitro* digestibility and tissue morphometric characterization of cactus cladodes from varieties with different levels of resistance to the carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell)<sup>2</sup>**

**Abstract** - Carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) is a pest that causes damage to the prickly-pear cactus production in Northeastern Brazil. The use of insecticides provides environmental pollution; therefore the use of tolerant varieties to this plague is an important alternative. Thus, the objective of this study was to evaluate prickly-pear cactus varieties with different levels of resistance to *Dactylopius opuntiae*, in measuring the *in vitro* digestibility and anatomical characteristics. It was studied six varieties of cactus genus *Opuntia* sp. (two with high level of resistance to the plague – ‘Orelha de elefante mexicana’ and ‘Orelha de elefante africana’; a low resistance - F08 and three susceptible to the plague – ‘IPA 20’, ‘Copena’ and ‘Gigante’) and four of the genus *Nopalea* sp. (three with high resistance to the plague – ‘Miúda’, ‘Orelha de onça’ and ‘IPA Sertânia’ and a low resistance – ‘F21’). It was evaluated the *in vitro* dry matter (IVDMD) digestibility, *in vitro* neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD), area ( $\mu\text{m}^2$ ) and thickness ( $\mu\text{m}$ ) of epidermis and hypodermis. The experimental design was a complete randomized block with four replications. High levels of IVDMD and IVNDFD were found for all varieties and month of sampling, with values ranging from 79,0% to 90,9% for IVDMD and 92,3% to 82,0 % to IVNDFD. There was time effect ( $P < 0,05$ ) for anatomical characterization of the epidermis and hypodermis, with highlight to Orelha de elefante africana with great value of area to hypodermis of different orders (88999,0  $\mu\text{m}^2$ , 92462,0  $\mu\text{m}^2$  and 84836,0  $\mu\text{m}^2$ ) and hypodermis thickness (93,0  $\mu\text{m}$ , 98,5  $\mu\text{m}$  and 89,1  $\mu\text{m}$ ), regardless of the time of collect and order of cladodes. For the area and thickness of epidermis, ‘Copena’, ‘IPA 20’ and ‘Gigante’ showed greater values. The IVDMD and IVNDFD were high for prickly-pear cactus, regardless of the variety and level of resistance to the insect cochineal carmine. Resistance to insect cochineal carmine, is not related to the area and thickness of the epidermis and hypodermis.

**Index terms:** anatomy, cactus, epidermis, hypodermis

## Introdução

A pecuária é a grande vocação da região Nordeste do Brasil, tendo a caatinga como importante recurso forrageiro, a qual pelas características sazonais das plantas, pelas condições adversas de clima e de solo e, principalmente, por parte da vegetação ser de plantas não forrageiras, apresenta baixa capacidade de suporte (Santos et al., 2010a; Santos et al., 2011).

A palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) é uma importante alternativa forrageira para região semiárida, por apresentar metabolismo CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) e elevada eficiência no uso da água (Lira et al., 2011; Santos et al., 2011). Essa cactácea apresenta baixo teor de matéria seca, fibra e proteína bruta (Santos et al., 2010b), além de alta digestibilidade (Santos et al., 1990), nutrientes digestíveis totais (Melo et al., 2003) e carboidratos não fibrosos (Wanderley et al., 2002), tendo sua composição variável conforme o cultivar, manejo e ordem do cladódio, dentre outros fatores.

A proporção de tecidos de variedades de palma (Silva et al., 2010; Vasconcelos, 2011) pode ter alguma relação com a resistência de algumas variedades à cochonilha do carmim, praga que vem devastando plantações no Nordeste brasileiro. O estudo dessa relação é importante para verificar entre as variedades de palma, com certo grau de resistência a praga, quais são mais digestíveis pelo animal e se alguma característica anatômica se correlaciona com a sua resistência. Tais informações poderão auxiliar na escolha das espécies mais resistentes, sem comprometimento do consumo e desempenho animal.

De acordo com Carvalho & Pires (2008), dentre as características anatômicas que têm impacto sobre o valor nutritivo, destacam-se a proporção de tecidos e a espessura da parede celular. Tais características apresentam altas correlações com os

teores de fibra, de lignina e de proteína bruta e com os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

A descrição histo-anatômica da distribuição e disposição dos tecidos de cactáceas de interesse forrageiro, para melhor compreensão de sua digestibilidade e resistência a doenças, é escassa (Silva et al., 2010).

Assim, objetivou-se avaliar a digestibilidade *in vitro* e caracterização morfométrica de tecidos de variedade de palma com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim em duas épocas de coleta.

### **Material e Métodos**

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Arcoverde pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, localizada na mesorregião Sertão e na Microrregião Sertão do Moxotó do Estado de Pernambuco. A cidade de Arcoverde tem as seguintes latitudes 8°25'S e 37°02'W, altitude de 750 m, com solo caracterizado por Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 2006) e classificação climática de Thornthwaite et al. (1955) com o tipo Dd'a' (semiárido megatérmico).

O palmal foi estabelecido em 2007, com análise do solo para  $k=0,07\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ;  $\text{Al}=0,15\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ;  $\text{Ca}=2,80\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  e  $\text{Mg}=0,70\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , em espaçamento de 2,0 x 1,0m. Foi utilizada adubação orgânica e química de fundação e de cobertura. A adubação orgânica foi utilizada na proporção de 20 t/ha/ano de esterco bovino no início do período chuvoso e a adubação química na proporção de 20:10:20 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, totalizando 500 kg/ha/ano, sendo realizada um mês após a adubação orgânica. A adubação de fundação foi realizada em 2007 e as demais realizadas em 2007, 2009 e 2010 entre os meses de Abril e Maio.

No ano 2010 a precipitação média anual da área experimental foi de aproximadamente 900 mm (Figura 1), conforme os dados pluviométricos do IPA de Arcoverde.

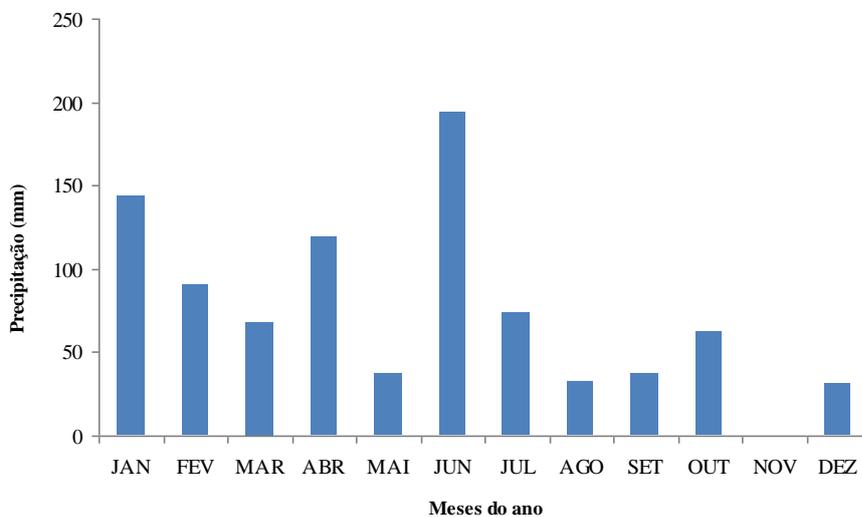


Figura 1: Dados pluviométricos mensais da Estação Experimental de Arcoverde-PE em 2010.

Foram avaliadas 10 variedades de palma forrageira, as quais foram escolhidas pelo critério de diferentes níveis de resistência ao inseto *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Vasconcelos, 2002; Santos et al., 2008; Vasconcelos et al., 2009; Silva et al., 2010). Foram avaliados seis clones do gênero *Opuntia* sp. e quatro do gênero *Nopalea* sp., conforme Tabela 1.

Tabela 1. Identificação e nível de resistência de variedades de palma forrageira avaliadas.

Gênero	Variedades	Espécies	Nº no BAG	Níveis de resistência
<i>Opuntia</i> sp.	Orelha de elefante mexicana	<i>Opuntia strica</i> Haw	IPA-200016	Alta resistência
	Orelha de elefante africana	<i>Opuntia undulata</i> Griffiths	IPA-200174	Alta resistência
	IPA20	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill	IPA-100003	Susceptível
	Copena	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill	IPA-200001	Susceptível
	Gigante	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill	IPA-100001	Susceptível
	F08	<i>Opuntia atropes</i> Rose	IPA-200008	Baixa resistência
<i>Nopalea</i> sp.	Miúda	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-100004	Alta resistência
	Orelha de onça	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-200206	Alta resistência
	IPA Sertânia	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-200205	Alta resistência
	F21	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA-200021	Baixa resistência

Foram coletados três cladódios por planta de cada variedade (uma planta), com quatro repetições (blocos). Os blocos estavam em um arranjo de cruzamentos em dialelo, onde as parcelas eram constituídas por uma única planta.

Foram realizadas duas coletas, uma no período considerado chuvoso (Janeiro de 2010) na região e outra no período seco (Dezembro de 2010), sendo a primeira coleta aos 34 meses e a segunda aos 45 meses após o plantio. Foram coletados três cladódios de diferentes ordens (secundária, terciária e quaternária). Para a caracterização anatômica, foi feita a coleta de uma área de 5 cm em cada cladódio na parte mediana.

As análises das amostras foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal (LAB) e no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG), da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

As amostras foram identificadas e armazenadas em frascos de polietileno, contendo solução de FAA (90 ml de etanol 50%, 5 ml de ácido acético glacial e 5 ml de formaldeído) por 48 horas. Em seguida, cada amostra foi retirada da solução, lavadas

com água destilada, e reimersas em álcool 70% para avaliações histológicas (Sass, 1951).

Para a determinação da morfometria da área e espessura da epiderme e hipoderme, foram realizados cortes manuais com lâmina de aço. Foi adicionado hipoclorito de sódio 6% em todas as amostras obtidas, para eliminação de todo o conteúdo celular. Após um minuto em repouso na solução de hipoclorito de sódio, as amostras foram imersas em solução de ácido acético 5% por cinco minutos e, em seguida, foram lavadas por três vezes com água desmineralizada durante 15 minutos. Uma vez finalizadas todas as etapas de lavagem, as amostras foram então incubadas, durante uma noite, em solução de Fasga diluída a 1/8 (Tolivia & Tolivia, 1987), onde a lignina foi corada em vermelho e a celulose em azul. Em seguida, os cortes foram colocados individualmente entre lâmina e lamínula, com ajuda de uma gota de água por amostra e examinados ao microscópio, para captura das imagens através de uma máquina digital, acoplada ao microscópio. As secções foram fotomicrografadas através de câmara digital, acoplada ao microscópio. Foi utilizado, para avaliações das imagens, um programa computacional (software Sigma Scan Pro5) para obtenção da área ( $\mu\text{m}^2$ ) e espessura ( $\mu\text{m}$ ) da epiderme e hipoderme.

Os materiais referentes a cada variedade de palma, após separação dos segmentos para as análises histológicas, foram homogeneizados para obtenção de uma amostra composta por parcela. Estas amostras foram secas em estufa de 55°C, com ventilação forçada por 72 horas e, em seguida, moídas em moinho provido de peneira de 1 mm e armazenadas em frascos de polietileno para posterior análise química.

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e da FDN (DIVFDN) foram determinadas segundo a técnica de Tilley & Terry (1963), adaptada para o uso do Rúmen Artificial (DAISY<sup>II</sup>), desenvolvida por ANKOM<sup>®</sup>, conforme descrito por Holden (1999). Para a coleta do líquido ruminal foi utilizada uma vaca mestiça

multípara, munida de cânula ruminal, a qual foi alimentada com uma dieta à base de palma forrageira, silagem de milho e concentrado protéico. Foram colocadas, em cada jarro, amostras das variedades de palma em filtros de náilon (F57 - ANKOM<sup>®</sup>), lacrados a quente e acondicionados em jarros com solução tampão A (1.330 mL), solução tampão B (266 mL) e líquido ruminal (1.400 mL). Esses jarros foram incubados por 48 horas a 39°C, em meio anaeróbio. Após o período de 48h de digestão, foram adicionadas 40 mL de ácido clorídrico 6N e 8 g de pepsina (1:10.000) para a segunda etapa da técnica de Tilley & Terry (1963), e determinaram-se a MS analítica dos resíduos da digestibilidade, segundo Silva & Queiroz (2002). Para a DIVFDN, após o período de 48 horas de incubação no rumem artificial, as amostras foram lavadas e, em seguida, determinou-se os teores de FDN, também segundo (Silva & Queiroz, 2002).

A DIVMS e DIVFDN foram calculadas pela diferença entre a quantidade incubada e o resíduo que ficou após a incubação; análises e secagem das amostras em estufa foram determinadas através das fórmulas:

$$\%DIVMS = 100 - [(W3 - (W1 \times W4)) \times 100 / W2]$$

Onde:

W<sub>1</sub> = peso de tara da bolsa

W<sub>2</sub> = peso de amostras

W<sub>3</sub> = peso da bolsa final depois de 24 h de digestão com Pepsina + ácido clorídrico

W<sub>4</sub> = correção da bolsa em branco (peso da bolsa em branco. Depois do ensaio de digestão Pepsina+HCl/peso da bolsa original.)

$$\%DIVFDN = 100 - [(W3 - (W1 \times W4)) \times 100 / W2]$$

Onde:

W<sub>1</sub> = peso de tara da bolsa

W<sub>2</sub> = peso de amostras

W<sub>3</sub> = peso da bolsa final depois de determinação de FDN

W<sub>4</sub> = correção da bolsa em branco (peso da bolsa em branco. Depois do ensaio de FDN/peso da bolsa original.)

Para análise DIVMS, DIVFDN e cortes histológicos utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso (10 variedades x 4 blocos). A análise estatística dos dados referentes

à DIVMS e da DIVFDN foi realizada como medidas repetidas no tempo, sendo a coleta a repetição no tempo. Os estudos morfométricos foram avaliados como parcela subdividida, incluindo como fator a ordem dos cladódios. A análise foi realizada através do pacote estatístico SAS<sup>®</sup> (*Statistical Analysis System*), sendo utilizado o PROC MIXED na análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste PDIFF ajustado para Tukey a 5% de probabilidade.

## **Resultados e Discussão**

### *Digestibilidade in vitro*

Para as variáveis Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS) e Digestibilidade *in vitro* da Fibra em Detergente Neutro (DIVFDN) houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre coletas e variedades estudadas.

Para o teor de DIVMS (Tabela 2), na primeira coleta observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as variedades de palma, destacando-se as variedades Orelha de elefante mexicana (90,9%), Orelha de elefante africana (89,7%) e IPA Sertânia (89,3%), quando comparada com as variedades F08 (80,0%) e Gigante (83,7%). Na segunda coleta foi verificado superioridade ( $P < 0,05$ ) da variedade F21 (88,2%), em relação à Orelha de elefante mexicana (78,1%) e F08 (79,0%), sendo semelhantes ( $P > 0,05$ ) as variedades Miúda (85,3%) e IPA Sertânia (86,3%).

Em relação à interação das duas coletas, para as variedades de palma forrageira, houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para as variedades F21 (83,4% e 88,2%), Orelha de elefante mexicana (90,9% e 78,1%), Orelha de elefante africana (89,7% e 82,7%) e Copena (87,9% e 81,7%), para a primeira e segunda coleta, respectivamente. De maneira geral, os valores de digestibilidade *in vitro* observados foram altos, provavelmente devido ao método utilizado (DAISY<sup>II</sup>). Alta digestibilidade indica o

aproveitamento do alimento pelos animais, aspecto importante no uso da planta como forragem, além de indicar a alta persistência de valor nutritivo da palma, quando colhida aos 34 e 45 meses após plantio, aspecto esse associado à menor velocidade de crescimento das cactáceas. Para segunda coleta, observou-se menores valores de digestibilidade para algumas variedades, o que provavelmente está associado à maior idade do material coletado.

Santos et al. (1990) realizaram um experimento no município de São Bento de Una, entre outubro de 1987 a março de 1988, e constataram, para a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) das variedades de palma Redonda, Gigante e Miúda, valores de 74,4%; 75,0% e 77,4%, respectivamente. Esses valores foram inferiores aos observados no presente trabalho. Entretanto, vale ressaltar que na presente pesquisa utilizou-se a técnica da ANKOM<sup>®</sup> para determinação de digestibilidade e o material tinha 34 meses de idade na primeira coleta e 45 meses na segunda coleta.

Alves et al. (2008) encontraram valores de DIVMS de 53,1% para palma do gênero *Opuntia* cultivada em Petrolina, sendo a coleta realizada no período seco.

Os valores de DIVMS variaram entre coletas e variedades. Vale ressaltar que as variedades do gênero *Nopalea*, de maior resistência à cochonilha do carmim, com exceção da variedade F21 (baixa resistência), foram semelhantes às variedades do gênero *Opuntia*, que têm diferentes níveis de resistência ao inseto, aspecto importante no uso desses materiais no atendimento de parte das necessidades dos animais.

Para teor de DIVFDN (Tabela 2) na primeira coleta, observou-se superioridade ( $P < 0,05$ ) das variedades IPA Sertânia (90,5%) e Orelha de elefante mexicana (90,3%), quando comparadas com as variedades F08 (85,4%) e Orelha de elefante africana (83,0%). Na segunda coleta, observou-se semelhança ( $P > 0,05$ ) para as variedades Miúda (91,2%), Orelha de onça (91,6%), F21 (90,6%), F08 (88,9%), Orelha de elefante mexicana (91,1%) e Orelha de elefante africana (91,6%), em relação às demais

variedades. Considerando as coletas realizadas, observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre coletas para as variedades Miúda, Orelha de onça, F08, F21 e Orelha de elefante africana, sendo maiores os valores na segunda coleta.

Os valores de DIVFDN observados para as variedades de palma forrageira, independente do gênero e do grau de resistência à cochonilha do carmim, podem ser considerados altos. Neste sentido, a palma apresenta altos teores de pectina (Silva et al., 1997; Santos et al., 2010b) e, segundo Van Soest (1994), alimentos com alta concentração de pectina podem proporcionar melhor padrão de fermentação ruminal que fontes tradicionais de amido.

Os altos valores de DIVMS e de DIVFDN observados (Tabela 2) resultam em elevado teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), expressando, assim, o valor energético da palma. Segundo Van Soest (1994), medidas de digestibilidade servem para qualificar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo, indicando a quantidade percentual de cada nutriente do alimento que o animal potencialmente pode aproveitar.

Vale ressaltar que são escassos os trabalhos na literatura que relatam a DIVFDN de palma forrageira. Andrade et al. (2002) avaliaram a digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa, alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), e concluíram que a digestibilidade de dietas à base de palma foi afetada pelos teores de carboidratos não fibrosos e fibra em detergente neutro. Quando a palma forrageira é utilizada em grande proporção na dieta, há aumento considerável na porcentagem de carboidratos não fibrosos, e isto contribui para a diminuição da digestibilidade dos nutrientes.

O teor de FDN das forragens tem grande variação, pois depende da espécie, da maturidade da planta e, principalmente, das condições de crescimento. A análise do teor de FDN das forragens é realizada devido a estas variações, assim como para verificar a

importância nutricional. A digestibilidade da FDN é um parâmetro importante para avaliar a qualidade da forragem, pois há grande variação na degradabilidade ruminal da FDN, o que pode influenciar o desempenho animal. É necessário informações acerca dos alimentos, para que eles sejam fornecidos de maneira correta aos animais.

Tabela 2. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.

Coleta	Variedades									
	Miúda	O. de onça	F21	IPA Sertânia	F08	O. E. Mexicana	O. E. Africana	IPA 20	Copena	Gigante
DIVMS (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	88,2 A ab	86,4 A ab	83,4 B bc	89,3 A a	80,0 A c	90,9 A a	89,7 A a	87,0 A ab	87,9 A ab	83,7 A bc
Segunda <sup>3</sup>	85,3 A ab	82,0 A bc	88,2 A a	86,3 A ab	79,0 A c	78,1 B c	82,7 B bc	82,9 A bc	81,7 B bc	82,0 A bc
Erro padrão	1,8									
DIVFDN (%) <sup>1</sup>										
Primeira <sup>2</sup>	86,6 B cd	86,9 B bc	86,6 B cd	90,5 A a	85,4 B cde	90,3 A ab	83,0 B e	85,1 A de	85,7 A cde	85,1 A de
Segunda <sup>3</sup>	91,2 A a	91,6 A a	90,6 A a	92,3 A a	88,9 A ab	91,1 A a	91,6 A a	85,7 A bc	83,3 A cd	81,8 A d
Erro padrão	1,2									

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem (P<0,05) para cada variável analisada pelo teste F e minúsculas na linha diferem (P<0,05) pelo teste Tukey a 5%.

<sup>1</sup>(% na MS); <sup>2</sup>(Período seco); <sup>3</sup>(Período chuvoso).

## Caracterização anatômica

Para área da epiderme, área da hipoderme, espessura da epiderme e espessura da hipoderme observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre os fatores coleta e variedades de palma (Tabela 3).

Na primeira coleta, observou-se superioridade ( $P < 0,05$ ) para área da epiderme (Tabela 3) para a variedade Copena ( $19576,0 \mu\text{m}^2$ ), em relação às demais variedades. Na segunda coleta, foram observados maiores valores para as variedades IPA 20 (susceptível), Copena (susceptível) e Gigante (susceptível), quando comparadas com as outras variedades. Entre coletas, observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a área da epiderme para as variedades F21 ( $10404,0 \mu\text{m}^2$  e  $11764,0 \mu\text{m}^2$ ), IPA 20 ( $18325,0 \mu\text{m}^2$  e  $20412,0 \mu\text{m}^2$ ) e Gigante ( $18184,0 \mu\text{m}^2$  e  $20292,0 \mu\text{m}^2$ ), na primeira e segunda coleta, respectivamente, com maiores valores para a segunda. Uma possível explicação para, na segunda coleta, ter sido observado os maiores valores para área da epiderme, provavelmente ocorreu pelo fato de os cladódios estarem em um estágio fisiológico mais avançado que os cladódios, na primeira coleta.

Assim, pode-se inferir que esta variável não é uma medida que possa ser associada à resistência à cochonilha do carmim entre cultivares de palma. Provavelmente, outros fatores estejam influenciando no maior grau de resistência ao inseto, como por exemplo, os tipos de lignina e, principalmente, os seus componentes intermediários da síntese, como os ácidos hidroxifenólicos, que podem estar ligados a hemicelulose presente na parede celular através de ligações ester e/ou éter (Boudet, 2000).

Para a área da hipoderme na primeira coleta, a variedade Orelha de elefante africana ( $86673,0 \mu\text{m}^2$ ), classificada de alta resistência à cochonilha do carmim (Vasconcelos et al., 2002; Santos et al. 2008; Vasconcelos et al., 2009; Lopes et al.

2010) mostrou-se superior em relação às outras variedades, principalmente quando comparada com a variedade de baixa resistência F21 (40396,0  $\mu\text{m}^2$ ), que apresentou menor área da hipoderme, mas não diferiu ( $P>0,05$ ) das variedades Miúda e Orelha de onça (alta resistência). Na segunda coleta, a variedade Orelha de elefante africana também foi superior, quando comparada com a variedade Orelha de onça, assim como as demais. Estas variedades são todas consideradas resistentes à cochonilha do carmim (Vasconcelos, 2002; Santos et al., 2008; Vasconcelos et al., 2009; Silva et al., 2010; Lopes et al., 2010). Assim, resulta-se que a variável área da hipoderme não deve ser considerada como parâmetro para ser associado à resistência à cochonilha do carmim, entretanto, a sua composição deve ser considerada.

Houve efeito significativo da coleta ( $P<0,05$ ) para as variedades Orelha de elefante mexicana (73423,0  $\mu\text{m}^2$  e 67088,00  $\mu\text{m}^2$ ) e Gigante (65219,0  $\mu\text{m}^2$  e 73895,0  $\mu\text{m}^2$ ), para a primeira e segunda coleta, respectivamente.

Com relação à espessura da epiderme (Tabela 3), na primeira coleta, houve diferença significativa ( $P<0,05$ ), observando-se que a variedade Copena (43,5  $\mu\text{m}$ ), Orelha de elefante africana (42,0  $\mu\text{m}$ ) e IPA 20 (43,1  $\mu\text{m}$ ) apresentaram os maiores valores em relação às demais, tendo a variedade F21 (22,7  $\mu\text{m}$ ) apresentando menor espessura da epiderme, não diferindo ( $P>0,05$ ) das variedades Miúda, Orelha de onça e IPA Sertânia. Ressalta-se que a variedade F21 é considerada de baixa resistência à cochonilha do carmim (Santos et al., 2008). Na segunda coleta, houve superioridade ( $P<0,05$ ) para as variedades IPA 20 (45,30  $\mu\text{m}$ ), Copena (43,78  $\mu\text{m}$ ) e Gigante (44,67  $\mu\text{m}$ ) em relação à variedade Orelha de onça (24,63  $\mu\text{m}$ ), sendo essa semelhante ( $P>0,05$ ) às variedades Miúda, IPA Sertânia e F21. É importante mencionar que as variedades que apresentaram maior espessura da epiderme são susceptíveis à cochonilha do carmim, enquanto a Orelha de onça com menor espessura é altamente resistente à praga (Santos et al., 2008).

Considerando as duas coletas, observou-se efeito desse fator ( $P < 0,05$ ) para as variedades Miúda (23,7  $\mu\text{m}$  e 26,5  $\mu\text{m}$ ), F21 (22,7  $\mu\text{m}$  e 25,5  $\mu\text{m}$ ), Orelha de elefante africana (42,0  $\mu\text{m}$  e 39,3  $\mu\text{m}$ ) e Gigante (40,9  $\mu\text{m}$  e 44,7  $\mu\text{m}$ ), para a primeira e segunda coleta, respectivamente.

As medidas da espessura da epiderme, juntamente com as da hipoderme revelaram que os maiores valores obtidos foram para a variedade Orelha de elefante africana (132,6  $\mu\text{m}$  e 135,8  $\mu\text{m}$  para a primeira e segunda coleta, respectivamente), em relação às demais variedades. Silva et al. (2010) estudaram aspectos anatômicos de quatro variedades de palma forrageira F21 (IPA-200021), Gigante (IPA-100001), IPA-20 (IPA-100003) e Orelha de elefante africana (IPA-200174), no agreste pernambucano, no período de março a julho de 2006, e encontraram valores de 259,70  $\mu\text{m}$  de espessura da cutícula+epiderme+hipoderme para a variedade Orelha de elefante africana, em palmar, estabelecido há 8 anos de idade, valor este superior ao encontrado no presente trabalho para a mesma variedade, aos 34 meses de idade para a primeira coleta e 45 meses para a segunda.

Bobich & Nobel (2001) estudaram quatro espécies de *Opuntia*, cultivadas no deserto de Sonora, nos Estados Unidos, e observaram espessura da epiderme+hipoderme variando entre 91 a 125  $\mu\text{m}$ . No presente trabalho, essa característica variou de 62,6  $\mu\text{m}$  para a variedade F21 a 135,8  $\mu\text{m}$  para a variedade Orelha de elefante africana, em relação às demais variedades.

Para a espessura da hipoderme (Tabela 3) na primeira coleta, houve superioridade ( $P < 0,05$ ) para a variedade Orelha de elefante africana (90,6  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade F21 (39,9  $\mu\text{m}$ ), não diferindo essa ( $P > 0,05$ ) das variedades Miúda e Orelha de onça. Na segunda coleta, também houve superioridade ( $P < 0,05$ ) da variedade Orelha de elefante africana (96,5  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade Orelha de onça (38,4  $\mu\text{m}$ ), sendo essa semelhante ( $P > 0,05$ ) às variedades Miúda e F21.

Considerando as duas coletas, houve efeito desse fator ( $P < 0,05$ ) para as variedades Orelha de elefante africana (90,6  $\mu\text{m}$  e 96,5 $\mu\text{m}$ ), Copena (74,0  $\mu\text{m}$  e 66,7  $\mu\text{m}$ ) e Gigante (65,0  $\mu\text{m}$  e 71,8  $\mu\text{m}$ ), na primeira e segunda coleta, respectivamente.

Para a espessura da hipoderme na primeira coleta, a variedade Orelha de elefante africana, resistente à cochonilha do carmim (Vasconcelos et al., 2009; Silva et al., 2010; Lopes et al., 2010; Vasconcelos, 2011) mostrou-se superior às demais variedades e a F21 (baixa resistência), o menor valor para esta variável. Na segunda coleta, a variedade Orelha de elefante africana também foi superior, quando comparada com a variedade Orelha de onça.

As variedades do gênero *Nopalea* (Miúda, Orelha de onça e IPA Sertânia) são consideradas de alta resistência à praga, conforme Santos et al. (2008) e Vasconcelos et al. (2009), em relação a algumas variedades do gênero *Opuntia*. Segundo Lopes et al. (2010), o efeito adverso que uma planta exerce sobre a biologia do inseto, pode ser devido à presença de substâncias tóxicas e/ou inibidoras de desenvolvimento (denominadas de antibióticas), ou ainda devido a um desequilíbrio nutricional e/ou ausência de nutrientes essenciais ou não, sendo este tipo de resistência denominada de antibiose.

Tabela 3. Características histológicas de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., conforme a coleta.

Coleta	Variedades									
	Miúda	O. de onça	F21	IPA Sertânia	F08	O. E. Mexicana	O. E. Africana	IPA 20	Copena	Gigante
	Área da Epiderme (µm <sup>2</sup> )									
Primeira <sup>1</sup>	10820,0 A d	10585,0 A d	10404,0 B d	11382,0 A d	14258,0 A c	14955,0 A c	17316,0 A b	18325,0 B b	19576,0 A a	18184,0 B b
Segunda <sup>2</sup>	11258,0 A d	10691,0 A d	11764,0 A d	11502,0 A d	14574,0 A c	15651,0 A c	18228,0 A b	20412,0 A a	19713,0 A a	20292,0 A a
Erro padrão	399,1									
	Área da Hipoderme (µm <sup>2</sup> )									
Primeira <sup>1</sup>	41739,0 A ef	40660,0 A f	40396,0 A f	46086,0 A de	50576,0 A d	73423,0 A b	86673,0 A a	69377,0 A bc	72750,0 A b	65219,0 B c
Segunda <sup>2</sup>	41180,0 A f	39558,0 A f	44213,0 A ef	47476,0 A e	55450,0 A d	67088,0 B c	90859,0 A a	70074,0 A bc	69057,0 A bc	73895,0 A b
Erro padrão	1762,5									
	Espessura da Epiderme (µm)									
Primeira <sup>1</sup>	23,7 B d	24,6 A d	22,7 B d	24,6 A d	32,0 A c	33,8 A c	42,0 A ab	43,1 A ab	43,5 A a	40,9 B b
Segunda <sup>2</sup>	26,5 A d	24,6 A d	25,5 A d	26,2 A d	34,1 A c	34,1 A c	39,3 B b	45,3 A a	43,8 A a	44,7 A a
Erro padrão	0,9									
	Espessura da Hipoderme (µm)									
Primeira <sup>1</sup>	41,2 A ef	40,5 A f	39,9 A f	45,6 A e	51,7 A d	71,4 A b	90,6 B a	70,1 A b	74,0 A b	65,0 B c
Segunda <sup>2</sup>	42,1 A f	38,4 A f	42,5 A f	48,3 A e	54,7 A d	70,3 A bc	96,5 A a	69,5 A bc	66,7 B c	71,8 A b
Erro padrão	1,6									

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem (P<0,05) para cada variável analisada pelo teste F e minúsculas na linha diferem (P<0,05) pelo teste Tukey a 5%.

<sup>1</sup>(Período seco);<sup>2</sup>(Período chuvoso).

Para as variáveis área da hipoderme, espessura da epiderme e espessura da hipoderme houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre os fatores ordem dos cladódios e variedades estudadas (Tabela 4). Entretanto, para a variável área da epiderme, houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) apenas para as diferentes ordens dos cladódios.

Para o cladódio de segunda ordem, em relação à área da hipoderme (Tabela 4), observou-se superioridade ( $P < 0,05$ ) para a variedade Orelha de elefante africana ( $88999,0 \mu\text{m}^2$ ) em relação à variedade Orelha de onça ( $40331,0 \mu\text{m}^2$ ), não diferindo ( $P > 0,05$ ) da variedade Miúda ( $41875,0 \mu\text{m}^2$ ).

Para o cladódio de terceira ordem foi verificada superioridade ( $P < 0,05$ ) da variedade Orelha de elefante africana ( $92462,0 \mu\text{m}^2$ ) em relação à variedade Orelha de onça ( $40648,0 \mu\text{m}^2$ ), sendo essa semelhante ( $P > 0,05$ ) às variedades Miúda, IPA Sertânia e F21.

Para o cladódio de quarta ordem foi verificado superioridade ( $P < 0,05$ ) da variedade Orelha de elefante africana ( $84836,00 \mu\text{m}^2$ ) em relação à variedade Orelha de onça ( $39348,00 \mu\text{m}^2$ ), sendo essa semelhante ( $P > 0,05$ ) às variedades Miúda e F21.

Entre a ordem de cladódios, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a variedade F21, entre o segundo e quarto cladódio ( $47055,0 \mu\text{m}^2$  e  $38838,0 \mu\text{m}^2$ , respectivamente). Para a variedade Orelha de elefante mexicana, houve diferença entre os cladódios de diferentes ordens ( $63538,0 \mu\text{m}^2$ ,  $70032,0 \mu\text{m}^2$  e  $77197,0 \mu\text{m}^2$ , segunda, terceira e quarta ordem, respectivamente) e para a Orelha de elefante africana entre o cladódio de terceira e quarta ordem ( $92462,0 \mu\text{m}^2$  e  $84836,0 \mu\text{m}^2$ , respectivamente).

A área da hipoderme da variedade Orelha de elefante africana, variedade de alta resistência à cochonilha do carmim (Santos et al., 2008; Vasconcelos et al., 2009; Silva et al., 2010; Lopes et al., 2010; Vasconcelos, 2011), independente da ordem dos

cladódios, foi superior aos valores observados para todas as variedades. A Orelha de onça apresentou os menores valores para os cladódios de segunda e terceira ordem e a F21 para o de quarta ordem, mas não diferindo ( $P>0,05$ ) das variedades Miúda e Orelha de onça. Estas variedades são consideradas de alta resistência à cochonilha do carmim, com exceção da variedade F21, que é considerada de baixa resistência (Vasconcelos, 2002; Vasconcelos et al., 2009; Lopes et al., 2010). Assim, pode-se inferir que a área da hipoderme, aparentemente, também não é um parâmetro anatômico a ser associada à resistência à cochonilha do carmim.

Para a espessura da epiderme (Tabela 4) do cladódio de segunda ordem, observou-se superioridade ( $P<0,05$ ) para as variedades Copena (45,2  $\mu\text{m}$ ), Orelha de elefante africana (42,6  $\mu\text{m}$ ), IPA 20 (44,0  $\mu\text{m}$ ) e Gigante (43,0  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade Orelha de onça (24,6  $\mu\text{m}$ ), não diferindo ( $P>0,05$ ) das variedades Miúda, IPA Sertânia e F21.

Com relação ao cladódio de terceira ordem, foi verificada superioridade ( $P<0,05$ ) da espessura da epiderme para a variedade IPA 20 (46,1  $\mu\text{m}$ ), Orelha de elefante africana (43,4  $\mu\text{m}$ ), Copena (44,4  $\mu\text{m}$ ) e Gigante (44,7  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade F21 (24,1  $\mu\text{m}$ ), sendo essa semelhante ( $P>0,05$ ) às variedades Miúda, Orelha de onça e IPA Sertânia.

Considerando o cladódio de quarta ordem, foi verificado superioridade ( $P<0,05$ ) da Espessura da Epiderme para as variedades IPA 20 (42,5  $\mu\text{m}$ ), Copena (41,2  $\mu\text{m}$ ) e Gigante (40,7  $\mu\text{m}$ ) em relação à variedade F21 (23,4  $\mu\text{m}$ ), esta semelhante ( $P>0,05$ ) às variedades Miúda, Orelha de onça e IPA Sertânia.

Comparando a espessura da epiderme das diferentes ordens dos cladódios, observou-se efeito significativo ( $P<0,05$ ) para a variedade IPA Sertânia entre o segundo e quarto cladódio (27,3  $\mu\text{m}$  e 24,3  $\mu\text{m}$ , respectivamente). Para a Orelha de elefante

africana não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os cladódios de segunda e terceira ordem (42,6  $\mu\text{m}$  e 43,4  $\mu\text{m}$ ). Para a variedade IPA 20 houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) entre os cladódios de terceira e quarta ordem (46,1  $\mu\text{m}$  e 42,5  $\mu\text{m}$ , respectivamente). Para a variedade Copena não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os cladódios de segunda e terceira ordem (45,2  $\mu\text{m}$  e 44,4  $\mu\text{m}$ ). A variedade Gigante apresentou diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre os cladódios de terceira e quarta ordem (44,7  $\mu\text{m}$  e 40,7  $\mu\text{m}$ , respectivamente).

Para a espessura da epiderme do cladódio de segunda ordem, os maiores valores foram observados para as variedades Copena (susceptível), Orelha de elefante africana (alta resistência), IPA 20 (susceptível) e Gigante (susceptível), em relação à variedade orelha de onça (alta resistência) e demais variedades. Para o cladódio de terceira ordem, os maiores valores foram observados nas variedades IPA 20 (susceptível), Copena (susceptível), Orelha de elefante africana (alta resistência) e Gigante (susceptível), em relação à variedade F21 (baixa resistência) e demais variedades. Para o cladódio de quarta ordem, os maiores valores foram para as variedades IPA 20, Copena e Gigante, em comparação à variedade F21.

Com relação à espessura da hipoderme (Tabela 4), do cladódio de segunda ordem, observou-se superioridade ( $P<0,05$ ) da variedade Orelha de elefante africana (93,0  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade Orelha de onça (39,8  $\mu\text{m}$ ), não diferindo ( $P>0,05$ ) das variedades Miúda e F21.

O cladódio de terceira ordem apresentou superioridade da Espessura da Hipoderme ( $P<0,05$ ) da variedade Orelha de elefante africana (98,5  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade Orelha de onça (39,5  $\mu\text{m}$ ), sendo essa semelhante ( $P>0,05$ ) às variedades Miúda, F21 e F08.

Para o cladódio de quarta ordem foi verificado superioridade ( $P < 0,05$ ) para a variedade Orelha de elefante africana (89,1  $\mu\text{m}$ ), em relação à variedade Orelha de onça (39,0  $\mu\text{m}$ ), sendo semelhantes ( $P > 0,05$ ) às variedades Miúda e F21.

A variedade Orelha de elefante mexicana apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os cladódios de segunda, terceira e quarta ordem (62,7  $\mu\text{m}$ , 71,3  $\mu\text{m}$  e 78,5  $\mu\text{m}$ , respectivamente). Para a variedade Orelha de elefante africana houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os cladódios de terceira e quarta ordem (98,5  $\mu\text{m}$  e 89,1  $\mu\text{m}$ , respectivamente).

Para as medidas da espessura da epiderme com a hipoderme, referente às ordens dos cladódios, observou-se que a variedade Orelha de elefante africana obteve maiores valores para os cladódios de diferentes ordens (135,6  $\mu\text{m}$ , 141,9  $\mu\text{m}$  e 125,0  $\mu\text{m}$ , secundário, terciário e quaternário, respectivamente). A variedade orelha de onça apresentou os menores valores para os cladódios de segunda e terceira ordem (64,4  $\mu\text{m}$ , 64,8  $\mu\text{m}$ ), enquanto a variedade F21 para o cladódio de quarta ordem apresentou 62,8  $\mu\text{m}$ , sendo semelhante à variedade Orelha de onça (62,9  $\mu\text{m}$ ) para o mesmo cladódio.

Tabela 4. Características histológicas de variedades de palma forrageira do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., em função da ordem dos cladódios.

Ordem do Cladódio	Variedades									
	Miúda	O. de onça	F21	IPA Sertânia	F08	O. E. Mexicana	O. E. Africana	IPA 20	Copena	Gigante
Área da Hipoderme ( $\mu\text{m}^2$ )										
Segunda	41875,0 A fg	40331,0 A g	47055,0 A ef	48516,0 A e	52560,0 A de	63538,0 A c	88999,0 AB a	70170,0 A b	71126,0 A b	70968,0 A b
Terceira	41245,0 A d	40648,0 A d	41021,0 AB d	45923,0 A d	53324,0 A c	70032,0 B b	92462,0 A a	69434,0 A b	72132,0 A b	67864,0 A b
Quarta	41258,0 A ef	39348,0 A f	38838,0 B f	45906,0 A e	53155,0 A d	77197,0 C b	84836,0 B a	69573,0 A c	69453,0 A c	69839,0 A c
Erro padrão	2160,7									
Espessura da Epiderme ( $\mu\text{m}$ )										
Segunda	25,8 A c	24,6 A c	24,8 A c	27,3 A c	32,9 A b	34,4 A b	42,6 A a	44,0 AB a	45,2 A a	43,0 AB a
Terceira	24,6 A c	25,3 A c	24,1 A c	24,7 AB c	32,9 A b	34,4 A b	43,4 A a	46,1 A a	44,4 A a	44,7 A a
Quarta	24,9 A c	23,9 A c	23,4 A c	24,3 B c	33,4 A b	33,1 A b	35,9 B b	42,5 B a	41,2 B a	40,7 B a
Erro padrão	1,1									
Espessura da Hipoderme ( $\mu\text{m}$ )										
Segunda	42,8 A g	39,8 A g	43,0 A fg	48,7 A ef	52,9 A de	62,7 C c	93,0 AB a	69,5 A b	71,4 A b	68,0 A bc
Terceira	40,8 A e	39,5 A e	41,1 A e	46,9 A d	54,4 A c	71,3 B b	98,5 A a	68,7 A b	69,7 A b	68,4 A b
Quarta	41,5 A ef	39,0 A f	39,4 A f	45,3 A e	52,3 A d	78,5 A b	89,1 B a	71,3 A c	69,9 A c	68,9 A c
Erro padrão	2,0									

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem ( $P < 0,05$ ) para cada variável analisada pelo teste F e minúsculas na linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey a 5%.

Para área da epiderme (Tabela 5), houve efeito significativo das ordens dos cladódios ( $P > 0,05$ ), onde os de segunda e terceira ordem apresentaram maiores valores ( $15328,0 \mu\text{m}^2$  e  $15241,0 \mu\text{m}^2$ , respectivamente), em relação ao de quarta ordem ( $14415,0 \mu\text{m}^2$ ). Observou-se que os cladódios mais velhos apresentaram área da epiderme maior que os cladódios mais jovens, de quarta ordem. Esse fato já era esperado, uma vez que os cladódios de segunda e terceira ordem estão em um estágio fisiológico mais avançado.

Tabela 5. Características histológicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.), conforme a ordem dos cladódios.

Ordem dos Cladódios	Área da Epiderme ( $\mu\text{m}^2$ )
Segunda	15328,0 A
Terceira	15241,0 A
Quarta	14415,0 B
Erro padrão	147,5

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem-se ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey a 5%.

De maneira geral, as variedades avaliadas não apresentaram nenhuma característica anatômica aparente que possa ser relacionada à resistência à cochonilha do carmim. São necessários estudos bioquímicos para verificar a resistência de algumas variedades em relação a outras. Algumas variedades de baixa resistência apresentaram maior espessura da epiderme. Este fato faz com que ocorram outros questionamentos referentes à resistência de uma variedade em relação à outra. Tal resistência pode ser devido a alguma substância inibidora a patógenos, além do tipo de parede celular que estas variedades possam apresentar.

## Conclusões

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca de palma é alta, independente da variedade e do nível de resistência ao inseto cochonilha do carmim.

A variedade Orelha de elefante africana destaca-se por apresentar maior valor quanto à área e espessura da hipoderme, independente de coletas e ordem dos cladódios.

A resistência à cochonilha do carmim, para as variedades do gênero *Opuntia*, consideradas resistentes - Orelha de elefante africana e Orelha de elefante mexicana - e as variedades do Gênero *Nopalea*, consideradas resistentes – Miúda, Orelha de onça e IPA Sertânia -, provavelmente não estão relacionadas à área e espessura da epiderme e hipoderme.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, J. N.; ARAÚJO, G. G. L.; PORTO, E. R. Feno de erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.) e palma forrageira (*Opuntia ficus*, Mill.) em dietas para caprinos e ovinos. In: ZOOTEC 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB/ABZ, P.1-4, 2008.
- ANDRADE, D. K. B.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C. et al. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.
- BOBICH, E. G.; NOBEL, P.S. Biomechanics and anatomy of cladode junctions for two *Opuntia* (Cactaceae) species and their hybrid. **American Journal of Botany**, v.88, p.391-400. 2001.
- BOUDET, A. M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 38, p.81-96, 2000.
- CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**. v.57, p.13-28, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p, 2006.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 25, n. 8, p.1791-1794, 1999.
- LIRA, M. A.; SANTOS, S. D.; SILVA, M. C. et al. Genética e melhoramento da palma forrageira. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. **Anais...** Garanhuns-PE, 2011. (CD-ROM).
- LOPES, E. B.; BRITO, C. H.; ALBUQUERQUE, I. C. et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n.1, p.204-215, 2010.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C. et al. Substituição do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação.I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.727-736, 2003.
- SANTOS, D. C.; LIRA, M. A., SILVA, M. C. et al. Características agrônômicas de clones de palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2008. (CD-ROM).
- SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; SILVA, D. M. P. Convivência com a cochonilha do carmim em palma forrageira no Estado de Pernambuco. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. **Anais...** Garanhuns-PE, 2011. (CD-ROM).

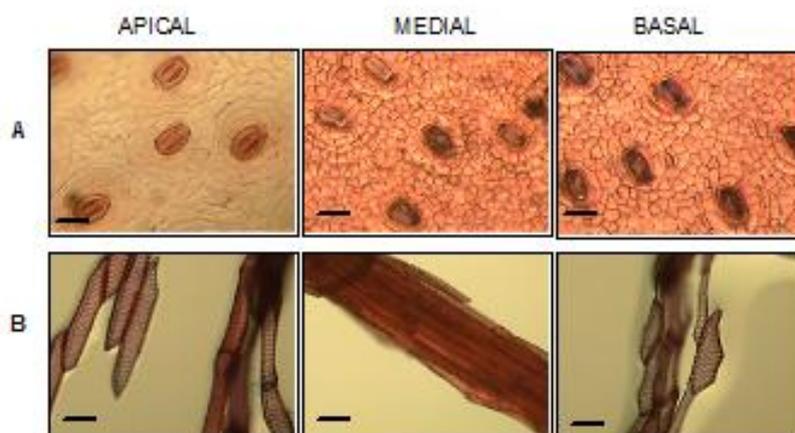
- SANTOS, M V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.39, p.204 - 215, 2010a.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. **Palma Forrageira**. In: FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Ed.) Plantas forrageiras. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 459-493, 2010b.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (*Opuntia ficus-indica* Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick) na produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SASS, J. **Botanical microtechnique**. The Iowa State. College Press, Ames. 1951.
- SILVA, M. G. S.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ASSIS, L. C. S. L. C. et al. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p.118-122, 2010.
- SILVA, M. F.; BATISTA, A. M. V.; ALMEIDA, O. C. Efeito da adição de capim elefante a dietas à base de palma forrageira sobre a fermentação ruminal em bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.140-142, 1997.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3ª ed. Viçosa, MG, UFV, Editora UFV, 235p. 2002.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - **Laboratory of Climatology**, 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1), 1955.
- TOLIVIA, D.; TOLIVIA, J. Fasga: A new polychromatic method for simultaneous and differential staining of plant tissue. **Journal Microscopy**, v. 148, p.113-117, 1987.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p, 1994.
- VASCONCELOS, A. G. V. **Resistência à cochonilha do carmim em clones de palma forrageira**. 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 70p, 2011.
- VASCONCELOS, A. G. V. **Seleção de clones de palma forrageira resistentes a colchonilha do carmim *Dactylopius* sp. (Hemiptera, Dactylopiidae)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 48p, 2002.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.

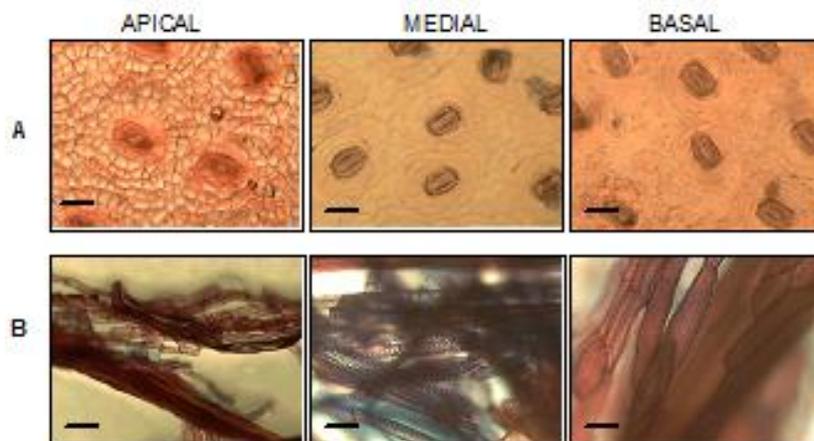
WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

## APÊNDICE

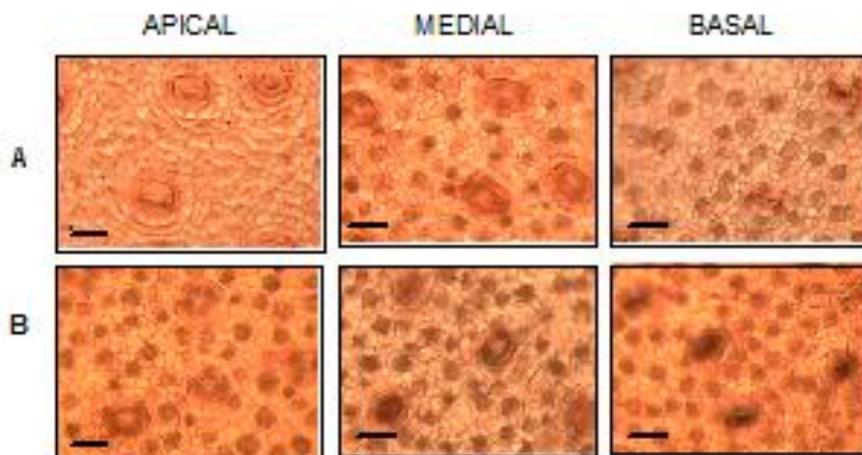
### 1. *Imagens histológicas referentes a cada estrato – Apical, Mediano e Basal após a Degradabilidade in situ das diferentes variedades analisadas*



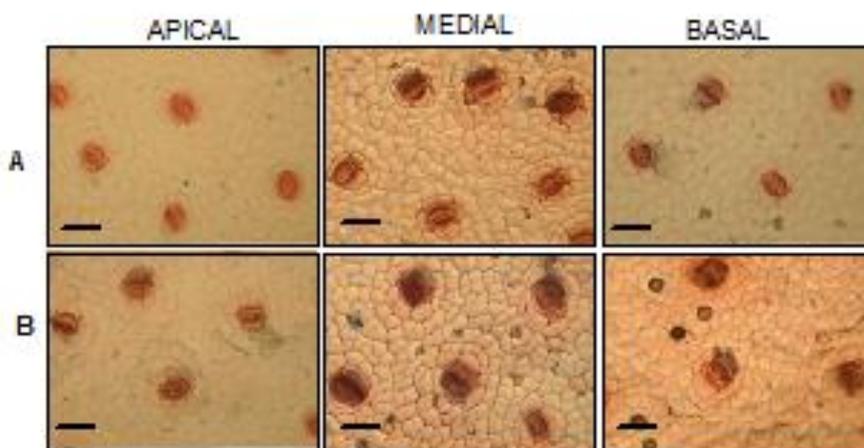
**Figura 1.** Células epidérmicas e elementos de vaso da variedade Copena – IPA 200001 (A=Epiderme e estômatos; B=Fibras) após 24 horas de incubação nos estratos: Apical, Mediano e Basal. Barra= 50 $\mu$ m.



**Figura 2.** Células epidérmicas e elementos de vaso da variedade Copena – IPA 200001 (A=Epiderme e estômatos; B=Fibras com resíduo de mucilagem) após 48 horas de incubação nos estratos: Apical, Mediano e Basal. Barra= 50 $\mu$ m.



**Figura 3.** Células epidérmicas da variedade Gigante – IPA 100001 restando apenas Epiderme e estômatos após 24 horas (A) e 48 horas (B) após incubação dos estratos: Apical, Mediano e Basal. Barra= 50µm.



**Figura 3.** Células epidérmicas da variedade Orelha de onça – IPA 200206 restando apenas Epiderme e estômatos após 24 horas (A) e 48 horas (B) após incubação dos estratos: Apical, Mediano e Basal. Barra= 50µm