

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA NO AGRESTE E SERTÃO**  
**DE PERNAMBUCO**

**ANDRÉ PEREIRA FREIRE FERRAZ**

Engenheiro Agrônomo

**RECIFE - PE**  
**FEVEREIRO – 2018**

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA NO AGRESTE E SERTÃO**  
**DE PERNAMBUCO**

**ANDRÉ PEREIRA FREIRE FERRAZ**

**RECIFE - PE**  
**FEVEREIRO – 2018**

**ANDRÉ PEREIRA FREIRE FERRAZ**

**AValiação de clones de palma forrageira no agreste e sertão de  
PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba), como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Forragicultura.

**Comitê de Orientação:**

Prof. Ph.D. Mário de Andrade Lira – Orientador

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha – Coorientador

Pesq<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria da Conceição Silva – Coorientadora

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO – 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F381a Ferraz, André Pereira Freire  
Avaliação de clones de palma forrageira no Agreste e Sertão de Pernambuco / André Pereira Freire Ferraz. – 2018.  
148 f.: il.

Orientador: Mario de Andrade Lira.  
Coorientadores: Márcio Vieira da Cunha, Maria da Conceição Silva.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Cactácea forrageira 2. Cochonilha do carmim 3. Cochonilha de escama 4. Divergência genética 5. Dissimilaridade 6. Análise multivariada 7. Semiárido I. Lira, Mario de Andrade, orient. II. Cunha, Márcio Vieira da, coorient. III. Silva, Maria da Conceição, coorient. IV. Título

CDD 636

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA NO AGRESTE E SERTÃO  
DE PERNAMBUCO**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 28 de fevereiro de 2018.

Presidente da banca: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Departamento de Zootecnia

**Comissão Examinadora:**

\_\_\_\_\_  
Dr. Guilherme Ferreira da Costa Lima  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA  
Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Mario de Andrade Lira Junior  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Departamento de Agronomia

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mércia Virginia Ferreira dos Santos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Departamento de Zootecnia

\_\_\_\_\_  
Dr. Toni Carvalho de Souza  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Programa Nacional de Pós-Doutorado

**RECIFE – PE  
FEVEREIRO – 2018**

À minha família, por todo apoio e atenção.

À Ariana Veras de Araújo, pelo carinho, amor e dedicação.

OFEREÇO

Aos meus amados pais, Laudice Ferraz e Eldo Ferraz.

A Evandro Pereira Freire Ferraz, amado irmão.

À Estela e Heloísa, sobrinhas amadas.

À minha amada namorada, Ariana Veras de Araújo.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre, que tem iluminando meus caminhos e minha família.

À minha família, pelo apoio e incentivo a sempre continuar estudando.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de estudo e pesquisa, desde a graduação.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos através do Programa de Doutorado Sanduíche no exterior – PDSE.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, pelo apoio na realização dos experimentos de campo.

Ao meu orientador, professor Mário de Andrade Lira, pela orientação, por todo o aprendizado, incentivo e apoio na realização do doutorado.

Aos meus coorientadores, professor Márcio Vieira da Cunha e à pesquisadora Maria da Conceição Silva, por todo o apoio, paciência e ensinamentos.

À professora Mércia Virgínia Ferreira dos Santos, pelo conhecimento adquirido, compreensão e todo apoio ao longo das atividades do doutorado.

Ao professor José Carlos Batista Dubeux Júnior, pelo apoio e orientação no período em que estive no exterior, como estudante do PDSE.

Ao professor Thieres George Freire da Silva – UAST/UFRPE, pela ajuda na determinação e explicação das variáveis meteorológicas apresentadas nesse trabalho.

A amigo de curso, Paulo Sérgio Ferreira da Silva, pelo companheirismo e toda ajuda nos experimentos de campo e de laboratório.

Aos amigos de curso Osniel Faria de Oliveira e Toni Carvalho de Souza, pela amizade e apoio em atividades de laboratório no PDIZ, e à Nubia Meirelly Lopes da Silva Epifânio, pelo apoio e ajuda nas análises laboratoriais no período em que estive no exterior pelo PDSE.

Aos amigos Jonas Gomes Inácio, Jardel Roberto, Rodrigo Leite e Abimael Estevam, pela amizade, companheirismo e excelente convivência durante esse período em Recife.

A todos os amigos que aqui fiz, e que de alguma forma ajudaram na realização deste trabalho.

À Banca Examinadora, pelas contribuições na melhoria deste trabalho.

A todos que de alguma forma fizeram parte de minha formação e me ajudaram nesta caminhada.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO GERAL.....	1
OVERVIEW.....	3
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	5
CAPÍTULO 1:.....	7
REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
A PALMA FORRAGEIRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO NORDESTE BRASILEIRO.....	8
AMBIENTE DE CULTIVO.....	11
VARIEDADES CULTIVADAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS.....	13
VALOR NUTRITIVO.....	16
MELHORAMENTO GENÉTICO DA PALMA FORRAGEIRA.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO 2:.....	47
AVALIAÇÃO DA MORFOLOGIA, PRODUÇÃO, VALOR NUTRITIVO E ATAQUES DAS COCHONILHAS DO CARMIM E DE ESCAMA EM CLONES DE PALMA FORRAGEIRA NO ESTADO DE PERNAMBUCO.....	47
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
1. Localização, características dos ambientes de cultivo e estabelecimento dos experimentos.....	52
2. Delineamento experimental e manejo.....	58

3.	Avaliações experimentais .....	58
3.1	Morfologia das plantas.....	58
3.2	Infestação pelas cochonilhas do carmim e de escama .....	59
3.3	Produção de forragem, estande de plantas e eficiência no uso da água.....	59
3.4	Valor nutritivo da forragem .....	59
4.	Métodos estatísticos.....	60
	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
1.	Características morfológicas das plantas .....	61
2.	Infestação pelas cochonilhas do carmim e de escama.....	76
3.	Produção de forragem e estande de plantas .....	79
4.	Valor nutritivo .....	85
	CONCLUSÕES.....	92
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93
	CAPÍTULO 3:.....	104
	VARIABILIDADE E PARÂMETROS GENÉTICOS DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA NO AGRESTE E SERTÃO DO ESTADO DE PERNAMBUCO .....	104
	RESUMO .....	105
	ABSTRACT .....	106
	INTRODUÇÃO .....	107
	MATERIAL E MÉTODOS .....	109
	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	116
	CONCLUSÕES.....	126
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	127
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

	Página
Figura 1 Efetivo dos rebanhos bovino, caprino e ovino (cabeças) na região Nordeste (A) e no estado de Pernambuco (B) ao longo dos anos	8

### Capítulo 2

	Página
Figura 1 Precipitação mensal (A) e média histórica (B) nos dois locais, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar para Sertânia (C) e São Bento do Una (D). Média histórica da chuva: Sertânia (1912-2017) e São Bento do Una (1920-2017)	54
Figura 2 Evapotranspiração real (A) e da cultura (B) em Sertânia São Bento do Una no período experimental (julho de 2013 a junho de 2017)	55
Figura 3 Componentes do balanço hídrico sequencial para Sertânia (A) e São Bento do Una (B) ao longo do período experimental.	56
Figura 4 Croqui da competição dos clones de palma forrageira, em Sertânia e São Bento do Una - PE. A área destacada corresponde à parcela útil de cada tratamento	57
Figura 5 Espessura dos cladódios (mm) de palma forrageira em função da interação local e ano de colheita. As letras minúsculas comparam os diferentes locais, enquanto as maiúsculas comparam as diferentes colheitas ( $P \leq 0,05$ ). As barras verticais são o intervalo de confiança da média ( $\alpha = 0,05$ )	72
Figura 6 Níveis de infestação na primeira (A e B) e segunda colheita (C a D) pelas cochonilhas do carmim e de escama em Sertânia e São Bento do Una	77

- Figura 7 Dinâmica da infestação (A e B) pelas cochonilhas e porcentagem de plantas vivas (PV) e atacadas (PA) em Sertânia (C) e São Bento do Una (D) durante o período de avaliação. As barras verticais são o erro padrão da média 79
- Figura 8 Produção de forragem – PMS ( $t MS ha^{-1} 2 anos^{-1}$ ) (A) e eficiência no uso da água - EUA ( $kg MS ha^{-1} mm^{-1}$ ) (B) de clones de palma forrageira. Letras iguais não refletem diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). As barras verticais são o intervalo de confiança para a média ( $\alpha=0,05$ ). A linha horizontal pontilhada reflete a média 82
- Figura 9 Matéria mineral ( $g kg^{-1}$ ) (A) e orgânica ( $g kg^{-1}$ ) (B) em genótipos de palma forrageira. Letras iguais não refletem diferença significativa entre os clones de palma forrageira pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). As barras verticais são o intervalo de confiança para a média ( $\alpha=0,05$ ) 87

### Capítulo 3

	Página
Figura 1 Precipitação mensal (A) e média histórica (B), temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar em Sertânia (C) e São Bento do Una (D). Média histórica da chuva: Sertânia (1912-2017) e São Bento do Una (1920-2017)	111
Figura 2 Componentes do balanço hídrico sequencial para Sertânia (A) e São Bento do Una (B) ao longo do período experimental	112
Figura 3 Croqui da competição dos clones de palma forrageira, em Sertânia e São Bento do Una - PE. A área destacada corresponde à parcela útil de cada tratamento	113
Figura 4 Dendrograma da dissimilaridade genética entre 10 genótipos de palma forrageira obtido pelo método de ligação média entre grupo (UPGMA) através da distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Coeficiente de correlação cofenética (CCC): 0,77 (valor de $t = 7,95$ ; $p < 0,01$ ). A linha pontilhada corresponde ao ponto de corte ( $\theta$ ): 117,21 (método de Mojena)	123

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

	Página
Tabela 1 Efeito da cultivar sobre a composição química (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, estrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, carboidratos totais, carboidratos não-fibrosos) da palma forrageira (em base de matéria seca)	17

### Capítulo 2

	Página
Tabela 1 Localização das áreas experimentais e características gerais locais	52
Tabela 2 Características químicas do solo na implantação dos experimentos (ano de 2013) e em cada colheita realizada	53
Tabela 3 Clones de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE	56
Tabela 4 Resumo da análise de variância conjunta para as variáveis morfológicas altura de planta (AP; cm), largura de planta (LP; cm), comprimento (CC; cm), largura (LC; cm) e espessura (EC; mm) dos cladódios, índice de área de cladódio (IAC), interceptação luminosa (IL; %), número total de cladódios (NCt) e número de cladódios de primeira (NC1), segunda (NC2), terceira (NC3), quarta (NC4), quinta (NC5) e sexta ordem (NC6)	61
Tabela 5 Efeito da interação local x colheita x clones na altura de plantas de palma forrageira	62
Tabela 6 Largura de plantas em função da interação entre genótipos e locais de cultivo	64

Tabela 7	Efeito da interação local x ano de colheita x clone no número total de cladódios de palma forrageira	65
Tabela 8	Efeito da interação local x colheita x clone no número de cladódios de primeira, segunda e terceira ordem em genótipos de palma forrageira	67
Tabela 9	Efeito da interação ano de colheita x clone no número de cladódios de quarta, quinta e sexta ordem em genótipos de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE	68
Tabela 10	Interação local x colheita x genótipos no comprimento dos cladódios de genótipos de palma forrageira	70
Tabela 11	Largura dos cladódios (cm) de palma forrageira em função da interação clone x local de cultivo e clone x ano de colheita	71
Tabela 12	Espessura dos cladódios (mm) de genótipos de palma forrageira em função da interação local de cultivo x ano de colheita e genótipos x ano de colheita	73
Tabela 13	Índice de área de cladódio (IAC) de genótipos de palma forrageira em função da interação locais de cultivo x colheitas e genótipos x colheitas	74
Tabela 14	Interceptação luminosa (IL%) de genótipos de palma forrageira em função da interação locais de cultivo x colheitas e genótipos x colheitas	75
Tabela 15	Coeficientes de correlação por postos de Spearman (r-S) entre as variáveis climáticas e os níveis de infestação e dano das cochonilhas do carmim e de escama em Sertânia (diagonal superior) e em São Bento do Una (diagonal inferior)	78
Tabela 16	Resumo da análise de variância conjunta para produção de forragem (PMS; t MS ha <sup>-1</sup> 2 anos <sup>-1</sup> ), eficiência no uso da água (EUA; kg MS ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> ) e estande de plantas (%)	80
Tabela 17	Produção de forragem (t MS ha <sup>-1</sup> 2 anos <sup>-1</sup> ) da palma forrageira em função da interação entre local de cultivo e ano de colheita	80
Tabela 18	Eficiência no uso da água (EUA) (kg MS ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> ) da palma forrageira cultivada em Sertânia e São Bento do Una e de acordo com os anos de colheita	83

Tabela 19	Interação local x colheita x genótipos no estande de plantas de palma forrageira	83
Tabela 20	Resumo da análise de variância conjunta para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO)	85
Tabela 21	Interação local x colheita x genótipos na matéria seca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de plantas de palma forrageira	86
Tabela 22	Matéria mineral e matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira cultivada em Sertânia e São Bento do Una e de acordo com os anos de colheita	87
Tabela 23	Interação local x ano de colheita x genótipos no teor de fibra em detergente neutro (FDN) ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira	88
Tabela 24	Interação local x ano de colheita e local x genótipos no teor de fibra em detergente ácido (FDA) ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira	89
Tabela 25	Interação local x ano de colheita e genótipos x ano de colheita na digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira	91

### Capítulo 3

		Página
Tabela 1	Localização das áreas experimentais e características gerais locais	109
Tabela 2	Características químicas do solo na implantação dos experimentos (ano de 2013) e em cada colheita realizada	110
Tabela 3	Clones de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE	112
Tabela 4	Resumo da análise de variância conjunta para variáveis resposta de 10 genótipos de palma forrageira cultivados no Agreste e Sertão do estado de Pernambuco	117

Tabela 5	Análise de variância multivariada para 23 variáveis resposta avaliadas em 10 genótipos de palma forrageira cultivados em dois locais (Sertânia e São Bento do Una) no estado de Pernambuco	118
Tabela 6	Estimativa de parâmetros genéticos e ambientais para caracteres morfológicos, produtivos e de qualidade da forragem em genótipos de palma forrageira cultivados em dois locais no estado de Pernambuco (Sertânia/São Bento do Una)	120
Tabela 7	Estimativa da variância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) relativa a 10 genótipos de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE	121
Tabela 8	Agrupamento de 10 genótipos de palma forrageira pelo método de otimização de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), para 23 caracteres dos genótipos cultivados em Sertânia e São Bento do Una, PE	122
Tabela 9	Distâncias médias intergrupos através do método de otimização de Tocher para 23 variáveis obtidas de 10 genótipos de palma forrageira cultivados em Sertânia e São Bento do Una, PE	122
Tabela 10	Mínimos e máximos de caracteres avaliados em genótipos de palma forrageira em Sertânia e São Bento do Una, PE, e sua contribuição relativa à diversidade genética ( $S_j$ ; %)	124

# AValiação DE CLONES DE PALMA FORrageira NO AGRESTE E SERTÃO DE PERNAMBUCO

## RESUMO GERAL

A palma é um importante recurso forrageiro para o semiárido brasileiro. Contudo, a ocorrência das cochonilhas do carmim (*Dactylopius opuntiae*) e de escama (*Diaspis echinocacti*) vêm colocando em risco a produção da planta. Objetivou-se avaliar caracteres morfológicos, produção e qualidade da forragem e a incidência das cochonilhas do carmim e de escama em clones de palma forrageira cultivados em São Bento do Una e Sertânia, Pernambuco, além da avaliação da diversidade genética entre os clones. Foram avaliados 10 clones: IPA-20, F8, F21, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana, IPA-100421 "Sel. 21-6" (6), IPA-100418 "Sel. 21-7" (7), IPA-100419 "Sel. 21-13" (13) e IPA-100420 "Sel. 21-21" (21). Os genótipos foram casualizados em blocos, com três repetições, e realizadas duas colheitas bienais, em 2015 e 2017. Foram avaliadas as características altura e largura de planta; número de cladódios; comprimento, largura e espessura de cladódio, índice de área de cladódio, interceptação luminosa, produção de forragem, eficiência no uso da água, estande de plantas e caracteres bromatológicos. A incidência das cochonilhas foi avaliada a partir de escalas de notas variando de 0 a 5, em que a menor nota (0) representou ausência do inseto na planta, e na maior, 5, os insetos estiveram presentes em todos os cladódios e em alta infestação (>75%). Os dados foram submetidos a análise de variância conjunta e as médias dos genótipos comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Foi avaliada a divergência genética entre os genótipos nos diferentes ambientes, através do agrupamento de Tocher e UPGMA. Como medida de dissimilaridade foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) e estimadas as variáveis que mais contribuíram para a diversidade genética. Os clones 6, 7, 13 e 21, de modo geral, apresentaram maior altura e largura de plantas, além de estarem entre os que mais produziram cladódios por planta. A produção de forragem ( $t MS ha^{-1} 2 anos^{-1}$ ) diminuiu em ambos os locais de cultivo, de 2015 para 2017 ( $p < 0,05$ ), sendo que em São Bento do Una foram obtidas maior produção de forragem, de 28 e 14  $t MS ha^{-1} 2 anos^{-1}$ , em 2015 e 2017, respectivamente. No entanto, independentemente dos locais e das colheitas, os genótipos 6, 7, 13, 21 e Orelha de elefante mexicana foram os mais produtivos, com média de  $18,82 \pm 12,19 t MS ha^{-1} 2 anos^{-1}$ . Os genótipos 6, 13 e 21 também apresentaram maior eficiência no uso da água ( $p < 0,05$ ) ( $26,08 \pm 17,34 kg MS ha^{-1} mm^{-1}$ ). O estande de plantas não variou ( $p < 0,05$ ) nos diferentes ambientes na colheita de 2015. Por outro lado, diminuiu na segunda colheita (2017), e Sertânia apresentou o

menor número de plantas vivas (66% do estande inicial). Em Sertânia, o clone IPA 20 foi o que apresentou menor estande (55% das plantas iniciais). Já em São Bento do Una, o clone 7 foi o que apresentou menor desempenho quanto à sobrevivência (57%). De modo geral, plantas do gênero *Nopalea* apresentaram maior teor de matéria seca. Todos os clones apresentaram alta digestibilidade da matéria orgânica ( $>800 \text{ g kg}^{-1}$ ). Na colheita de 2015, Sertânia foi o local mais atacado pela cochonilha do carmim ( $1,00 \pm 0,31$ ) em relação à São Bento do Una ( $0,57 \pm 0,21$ ). Neste último local, os ataques pela cochonilha de escama foram mais severos ( $1,93 \pm 0,23$ ). A estimativa de  $D^2$  indicou que os pares formados pelos clones 21 e Orelha de elefante mexicana foram os mais distantes geneticamente, e os clones F21 e F8 os mais similares. Foram identificados três grupos divergentes em ambos os métodos de agrupamento (Tocher e UPGMA). Os genótipos 6, 7, 13, 21 e Orelha de elefante mexicana apresentaram maior desempenho produtivo em ambos os ambientes avaliados. Os genótipos 13 e 21 apresentaram maior potencial para utilização em locais onde ambas as cochonilhas ocorrem. Em adição, as cultivares Orelha de elefante mexicana, IPA Sertânia e Miúda podem ser cultivadas em locais de ocorrência da cochonilha do carmim. Recomenda-se evitar o plantio dos clones IPA 20, F21 e F8, pois os mesmos podem ser atacados por ambas as cochonilhas. Os caracteres largura de cladódio, número total de cladódios, teor de matéria seca, produção de forragem e número de cladódios de quinta e terceira ordem foram os que mais contribuíram para a divergência genética encontrada.

Palavras-chave: análise multivariada, cactácea, cochonilha do carmim, cochonilha de escama, divergência genética, dissimilaridade, semiárido.

EVALUATION OF FORAGE CACTUS CLONES IN 'AGRESTE' AND 'SERTÃO'  
REGION OF PERNAMBUCO

OVERVIEW

Forage cactus is an important forage resource for the Brazilian semi-arid region. However, the occurrence of carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae*) and armored scales (*Diaspis echinocacti*) has been putting plant production at risk. The objective of this study was to evaluate the morphological characteristics, quality and forage production and the incidence of carmine cochineal and armored scales in forage cactus clones cultivated in 'São Bento do Una' and 'Sertânia', Pernambuco State, besides the genetic diversity among the clones. Ten clones were evaluated: 'IPA 20,' 'F8,' 'F21,' 'Miúda,' 'IPA Sertânia,' 'Orelha de elefante mexicana,' 'IPA-100421 Sel. 21-6' (6), 'IPA-100418 Sel. 21-7' (7), 'IPA-100419 Sel. 21-13' (13) e 'IPA-100420 Sel. 21-21' (21). The genotypes were randomized in blocks with three replications, and the harvests were carried out in 2015 and 2017. The plants were evaluated for the width and plant height; number of cladodes; length, width and cladode thickness; cladode area index, light interception, forage production, water use efficiency, plant stand and bromatological characters. The incidence of the cochineal insects was evaluated from scales varying from 0 to 5, where the lowest score (0) represented absence of the insect on plant, and in the largest score (5) insects were present in all cladodes and in high infestation (>75%). The data were submitted to joint analysis of variance and the means of the genotypes compared by the Scott-Knott test ( $p \leq 0.05$ ). The genetic divergence between the genotypes in the different environments was evaluated through the Tocher and UPGMA clustering methods. As a measure of dissimilarity was used the generalized Mahalanobis distance ( $D^2$ ) and estimated the relative importance of characters to genetic diversity. Clones 6, 7, 13 and 21, in general, presented higher height and width of plants, besides being among those that produced more cladodes per plant. The dry matter production ( $\text{tons ha}^{-1} \text{ 2 years}^{-1}$ ) decreased in both cultivation sites, from 2015 to 2017 ( $p < 0.05$ ), and in São Bento do Una, forage production was higher and varied from 28 to 14 tons MS  $\text{ha}^{-1} \text{ 2 years}^{-1}$  in 2015 and 2017, respectively. However, regardless of locations and harvests, genotypes 6, 7, 13, 21 and 'Orelha de elefante mexicana' were the most productive ( $18.82 \pm 12.19 \text{ tons DM ha}^{-1} \text{ 2 years}^{-1}$ ). Genotypes 6, 13 and 21 also showed higher water use efficiency ( $p < 0.05$ ) ( $26.08 \pm 17.34 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ). The plant stand did not vary ( $p < 0.05$ ) in the different environments in the harvest of 2015. On the other hand, it decreased in the second harvest (2017), and 'Sertânia' presented the lowest number of live plants (66% of the initial

stand). In 'Sertânia', clone IPA 20 was the one that presented the smallest stand (55% of the initial live plants). In 'São Bento do Una', clone 7 presented the lowest survival performance (57%). In general, plants of the *Nopalea* genus presented higher dry matter content. All clones showed high organic matter digestibility ( $> 800 \text{ g kg}^{-1}$ ). In the harvest of year 2015, 'Sertânia' was the place most attacked by carmine cochineal ( $1,00 \pm 0,31$ ) in relation to 'São Bento do Una' ( $0,57 \pm 0,21$ ). In the latter place, attacks by armored scales were more severe ( $1.93 \pm 0.23$ ). The  $D^2$  estimate indicated that the pairs formed by clones 21 and 'Orelha de elefante mexicana' were the most genetically distant, and the clones F21 and F8 were the most similar. Three divergent groups were identified in both clustering methods (Tocher and UPGMA). Genotypes 6, 7, 13, 21 and 'Orelha de elefante mexicana' showed higher productive performance in both environments. Genotypes 13 and 21 showed greater potential for use in sites where both cochineal insects occur. In addition, 'Orelha de elefante mexicana', 'IPA Sertânia' and 'Miúda' cultivars can be grown in places where carmine cochineal occurs. It is recommended to avoid planting the 'IPA 20', 'F21' and 'F8' clones, as they can be attacked by both cochineal insects. The cladode width, total number of cladodes, dry matter content, dry mass production and number of fifth and third order cladodes were the main contributors to the genetic divergence found.

**Keywords:** multivariate analysis, cactus, carmine cochineal, armored scales, genetic divergence, dissimilarity, semiarid.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As plantas que apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas possuem como característica marcante a elevada economia no uso da água, além de várias adaptações morfofisiológicas, como a abertura estomática no período noturno, cutículas espessas, grandes vacúolos, que lhes proporcionam adaptação a ambientes áridos e semiáridos. Entre essas plantas, a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller e *Nopalea cochenillifera* (L) Salm-Dyck) está entre aquelas que exibem esse mecanismo fotossintético, sendo utilizada como forragem para ruminantes em diversas regiões do mundo e o Brasil detém a maior área cultivada com essa cactácea para fins de produção de forragem. No Brasil, os gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são os mais utilizados.

Nas últimas décadas foram obtidos grandes avanços quanto à produtividade da palma forrageira em Pernambuco, principalmente devido às pesquisas realizadas pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco e pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Novas variedades de palma foram estudadas e recomendadas, e práticas de plantio, colheita, armazenamento da forragem e manejo da cultura foram melhoradas. A palma tem sido fonte de forragem nas propriedades rurais do Nordeste brasileiro, principalmente nos períodos de estiagem. A planta apresenta elevada digestibilidade (entre 75 e 85%) e alto acúmulo de água, o que é particularmente importante em regiões semiáridas, pois representa também fonte de água para os animais. O percentual de matéria seca da planta gira em torno de 10% e deve ser complementado com outras fontes de fibra quando do fornecimento aos animais.

A produção da palma forrageira é influenciada pelas condições edafoclimáticas do ambiente de cultivo. O regime pluviométrico é um fator marcante no semiárido brasileiro, do qual muito depende a formação de áreas com plantas forrageiras. Nesse contexto, a palma é capaz de produzir, mesmo em condições inadequadas para outras plantas, como em regiões que apresentam em torno de 350 mm de chuva anual, a exemplo do município de Cabaceiras, estado da Paraíba.

A água potável é um recurso que está se tornando cada dia mais escasso. Eventos de seca são importantes efeitos das mudanças climáticas que ocorrer a nível mundial, e que se estima serem intensificados neste século. Portanto, a utilização de plantas cada vez mais eficientes no uso da água se tornará cada vez mais importante. Nesse contexto, as mudanças do clima podem tornar necessária à obtenção de novas cultivares. Para isso, é essencial haver variabilidade genética para atender a programas de melhoramento para enfrentamento das variações ambientais.

Além das características ambientais, a ocorrência de insetos conhecidos como cochonilhas do carmim (*Dactylopiu opuntiae* Cockerell; Hemiptera, Dactylopiidae) e de escama (*Diaspis echinocacti* Bouché; Hemiptera, Diaspididae) tem representado outro desafio ao cultivo da palma forrageira. As cochonilhas infestaram campos de produção e destruíram diversas áreas cultivadas com a cactácea no Nordeste brasileiro. Pesquisas voltadas à identificação de genótipos resistentes foram realizadas e os clones Miúda e IPA Sertânia (*Nopalea*) e Orelha de elefante mexicana (*Opuntia*) foram identificados como resistentes à cochonilha do carmim. Por outro lado, esses clones são atacados pela cochonilha de escama.

É importante também avaliar a variabilidade genética que ocorre nos clones de palma forrageira, visando identificar aqueles mais promissores para inclusão em programas de melhoramento da cultura. Neste cenário, buscam-se genótipos mais produtivos nas condições ambientais do semiárido brasileiro, assim como resistentes e/ou menos atacados pelas cochonilhas.

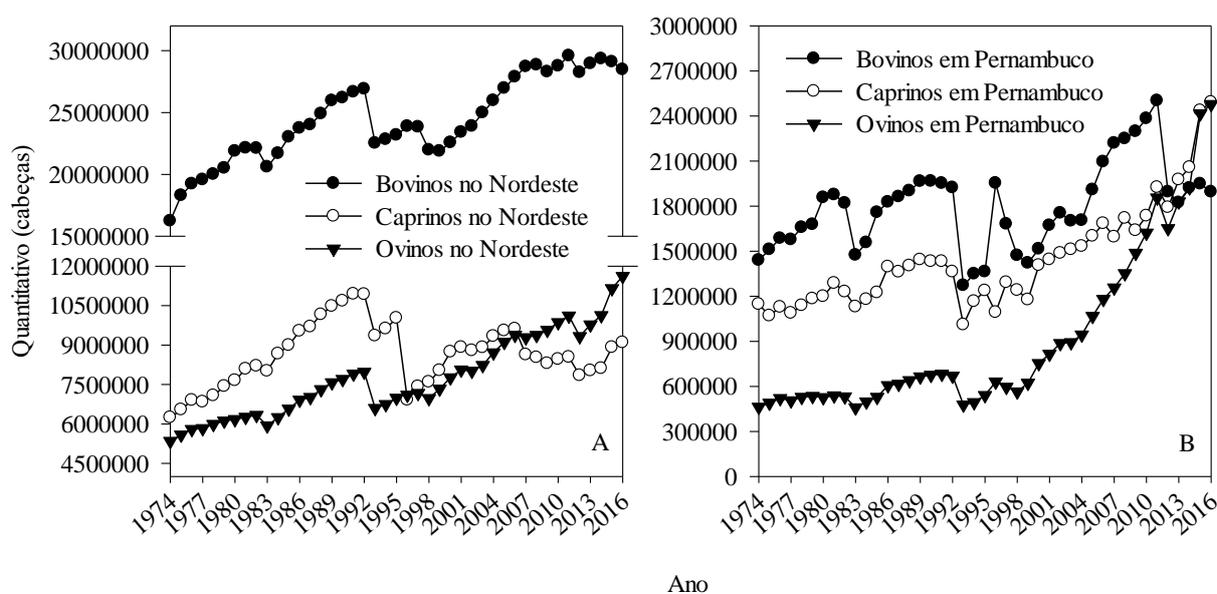
Pelo exposto, objetivou-se avaliar clones de palma forrageira quanto a características morfológicas, produtivas, de qualidade da forragem e a incidência das cochonilhas do carmim e de escama, além da avaliação da diversidade genética entre os clones cultivados no Agreste e Sertão de Pernambuco. Para tal, a presente tese está dividida nas seguintes partes: Capítulo 1 – Referencial teórico; Capítulo 2 - Avaliação da morfologia, produção, valor nutritivo e ataques das cochonilhas do carmim e de escama em clones de palma forrageira no estado de Pernambuco; e Capítulo 3 - Variabilidade e parâmetros genéticos de clones de palma forrageira no Agreste e Sertão do estado de Pernambuco.

**CAPÍTULO 1:**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

## A PALMA FORRAGEIRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO NORDESTE BRASILEIRO

O Nordeste brasileiro detém boa parte do efetivo nacional de ruminantes (13, 93 e 63% do rebanho nacional de bovinos, caprinos e ovinos, respectivamente). O estado de Pernambuco apresenta-se com 1, 26 e 13% do efetivo nacional de bovinos, caprinos e ovinos (IBGE, 2016).

De maneira geral, os rebanhos têm aumentado na região Nordeste, assim como em Pernambuco. No entanto, pôde-se verificar que o quantitativo dos rebanhos passou por uma considerável redução na década de 1990 (Figura 1), provavelmente devido às secas que ocorreram no Nordeste nessa época (Martinez, 2002), assim como o período de seca severa ocorrido em 2012, quando houve uma redução de 24, 7 e 11% nos rebanhos pernambucanos de bovinos, caprinos e ovinos, respectivamente, considerando o período 2011-2012 (Figura 1).



**Figura 1.** Efetivo dos rebanhos bovino, caprino e ovino (cabeças) na região Nordeste (A) e no estado de Pernambuco (B) ao longo dos anos.

Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE (2016).

Lira et al. (2005) mencionaram uma seca que ocorreu na década de 90, que atingiu não somente a porção semiárida do Nordeste, mas também áreas mais úmidas como a Zona da Mata e os brejos. Segundo os autores, esta seca foi tão severa quanto as demais, porém com consequências menos trágicas para os animais domésticos e para o homem, face a melhor infraestrutura disponível e, possivelmente, expressivas áreas cultivadas com palma forrageira.

A seca é um importante efeito das mudanças climáticas que ocorre a nível mundial, e que estima-se ser intensificada neste século (IPCC, 2012), o que pode dificultar ainda mais a produção de forragem em regiões secas (Iñiguez, 2011). Nesse cenário, é recomendável o uso da palma forrageira na alimentação animal. Sua adaptação às condições de baixa umidade do solo, comum em regiões semiáridas, é proporcionada pelo metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), de elevada eficiência no uso da água, em relação aos mecanismos fotossintéticos C3 e C4 (Snyman, 2006; 2013). Essa cactácea é capaz de produzir de 15 a 25 toneladas de massa seca por hectare por ano (Dubeux Jr. et al., 2015), ou ainda produzir em torno de 45 toneladas de massa seca por hectare quando colhida com três anos após o plantio (Menezes et al., 2005).

O pastejo é a atividade mais comum e difundida em regiões semiáridas (Asner et al., 2004; Reid et al., 2014), as quais representam aproximadamente 17,7% do globo terrestre (Rotenberg & Yakir, 2010) e cerca de 74% da superfície da região Nordeste brasileira. No entanto, os recursos forrageiros das pastagens nativas, como a Caatinga, são insuficientes para uma produção mais intensiva ao longo do ano, principalmente na época seca. Ressalta-se que em grande parte da Caatinga, a capacidade suporte da pastagem varia de 10 a 12 ha/unidade animal/ano (Araújo Filho, 2013). Em épocas chuvosas, a capacidade suporte fica em torno de 4 a 5 ha/UA/ano (Moreira et al., 2007).

Em adição, regiões áridas e semiáridas são pouco adequadas para culturas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> sem irrigação (Drennan & Nobel, 2000). Dessa forma, a inclusão da palma forrageira na dieta animal pode reduzir consideravelmente a pressão sobre as pastagens nativas nos períodos de baixa oferta de forragem (Nefzaoui & Ben Salem, 2002). Barros et al. (1997) compilaram diversos experimentos com cordeiros e relataram que animais da raça Morada Nova mantidos na pastagem nativa da Caatinga perderam em torno de 11 g animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no período seco. Moraes (2012), por sua vez, verificou ganho médio diário de 88,4 g animal<sup>-1</sup> em ovinos sem padrão racial definido confinados alimentados com palma forrageira.

Há dificuldade ainda em dizer com precisão onde e quando a planta começou a ser manejada para fins da alimentação de ruminantes. Há relatos de que a cactácea já era utilizada desde o século XIX (Griffiths, 1906; Woodward et al., 1915). Griffiths (1905) confirmou que no Texas a palma forrageira já era utilizada na alimentação de bovinos leiteiros e de corte, caprinos e ovinos antes mesmo da Guerra Civil, e relatou o uso da planta em uma seca ocorrida naquele lugar entre os anos de 1857-1859. No Nordeste brasileiro, Duque (2004) afirmou que a cactácea foi introduzida, provavelmente, depois de 1900, mas somente após a seca de 1932 foram plantados, do Piauí à Bahia, 222 campos de propagação da palma. Esse foi o primeiro grande trabalho de difusão da palma, no Nordeste.

Especialmente em períodos de seca, a palma forrageira é utilizada como forragem para bovinos (Albuquerque & Santos, 2005), ovinos (Tegegne et al., 2007) e caprinos (Andrade-Montemayor et al., 2011) em diversas partes do mundo, com destaque para o Brasil, Chile, Califórnia, Marrocos, México, África do Sul, Texas e Tunísia (Stintzing & Carle, 2005).

Quanto ao uso, não tem sido recomendado o pastejo direto na palma, devido à quebra e pisoteio dos cladódios pelos animais (Santos et al., 2005a). Assim, é preferível o corte e fornecimento em comedouros da forragem triturada (Vilela et al., 2010), o que pode elevar os custos de produção, devido às operações de colheita, transporte e armazenamento da forragem.

A alimentação representa um item extremamente importante para os custos da exploração de ruminantes. Ramos et al. (2010) verificaram que a alimentação de caprinos e ovinos terminados em confinamento no Cariri Paraibano representou 92 e 93% dos custos, respectivamente. São preferíveis, portanto, dietas à base de forrageiras de baixo custo com a possibilidade de sua inclusão não afetar o desempenho animal.

Na Namíbia, Waal et al. (2013) verificaram que o custo de dietas para ovinos Dorper à base de palma foi menor (em média N\$ 2,56/kg; 1 N\$  $\approx$  0,081 US\$). Além disso, não houve diferença significativa do peso vivo final (34,5 kg animal<sup>-1</sup>) dos animais nas dietas avaliadas (convencional, palma + fonte de N não-proteico e palma + fonte natural de N), porém, a eficiência de ganho de peso foi maior (8,3 kg de MS ingerida/kg de ganho) com palma + N natural e neste tratamento o ganho médio diário (181 g animal<sup>-1</sup>) não diferiu da dieta convencional. Lira et al. (2006) estimaram os custos de diferentes ingredientes (\*R\$/kg de MS: \*valor no dia 1 de novembro de 2017, corrigido pelo IPCA) e verificaram que o custo da palma esteve entre os mais baixos (0,38) em relação aos demais (palhada: 0,29; ureia: 3,83; e soja:1,53).

A palma forrageira pode, portanto, proporcionar ganho de peso em ruminantes alimentados com resíduos de colheita ou pastagens de baixa qualidade, desde que uma pequena quantidade de nitrogênio seja incluída na dieta (Dubeux Júnior et al., 2017). A palma forrageira pode ainda ser armazenada por até duas semanas sem variações consideráveis na composição química e teor de matéria seca. Essa prática pode contribuir com a redução dos custos com corte e transporte da forragem (Santos et al., 1998; Santos & Albuquerque, 2001). Nesse sentido, Silva et al. (2017a) verificaram que a cultivar Orelha de elefante mexicana mantém seu valor nutritivo estável quando armazenada por até 21 dias.

## AMBIENTE DE CULTIVO

A palma forrageira apresenta elevado potencial de cultivo em diversas regiões do mundo, dada sua capacidade adaptativa às condições ambientais, muitas vezes impróprias para gramíneas ou leguminosas forrageiras, proporcionada em parte pela elevada eficiência no uso da água. No entanto, a diversidade e distribuição espacial das cactáceas têm sido influenciadas por fatores ambientais como precipitação e temperatura média do ar (Mourelle & Ezcurra, 1997).

Segundo Nobel (1995), o sucesso agroecológico das *Opuntias* e outras cactáceas é, em parte, reflexo da captação atmosférica diária do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e da perda de água, fenômenos que ocorrem principalmente durante a noite nessas plantas e que fazem parte do metabolismo ácido das crassuláceas. Para Cushman & Bohnert (1999), plantas CAM apresentam uma plasticidade considerável, variando sua resposta de acordo com as condições ambientais e fase de desenvolvimento.

Algumas plantas são CAM obrigatórias, ou seja, funcionam sempre com esse metabolismo, enquanto outras, como *Ananas comosus*, *Agave sisalana* e a *Opuntia ficus indica*, além de espécies das famílias Bromeliaceae e Orchidaceae, desenvolvem-se com a via C<sub>3</sub>, porém, sob estímulo do déficit hídrico, salinidade, fotoperíodo ou termoperíodo, passam a apresentar comportamento CAM (Hopkins & Hüner, 2009). Outros autores também relataram essa habilidade incomum entre as plantas, em que plantas CAM podem mudar sua fonte primária de fotossíntese entre CAM e C<sub>3</sub>, dependendo das condições ambientais (Black & Osmond, 2003; Winter et al., 2008; Winter & Holtum, 2014). Devido a essa habilidade, Black & Osmond (2003) consideraram que os organismos que expressam o mecanismo CAM são os de maior plasticidade entre os organismos fotossintéticos, enquanto que as plantas de metabolismo C<sub>4</sub> apresentam menor plasticidade fenotípica que plantas C<sub>3</sub> (Sage & McKown, 2006). Ressalta-se que o metabolismo C<sub>3</sub> é o mais comum na natureza, e também o mais antigo, e os demais, C<sub>4</sub> e CAM, são derivados do C<sub>3</sub> (West-Eberhard et al., 2011). Durante os primeiros estágios de desenvolvimento, os brotos (cladódios) jovens da palma podem exibir fotossíntese do tipo C<sub>3</sub>, e abrem os estômatos durante o dia (Osmond, 1978; Acevedo et al., 1983; Nobel & Hartsock, 1983).

Seu mecanismo fotossintético confere à palma elevada eficiência no uso da água (kg H<sub>2</sub>O/kg de massa seca) (Han & Felker, 1997). Plantas CAM podem ser duas vezes mais eficientes que espécies C<sub>4</sub> e seis vezes mais que plantas C<sub>3</sub> (Larcher, 2004). Já Fisher & Turner

(1978) reportaram que plantas CAM podem ser de seis a 13 vezes mais eficientes no uso da água que espécies  $C_4$  e  $C_3$ , respectivamente.

A assimilação de carbono pelas plantas CAM ocorre de forma mais lenta que nas  $C_3$ , porém, a maior eficiência no uso da água das primeiras permite a continuidade da fotossíntese em épocas de escassez hídrica, tornando-as mais capazes de completar seu ciclo de desenvolvimento (Hopkins & Hüner, 2009). A palma forrageira é encontrada em ambientes que variam de semiárido a sub úmido, com precipitações de 380-720 mm anuais, como no sul do Texas e nordeste do México (Russell & Felker, 1987). Souza et al. (2008) delimitaram indicadores climáticos para a palma forrageira e verificaram que a precipitação pluviométrica ideal variou de 368 a 812 mm e temperaturas mínima e máxima de 8,6 a 20,4 e 28,5 a 31,5, respectivamente.

No Brasil, estado da Paraíba, Bezerra et al. (2014) encontraram que 368 mm de chuva foi o limite inferior de aptidão plena da palma forrageira. No zoneamento agroclimático da palma, Bezerra et al. (2014) verificaram que a mesorregião da Borborema (com chuvas anuais variando de 316 a 789 mm) e parte do Agreste paraibano (366 a 1367 mm) foram as regiões com condições climáticas mais favoráveis para o cultivo da cultura.

Em Pernambuco, Moura et al. (2011) verificaram que cerca de 42,3% do estado apresentam condições adequadas ao cultivo da palma forrageira, enquanto 54,4% apresentam alguma restrição, mas que não impede seu cultivo. O restante da área (3,3%) se mostrou inadequado ao cultivo. De modo geral, os autores não encontraram restrições térmicas ao cultivo da palma no estado de Pernambuco.

No estado do Ceará, a palma forrageira apresenta desenvolvimento e produção de raquete adequados somente a partir de 300 m de altitude, aproximadamente, que se observa somente na região dos Inhamuns e nas Serras Secas. Em altitudes abaixo de 200m, o crescimento da cactácea é comprometido e na época seca os cladódios perdem o turgor na parte mais quente do dia (Araújo Filho, 2013). No entanto, a produção da palma pode ser viabilizada através da irrigação. Em Quixeramobim, CE, com 191m de altitude, já foram produzidas e comercializadas mais de dois milhões de mudas da palma Orelha de elefante mexicana, porém com a utilização de irrigação por gotejamento (Serpa, 2017).

O sucesso agroclimático das cactáceas também está atrelado à temperatura do ar. A captação atmosférica diária máxima do  $CO_2$  ocorre quando a temperatura do ar dia/noite é de 25°/15°C e quando aumentam para 35°/25°C, a captação atmosférica de  $CO_2$  pode diminuir em até 60% (Nobel, 1995).

Nesse contexto, Lima et al. (2009) identificaram áreas no estado do Rio Grande do Norte (Sertão Central e Seridó) onde predominam noites quentes e com baixa umidade relativa do ar. Isso provoca perda excessiva de umidade da planta para a atmosfera, podendo provocar a morte das plantas, sendo necessária aplicação de irrigação.

Pelo exposto, a tolerância da palma às secas periódicas e altas temperaturas diárias (Osmond et al., 1987; Nobel et al., 2002) torna-a extremamente importante para a produção animal em regiões semiáridas. No semiárido brasileiro normalmente observa-se um balanço hídrico negativo na maior parte do ano, que dura de 6 a 8 meses (Böhm et al., 1998; Souza et al., 2015). Isso pode comprometer a produção de forragem, tendo em vista que a escassez de água no solo é um dos principais fatores que limitam a produção vegetal (Rosegrant et al., 2009); a produção de forragem, por sua vez, é o fator mais limitante à pecuária em diversas partes do mundo (Morand-Fehr, 2005).

## VARIETADES CULTIVADAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS

A palma forrageira pode ser definida como uma planta perene, com caule suculento, externamente esverdeado, com função fotossintetizante, articulado, mucilaginoso, com meristemas axilares representados por caules curtos denominados aréolas, de onde podem surgir tricomas, espinhos, flores ou novas brotações (Zappi et al., 2007). No Nordeste do Brasil são utilizadas na alimentação de ruminantes as espécies *Opuntia ficus-indica* (L) Miller, representada pelas cultivares Orelha de elefante mexicana e F8, e *Nopalea cochenillifera* (L) Salm-Dyck, a exemplo das cultivares Miúda, F21 e IPA Sertânia.

A área cultivada com palma forrageira, de modo geral, tem aumentado ao longo do tempo. Estima-se que na década de 50 a área plantada com a cactácea era de 300.000 hectares (BNB, 1959), podendo ultrapassar os 600.000 ha (Dubeux Júnior et al., 2013) em dias mais atuais. Isso tornou o Brasil um dos países com a maior área cultivada com palma forrageira para fins de alimentação animal. Além da área cultivada, a produtividade da palma forrageira também aumentou, como resultado do melhoramento genético e otimização das práticas de manejo. Santos et al. (2006) reportaram uma variação de 41,5 a 200 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa verde da década de 60 ao ano 2000, respectivamente.

As cultivares redonda e gigante (*Opuntia*) já foram amplamente cultivadas no Nordeste brasileiro. Porém, devido a sua suscetibilidade à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), inúmeras plantações foram destruídas, principalmente nos estados de Pernambuco

e Paraíba. Ressalta-se que a entrada da palma no Brasil se deu com o objetivo inicial de produzir o corante proveniente da cochonilha do carmim, porém, não se obteve êxito nessa prática.

Atualmente, os aspectos fitossanitários da palma forrageira estão entre os principais fatores limitantes à exploração da cultura (Ferraz et al., 2017a). Como em outras culturas, a palma está sujeita à ação de fatores bióticos (pragas e doenças) (Granata et al., 2017; Covarrubias, 2017) e abióticos (condições climáticas) (Inglese et al., 2017) que podem afetar a produção de forragem em maior ou menor intensidade. Nesse contexto, os insetos-praga conhecidos como cochonilha do carmim (*Dactylopiu opuntiae* Cockerell; Hemíptera, Dactylopiidae) e de escama (*Diaspis echinocacti* Bouché; Hemíptera, Diaspididae) têm sido as principais causas de perda de produção em palmais no Nordeste brasileiro. Em Pernambuco, Sertânia foi um dos municípios que inicialmente tiveram grandes problemas com a cochonilha do carmim não domesticada (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) (Albuquerque & Santos, 2005).

A família Dactylopiidae inclui apenas um gênero, *Dactylopius* (Hodgson, 1997), o qual contém nove espécies, e destas, quatro novas espécies foram identificadas por De Lotto (1974): *Dactylopius ceylonicus* Green 1896, *D. coccus* Costa 1835, *D. confusus* Cockerell 1893, *D. opuntiae* Cockerell 1896, *D. tomentosus* Lamark 1801, *D. austrinus* De Lotto 1974, *D. confertus* De Lotto 1974, *D. salmianus* De Lotto 1974 e *D. zimmermanni* De Lotto 1974 (De Lotto, 1974; Claps & De Haro, 2001). Mais recentemente, outra espécie do gênero *Dactylopius* Costa foi encontrada e classificada por Van Dam & May (2012), a qual foi cientificamente identificada como *Dactylopius gracilipilus* Van Dam & May.

Vale ressaltar que a espécie que vem atacando os palmais no Nordeste brasileiro é a *D. opuntiae* Cockerell 1896, uma espécie selvagem, e que a espécie mais produtiva e comumente utilizada para produção de carmim é um inseto domesticado, *D. coccus* Costa 1835 (Rodríguez & Niemeyer, 2000; Anderson, 2001; Diodato et al., 2004). Cockerell (1929) se referiu a *D. coccus* como “a cochonilha comercial”. Mesmo a *D. coccus* sendo a principal espécie para produção do carmim, as outras espécies também podem ser utilizadas para produção do corante (Chávez-Moreno et al. 2009), o qual pode ser usado em alimentos, bebidas, cosméticos, medicamentos, etc. As cochonilhas do gênero *Dactylopius* se alimentam exclusivamente de cactos, principalmente do gênero *Opuntia* (Chávez-Moreno et al., 2009; Spodek et al., 2014; Van Dam et al., 2015). Chávez-Moreno et al. (2009) realizaram um levantamento da distribuição do gênero *Dactylopius* e verificaram sua ocorrência em pelo menos 33 países, de forma natural ou introduzidas, sendo que a maior parte foi encontrada na América do Norte. Como no Nordeste brasileiro o cultivo da palma forrageira tem ocorrido com o objetivo de produzir forragem, não é desejável a ocorrência das cochonilhas na planta.

A família Diaspididae (que engloba a cochonilha de escama) inclui 2595 espécies em 418 gêneros (García Morales et al., 2016). A espécie *D. echinocacti* Bouché apresenta ampla distribuição geográfica e possui preferência por plantas da família cactácea como hospedeiro (McKenzie, 1956; Oetting, 1984; Claps et al., 2006; Hong et al., 2012). Os insetos infestam as plantas, podendo cobrir completamente toda a área dos cladódios e matar o hospedeiro. Esses insetos são difíceis de controlar por causa da cobertura protetora de cera rígida que o inseto secreta sobre si mesmo (Mauchline et al., 2011).

A utilização de variedades resistentes aos insetos tem se destacado como prática de manejo fitossanitário, tendo em vista a exclusão de custos adicionais com pesticidas para o produtor rural. Vários clones de palma já foram reconhecidos como resistentes à cochonilha do carmim: cv. Miúda (*Nopalea*) e Orelha de elefante africana (*Opuntia*) (Vasconcelos et al., 2009); IPA Sertânia e Orelha de onça (*Nopalea*), Orelha de elefante mexicana, F13 e F15 (*Opuntia*) (Santos et al., 2013). No entanto, observações experimentais têm demonstrado suscetibilidade dos clones Miúda e Orelha de elefante mexicana à cochonilha de escama (Ferraz et al., 2017a). Em adição, até o momento não foram identificados clones de palma resistentes à cochonilha de escama.

Dependendo do nível de infestação, a cochonilha do carmim pode reduzir significativamente a produção de forragem da palma, como ocorreu em Sertânia, Pernambuco (Ferraz et al., 2016). Resultados preliminares destes autores mostraram potencial dos cultivares Miúda e IPA Sertânia, além de dois outros genótipos (identificados no banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco como IPA-100419 "Sel. 21-13" e IPA-100420 "Sel. 21-21"), para cultivo em áreas onde ambas as cochonilhas ocorrem. Todos esses quatro clones são do gênero *Nopalea*. No entanto, quando o objetivo é o controle da cochonilha do carmim, o clone Orelha de elefante mexicana tem atendido às expectativas de resistência ao inseto (Ferraz et al., 2017b).

Os mecanismos de resistência às cochonilhas ainda não estão claros. Falcão et al. (2013) avaliaram três cultivares de palma classificadas como susceptível (Clone IPA 20), tolerante (F8) e resistente (Orelha de elefante mexicana) à cochonilha do carmim e verificaram que as variedades tolerante e resistente apresentaram menos cera epicuticular, porém, um teor superior de açúcares solúveis, em relação à susceptível, e de modo geral, o teor de ácidos orgânicos e a atividade da PEP carboxilase foi maior e menor, respectivamente, na variedade resistente. A F8 apresentou maior produção de massa seca, provavelmente devido ao equilíbrio entre defesa e produção, e, por isso, os autores recomendaram a utilização de variedades tolerantes no Nordeste brasileiro. Por sua vez, Silva et al. (2010) avaliaram a anatomia de diferentes

variedades de palma e constataram que a espessura cuticular (39  $\mu\text{m}$ ) e da epiderme (220  $\mu\text{m}$ ) foram maiores na *Opuntia undulata* Griffiths (IPA-2000174), também conhecida como Orelha de elefante africana, resistente à cochonilha do carmim.

A palma Miúda, *Nopalea*, é cultivada no semiárido brasileiro, porém, é mais exigente em termos de água e nutrientes no solo quando comparada às plantas do gênero *Opuntia* (Santos et al., 2006). Por isso, essa cultivar se adapta melhor em áreas mais úmidas, como o Agreste pernambucano e parte dos estados da Paraíba e Alagoas, produzindo em média 21 t de MS  $\text{ha}^{-1}$  2 anos $^{-1}$  com população de 20.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Santos et al., 2013). Os nutrientes exportados pela colheita da cultura são da ordem de 360 kg de N, 64 kg de P, 1032 kg de K e 940 kg de Ca, considerando uma produtividade de 40 t de MS por hectare por 2 anos, além de outros macro e micronutrientes (Dubeux Júnior & Santos, 2005).

## VALOR NUTRITIVO

Vários fatores podem influenciar a composição química da palma forrageira, entre eles a espécie, a cultivar, idade da planta e do cladódio e época do ano. Mas de modo geral, trata-se de uma excelente fonte de alimento, salvo algumas características que podem limitar seu uso exclusivo, como os baixos teores de PB e matéria seca (Tabela 1).

Níveis de PB menores de 7% podem reduzir a ingestão voluntária e, conseqüentemente, o consumo de energia, a função ruminal e a eficiência de utilização do alimento (Minson, 1990; Van Soest, 1994). Por isso, é recomendável adicionar uma fonte de proteína em dietas à base de palma forrageira (Sirohi et al., 1997). Mendes et al. (2010) verificaram que a utilização de ureia em substituição parcial do farelo de soja foi uma alternativa viável na alimentação de cabras em lactação para atender às exigências proteicas dos animais.

A utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes é particularmente importante por seu elevado conteúdo de água, alta digestibilidade da matéria seca e elevada produtividade em ambientes semiáridos. A palma possui cerca de 90% de umidade (900 g  $\text{kg}^{-1}$  de massa fresca), alto teor de carboidratos totais (60%), matéria mineral (26%) (Ayadi et al., 2009), matéria orgânica (87 e 90%) e carboidratos não-fibrosos (42 e 47%), para a palma Miúda e gigante, respectivamente (Torres et al., 2009). Valores elevados da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (75%: Gregory & Felker., 1992; 69 a 82%: Guevara et al., 2004) também são característicos da cactácea. A palma Orelha de elefante mexicana, além de apresentar resistência à cochonilha do carmim, de maneira geral, possui características químicas

semelhantes a outros clones e representa mais uma importante fonte de forragem para regiões semiáridas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Efeito da cultivar sobre a composição química (\*matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, estrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, carboidratos totais, carboidratos não-fibrosos) da palma forrageira (em base de matéria seca)

Cultivar	*MS	MM	PB	EE	FDN	FDA	Lig	CHOT	CNF	Ref.
	g kg <sup>-1</sup>									
Redonda	109	120	42	-	-	-	-	-	-	1
Gigante	78	163	48	10	291	258	46	779	503	2
Gigante	153 bc	81 b	44 a	24	248	179 ab	13 ab	625 b	398 bc	
Miúda	187 a	81 b	33 b	20	241	148 c	13 ab	660 ab	439 abc	
IPA20	156 bc	72 bc	37 b	20	247	185 ab	12 ab	690 a	464 ab	
IPA9092	165 ab	78 bc	34 b	23	255	178 ab	13 ab	690 a	462 ab	3
IPA90155	170 ab	68 c	37 b	23	263	207 a	17 a	711 a	468 a	
Algeria	126 c	94 a	44 a	17	246	183 ab	10 b	617 b	381 c	
Chile	138 bc	79 bc	39 b	23	249	158 bc	8 b	633 b	404 abc	
Gigante	95	128	68	-	-	169	-	775	485	4
#OEM	127	85	33	12	#227	173	108	870	642	5

#Orelha de elefante mexicana com FDN corrigida para cinzas e proteína.

Ref.: referência. <sup>1</sup>adaptado de Santos et al. (1990); <sup>2</sup>Tosto et al. (2007); <sup>3</sup>Batista et al. (2009); <sup>4</sup>Silva et al. (2013); <sup>5</sup>Silva et al. (2017a). <sup>3</sup>Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05).

Na palma, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) devem ser considerados quando da utilização da planta como principal ingrediente nas dietas (Wanderley et al., 2002), pois a FDN é o componente que mais se aproxima dos valores do conteúdo da parede celular das forrageiras, ou seja, os constituintes de baixa degradação da dieta (Mertens, 1997). Normalmente, a palma apresenta baixos teores de FDN, os quais precisam ser corrigidos com uma fonte de fibra, para manutenção das condições normais do rúmen (Silva & Andrade, 2013). Fenos e silagens são algumas opções de uso para tal fim (Santos & Albuquerque, 2001). Nesse contexto, a cultivar Miúda tem se destacado por apresentar teores superiores de matéria seca (Batista et al., 2009).

Normalmente, utiliza-se a palma na dieta para substituir parcialmente outras fontes de forragem, como feito por Mahouachi et al. (2012) para alimentação de caprinos leiteiros e caprinos em crescimento. Os melhores resultados de consumo de matéria seca e desempenho animal têm sido obtidos quando a palma forrageira é misturada a alimentos concentrados (Atti et al., 2006; Souza et al., 2010; Goveia et al., 2016). Abreu Filho et al. (2015) observaram que a cv. Miúda pode participar de 60% da dieta de novilhos em pastejo, sem interferir nas eficiências de alimentação e ruminação.

Vale ressaltar que é possível também substituir os cultivares susceptíveis por genótipos resistentes às pragas. Torres et al. (2009) verificaram que a palma Miúda pode substituir integralmente a palma gigante em dietas para bovinos em crescimento sem alterar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes.

A palma forrageira, de maneira geral, é rica em minerais. Os cladódios contêm altos teores de matéria mineral (em torno de 20% do peso seco) (Malainine et al., 2003). Batista et al. (2003) verificaram teores de 146, 186 e 171 g kg<sup>-1</sup> de MS de matéria mineral, para os cultivares gigante, Miúda e clone IPA 20, respectivamente, sendo que não houve diferença significativa entre os cultivares. O cálcio, seguido pelo potássio, é o mineral mais abundante nos cladódios da palma (Sáenz et al., 2010; Dubeux et al., 2017).

Particularmente nas regiões semiáridas, a palma forrageira é também importante pelo seu alto conteúdo de água. O consumo de palma forrageira pode reduzir a ingestão da água de bebida pelos animais (Terblanche et al., 1971; Gebremariam et al., 2006a; 2006b; Costa et al., 2009). Os cladódios da planta são ricos em mucilagem (Sáenz, 1997; Sáenz et al., 2004; Ayadi et al., 2009), um carboidrato complexo que pode participar de 35% do peso de cactáceas (Nobel et al. 1992) e que aumenta a capacidade de retenção e armazenamento de água pela planta (Griffiths & Males, 2017).

## **MELHORAMENTO GENÉTICO DA PALMA FORRAGEIRA**

Na América, as cactáceas possuem quatro principais centros de diversidade: (1) o México e o sudoeste dos Estados Unidos; (2) os Andes Centrais (Sul do Equador, Peru, Bolívia, Nordeste do Chile e Noroeste da Argentina); (3) leste do Brasil; e (4) Oeste e Sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Sul e Leste da Argentina (Taylor, 1997; Taylor & Zappi, 2004). Em relação aos ecossistemas áridos e semiáridos, as cactáceas estão entre as plantas mais amplamente distribuídas nesses ambientes (Lima & Meiado, 2017).

As cactáceas apresentam várias adaptações aos climas áridos e semiáridos, os quais se refletem em suas características morfológicas e fisiológicas, bem como em sua versatilidade reprodutiva (Anderson, 2001; Mandujano et al., 2010). Estima-se que a família Cactaceae possua em torno de 1922 espécies e 130 gêneros (Novoa et al., 2015). Destes, os gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são os mais importantes em razão da sua utilidade (Valdez & Osorio, 1997), servindo, por exemplo, para produção de forragem e na alimentação humana, através da produção de frutos e verdura (nopalitos) (Mondragón Jacobo & Méndez Gallegos, 2017). O gênero *Opuntia*, um dos mais diversificados e amplamente distribuídos na América, inclui 188 espécies (Anderson, 2001), enquanto o gênero *Nopalea* apresenta nove espécies (Puente, 2006), sendo a *N. cochenillifera* (L.) Salm-Dyck, de porte arbustivo, a espécie com maior distribuição (Reyes-Agüero & Aguirre-Rivera, 2016).

As áreas cultivadas com a palma forrageira são obtidas principalmente por via vegetativa através da apomixia, em que uma nova planta é produzida a partir do enraizamento de partes ou cladódios inteiros separados de uma planta-mãe (Pimienta-Barrios & Del Castillo, 2002; Berger et al., 2013). A multiplicação por sementes também pode ocorrer, porém há segregação genética, uma longa fase juvenil e baixa velocidade de crescimento, se comparada à multiplicação assexuada (Villalobos, 2001). Em contrapartida, a reprodução sexual possibilita elevada geração de variabilidade genética (Santos et al., 1994). Isso pode ter contribuído com a dispersão e adaptação da palma forrageira em diversas partes do mundo. A possibilidade de ocorrência da reprodução sexual e da multiplicação vegetativa da palma auxiliaram no seu sucesso ecológico e evolutivo (Reyes-Agüero et al., 2006).

As flores da palma forrageira são hermafroditas, florescem durante o dia e se fecham à noite (Nerd & Mizrahi, 2001), porém, a alogamia é comumente encontrada em cactáceas (Boyle & Anderson, 2002). No gênero *Opuntia* é relatada a presença tanto de polinização cruzada quanto de autopolinização (Reyes-Agüero et al., 2006), havendo, portanto, a possibilidade de hibridação e aumento da diversidade genética.

Os polinizadores são de grande importância na reprodução das cactáceas (Valiente-Banuet et al., 1996). Plantas do gênero *Opuntia* estão associadas à polinização por abelhas, o que favorece a polinização cruzada, assim como pode facilitar a autofecundação durante a visita dos polinizadores, visto que muitas espécies deste gênero apresentam autocompatibilidade (Grant et al., 1979; Reyes-Agüero et al., 2006).

O gênero *Nopalea*, por sua vez, apresenta plantas alógamas e suas flores são adaptadas à polinização por pássaros, notadamente o beija-flor (Gibson & Nobel, 1986; Rebman & Pinkava, 2001; Puente, 2006). Destaca-se que plantas da espécie *Nopalea cochenillifera*

apresentam como vantagem a ausência de espinhos, ao contrário de indivíduos do gênero *Opuntia*, o que facilita a colheita e manuseio dos cladódios (Nerd et al., 1997; Nobel & Zutta, 2008).

A ausência de espinho é uma característica importante do ponto de vista do melhoramento genético da cultura também pelo fato de facilitar o consumo da forragem pelos animais. Cavalcanti et al. (2008) verificaram redução do consumo de matéria seca por caprinos e ovinos quando a dieta continha a variedade de palma forrageira orelha de elefante africana (*Opuntia*). A grande quantidade de espinhos nessa variedade, aproximadamente 24 por cladódio, pode ter causado a redução do consumo. Dessa forma, é importante a diversificação da base genética da palma forrageira, tendo em vista a geração de clones com caracteres de interesse zootécnico. Borém & Miranda (2013) destacaram ainda que muitas plantas com propagação assexuada são poliploides e apresentam elevada heterozigose, porém, expressam acentuada perda de vigor com a endogamia.

A maior variabilidade fenotípica na palma forrageira é encontrada no México, que possui a maior variedade de espécies silvestres e domesticadas (Barbera et al., 1992; Mondragón Jacobo & Chessa, 2017). Estudos constataram que essa variabilidade foi maior em quintais ou cercas-vivas de casas nos povoados rurais que nas plantações comerciais e selvagens. A hibridação natural na palma foi favorecida pelas condições simpátricas artificiais que existiam nos quintais dos povoados rurais. Provavelmente, no início da domesticação, os fenótipos com alto nível de ploidia chamaram a atenção dos camponeses, pois comumente as espécies poliplóides apresentam cladódios mais vigorosos. Isso certamente influenciou a seleção de fenótipos que se destacaram entre as populações selvagens, dos quais foram coletadas partes vegetativas para plantio nos quintais das populações rurais (Pimienta-Barrios, 1995; Pimienta-Barrios & Muñoz-Urías, 2001).

É comum a ocorrência de hibridação natural na palma forrageira, que pode estar relacionada à poliploidia, uma das principais causas da diversidade fenotípica em cactáceas (Kiesling, 1998), como a presença ou ausência de espinhos e tamanho de frutos e cladódios. Populações selvagens e cultivadas apresentam níveis diferentes de ploidia (Mondragon-Jacobo, 2001). Espécies selvagens normalmente são diploides, enquanto indivíduos octaploides podem ser encontrados em populações cultivadas (Kiesling, 1998).

Em outro trabalho, Majure et al. (2012) avaliaram 53 taxa em quatro gêneros (*Consolea*, *Nopalea*, *Opuntia*, *Tacinga*) e verificaram que 21 foram diploides e 32 poliplóides. Acessos de *Nopalea* foram ou diploide ou tetraploide, e espécies do gênero *Opuntia* variaram de diploides

a octópodes. Acrescenta-se que o número básico de cromossomos em cactáceas é 11 (Pinkava & McLeod, 1971), enquanto o número de cromossomos somáticos é 22 (Beccaro et al., 2015).

Estudos conduzidos no Brasil também têm constatado a presença de variabilidade na palma forrageira em diversos aspectos. Há variabilidade no tocante a produtividade das plantas (Pinheiro et al., 2014; Silva et al., 2017b), morfologia (Paixão et al., 2011), características químicas (Alves et al., 2016) e quanto à resistência à cochonilha do carmim (Vasconcelos et al., 2009; Borges et al., 2013), sendo que este último aspecto se tornou um dos principais objetivos do programa de melhoramento genético da cactácea conduzido pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

O programa de melhoramento da palma forrageira através da parceria IPA/UFRPE começou no final da década de 1980. As ações têm se concentrado na ampliação da base genética, com a introdução de novos clones e geração de novos materiais a partir de cruzamentos por polinização livre (por meio de insetos) e cruzamentos dirigidos, através da emasculação das flores, além de pesquisas para obtenção de genótipos resistentes à cochonilha do carmim (Santos et al., 2010). Mondragon-Jacobo (2001) apresentou as etapas para a emasculação e polinização controlada da palma forrageira, desde a remoção dos gloquídeos, para facilitar o manuseio, até a cobertura e identificação da flor, etapas estas que são também seguidas pelo IPA (Santos et al., 2005b).

A polinização controlada apresenta como vantagem o conhecimento de quais plantas estão envolvidas nos cruzamentos, bem como suas características, o que permite a seleção prévia de parentais superiores. Nobel (1994) destacou que a polinização manual é um dos pontos chave para o desenvolvimento de novas cultivares de cactáceas.

Em Pernambuco, a conservação de recursos genéticos da palma forrageira tem sido realizada principalmente pelo IPA. O programa de melhoramento foca principalmente no desenvolvimento de variedades melhoradas para produção de forragem. Seu inventário inclui clones obtidos de Chapingo, México, e outros clones provenientes da Embrapa Semiárido e do Rio Grande do Norte, a partir da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), totalizando mais de 1400 acessos (Mondragón Jacobo & Chessa, 2017). A Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) também tem contribuído com a formação de bancos de germoplasma da palma forrageira em suas unidades experimentais (Santos et al., 2010).

Em um programa de melhoramento de plantas, algumas etapas são essenciais e devem ser seguidas. Schnell (1982) sugeriu três fases gerais para um programa de melhoramento: 1.

Seleção/aquisição de variabilidade genética; 2. formação de pais varietais; e 3. avaliações experimentais com as variedades. Na primeira fase, a população base para o programa de melhoramento é criada. A segunda fase corresponde à seleção dos melhores indivíduos para a formação da primeira geração, e na terceira fase, as variedades experimentais são testadas.

Para espécies propagadas assexuadamente, como a palma forrageira, Borém & Miranda (2013) sugeriram a estratégia de realizar o cruzamento entre dois clones superiores e avaliar a geração F1 segregante. Na primeira geração após o cruzamento, a seleção normalmente é realizada com base na avaliação de plantas individuais e, portanto, deve ser conduzida principalmente para caracteres com alta herdabilidade.

O esquema básico de melhoramento da palma forrageira adotado pelo IPA inclui etapas como: formação da população inicial, através da introdução de clones, cruzamento por polinização livre e cruzamentos controlados; formação da coleção para seleção inicial; testes preliminares dos clones; competição de clones; multiplicação; ensaios agrônômicos e zootécnicos; e liberação de um novo cultivar. Essas etapas podem levar pelo menos nove anos até a obtenção de uma nova variedade (Santos et al., 2005b). Um ponto importante a ser destacado é em relação a apomixia, que dificulta o melhoramento da cultura, mas que, por outro lado, permite a reprodução de híbridos sem segregação genética (Mondragón Jacobo & Bordelon, 2002).

A hibridação interespecífica é importante para programas de melhoramento, por aumentar a variabilidade genética das novas populações. Além disso, o melhoramento genético da palma forrageira associado à otimização de práticas de manejo pode promover incrementos consideráveis na produtividade dessa forrageira no Nordeste brasileiro (Lira et al., 2005). Práticas como o manejo do espaçamento de plantio e adubação tem contribuído com o aumento do potencial produtivo da cultura (Dubeux Júnior et al., 2015).

Nesse contexto, Dubeux Junior et al. (2006) observaram incremento no rendimento da *O. ficus-indica* cv. Clone IPA 20 com o aumento da população de plantas, de 5.000 para 40.000 plantas por hectare. Por sua vez, Souza et al. (2017) verificaram que a alta densidade de plantas (40.000 plantas por hectare) associada à adubação química são práticas necessárias para ganhos consideráveis na produtividade da *N. cochenillifera* cv. Miúda.

A produtividade da palma forrageira também está atrelada às características morfológicas da planta. Dessa forma, Pinheiro et al., (2014) constataram que a variabilidade do rendimento da cultura foi mais influenciada pelo número total de cladódios, independentemente do clone (IPA Sertânia ou Orelha de elefante mexicana).

A identificação das variabilidades fenotípica e genética de uma população é essencial para o desenvolvimento dos programas de melhoramento genético, porque permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para seleção (Ramalho et al., 2012). Além disso, é imprescindível identificar a natureza dessa variação, isto é, se é genética e/ou ambiental. A existência de variabilidade genética é importante para que sejam obtidas novas combinações de maior interesse.

É válido destacar que a propagação assexuada da palma forrageira apresenta a vantagem de que um indivíduo superior pode dar origem a um grande número de indivíduos idênticos. Por outro lado, com o tempo, áreas cultivadas com um único clone podem ser tornar vulneráveis às pragas e doenças devido à ausência de variabilidade genética. Santos et al. (2005b) mencionaram que isso ocorria no Nordeste, uma vez que quase toda a área de palma do semiárido era cultivada com os clones Gigante, Miúda e Redonda. No então, mais recentemente outros genótipos foram selecionados e incorporados à base genética do IPA (Santos et al., 2013) e com isso espera-se contribuir com o aumento da variabilidade presente nos campos de produção de palma na região.

Assim, dada a importância socioeconômica desempenhada pela palma forrageira na produção animal em regiões semiáridas, justifica-se a busca por fontes de variabilidade genética, com vistas ao aumento do potencial produtivo da cultura. Mondragón Jacobo (2002) lembrou que a estabilidade e competitividade produtiva da palma forrageira depende da utilização dinâmica do germoplasma e da avaliação sistemática de novos genótipos. A definição de estratégias de melhoramento mais eficientes depende, em parte, da descrição precisa dos caracteres de interesse e sua expressão no germoplasma disponível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU FILHO, G.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; CARVALHO, G. G. P.; PEREIRA, M. M. S.; MENDES, F. B. L.; BASTOS, E. S.; SANTOS, M. C.; CARVALHO, V. M.; LINS, T. O. J. D. Impact of increasing levels of spineless-cactus meal on the ingestive behaviour of grazing steers. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.6, suplemento 2, p.4457-4468, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4457>

ACEVEDO, E.; BADILLA, I.; NOBEL, P. S. Water relations, diurnal activity changes, and productivity of a cultivated cactus (*Opuntia ficus-indica*). **Plant Physiology**, v.72, p.775-780, 1983. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/eru063>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

ALBUQUERQUE, S. G.; SANTOS, D. C. Palma-forrageira. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Eds.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi-árido brasileiro**. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.91-127.

ALVES, F. A. L.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS, D. C. Study of the variability, correlation and importance of chemical and nutritional characteristics in cactus pear (*Opuntia* and *Nopalea*). **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.31, p.2882-2892, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11025>

ANDERSON, E. F. **The cactus family**. Portland, Oregon: Timber Press, 2001. 776p.

ANDRADE-MONTEMAYOR, H. M.; CORDOVA-TORRES, A. V.; GARCÍA-GASCA, T.; KAWAS, J. R. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). **Small Ruminant Research**, v.98, p.83-92, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.023>

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. – Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p. <http://www.iicabr.iica.org.br/publicacoes/11086/>

ASNER, G. P.; ELMORE, A. J.; OLANDER, L. P.; MARTIN, R. E.; HARRIS, A. T. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. **Annual Review of Environment and Resources**, v.29, p.261-299, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102142>

ATTI, N.; MAHOUACHI, M.; ROUISSI, H. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. **Meat Science**, v.73, p.229-235, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.11.018>

AYADI, M. A.; ABDELMAKSOU, W.; ENNOURI, M.; ATTIA, H. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: effect on dough characteristics and cake making. **Industrial Crops and Products**, v.30, p.40-47, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.01.003>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

BARBERA, G.; CARIMI, F.; INGLESE, P. Past and present role of the Indian-fig prickly-pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily. **Economic Botany**, v.46, n.1, p.10-20, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02985249>

BARROS, N. N.; SIMPLÍCIO, A. A.; FERNANDES, F. D. Terminação de borregos em confinamento no Nordeste do Brasil. Sobral, CE: Embrapa - CNPC, 1997. 24p. (Embrapa – CNPC. **Circular Técnica**, 12). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26728/1/CT-12.pdf>

BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JR., J. B.; MUSTAFA, A. F. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v.62, n.3, p.297-301, 2009. DOI: <https://doi.org/10.2111/07-099R1.1>

BATISTA, A. M.; MUSTAFA, A. F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, n.5, p.440-445, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1393>

BECCARO, G. L.; BONVEGNA, L.; DONNO, D.; MELLANO, M. G.; CERUTTI, A. K.; NIEDDU, G.; CHESSA, I.; BOUNOUS, G. *Opuntia* spp. biodiversity conservation and utilization on the Cape Verde Islands. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.62, n.1, p.21-33, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0133-2>

BERGER, H.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A.; GALLETI, L. Field operations and utilization of cactus cladodes. In: **Agro-industrial utilization of cactus pear**. FAO, Rural Infrastructure and Agro-Industries Division, International Technical Cooperation Network on Cactus (FAO–CACTUSNET), Rome, 2013. p.21-29. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/019/a0534e/a0534e.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Paraíba. **Revista**

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.755–761, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700013>

BLACK, C. C.; OSMOND, C. B. Crassulacean acid metabolism photosynthesis: ‘working the night shift’. **Photosynthesis Research**, v.76, p.329-341, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024978220193>

BNB – BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Fortaleza, CE. **Notas sobre a cultura da palma forrageira no Nordeste**. Fortaleza, 1959. 48p.

BÖHM, A. U.; PODZUM, B. R.; JACOB, C. D. Surface water balance estimation for a semi-arid region using a regional climate model and comparison of water balance components with global circulation model output and analysis data. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.23, n.4, p.405-411, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-1946\(98\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0079-1946(98)00045-7)

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6.ed. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 523p.

BORGES, L. R.; SANTOS, D. C.; FALCÃO, H. M.; SILVA, D. M. P.; CAVALCANTI, V. A. L. B.; GOMES, E. W. F. Selection of cactus pear clones regarding resistance to carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Dactylopiidae). **Acta Horticulturae**, v.995, p.359-366, 2013. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.47>

BOYLE, T. H.; ANDERSON, E. F. Biodiversity and conservation. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2002. p.125-141.

CAVALCANTI, M. C. A.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; LIRA, M. A.; RIBEIRO, V. L.; RIBEIRO NETO, A. C. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.2, p.173-179, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i2.4684>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

CHÁVEZ-MORENO, C. K.; TECANTE, A.; CASAS, A. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. **Biodiversity and Conservation**, v.18, n.13, p.3337-3355 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9647-x>

CLAPS, L. E.; DE HARO, M. E. Coccoidea (Insecta: Hemiptera) associated with Cactaceae in Argentina. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.4, p.77-83, 2001. [http://www.jpacd.org/downloads/vol4/pd\\_1.pdf](http://www.jpacd.org/downloads/vol4/pd_1.pdf)

CLAPS, L. E.; ZAMUDIO, P.; BRIZ, L. D. Las Dactylopiidae y Diaspididae (Hemiptera, Coccoidea) de la Colección Kenneth Hayward, Tucumán, Argentina. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.50, n.1, p.33-38, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262006000100004>

COCKERELL, T. D. A. Biological control of the prickly pear. **Science**, v.LXIX, n.1786, 1929. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.69.1786.328>

COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; MEDEIROS, A. N.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MELO, A. A. S. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v.82, p.62-65, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.01.004>

COVARRUBIAS, J. M. Insect pests of cactus pear. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world**. FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017. p.125-132.

CUSHMAN, J. C.; BOHNERT, H. J. Crassulacean acid metabolism: molecular genetics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.305-332, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.305>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

DE LOTTO, G. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). **Journal of the Entomological Society of Southern Africa**, v.37, n.1, p.167-193, 1974. [http://hdl.handle.net/10520/AJA00128789\\_2848](http://hdl.handle.net/10520/AJA00128789_2848)

DIODATO, L.; ITURRE, M.; PAZ, M. E. Especies de Dactylopius en Argentina y factores que inciden en su producción, **Revista de Ciencias Forestales - Quebracho**, n.11, 2004. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48101107>

DRENNAN, P. M.; NOBEL, P. S. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. **Plant, Cell & Environment**, v.23, p.767-781, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00588.x>

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A. Forage production and supply for animal nutrition. IN: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world**. FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017. p.74-91.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.105-127.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D. C. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet Newsletter**, n.13, p.29-40, 2013. Disponível em: <<http://www.cactusnetwork.org/newsletter/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in North-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.67, p.357-372, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.015>

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C. Forage potential of cacti on

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

drylands. **Acta Horticulturae**, 1067, p.181–186, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1067.24>

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4a ed. – Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330p. Disponível em: <[http://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/livroPDF.aspx?cd\\_livro=203](http://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/livroPDF.aspx?cd_livro=203)>. Acesso em: 18 jan. 2016.

FALCÃO, H. M.; OLIVEIRA, M. T.; MERGULHÃO, A. C.; SILVA, M. V.; SANTOS, M. G. Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus-indica* cultivars exposed to carmine cochineal under field conditions. **Scientia Horticulturae**, v.150, p.419-424, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.11.021>

FERRAZ, A. P. F.; ARRUDA, D. M. P.; MELLO, A. C. L. M. Pragas e doenças. In: LIRA, M. A. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo e usos**. Cadernos do Semiárido: riquezas e oportunidades, 7. CREA-PE, 2017a. p.39-47. <http://www.creape.org.br/portal/wp-content/uploads/2016/11/Caderno-7.pdf>

FERRAZ, A. P. F.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, P. S. F.; SANTOS, D. C. Cochineal insects in cactus pear genotypes (*Opuntia* and *Nopalea*): effect on forage production. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Grassland and Forage abstracts, v.24, n.5, p.192-193, 2016. [http://ojs.alpa.org.ve/index.php/ojs\\_files/article/view/2548](http://ojs.alpa.org.ve/index.php/ojs_files/article/view/2548)

FERRAZ, A. P. F.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, P. S. F.; SANTOS, D. C. Incidence of cochineal insects in cactus pear genotypes in the semiarid region of Pernambuco. IX International Congress on Cactus pear and cochineal: CAM crops for a hotter and drier world, **Proceedings**. ISHS/FAO-ICARDA, Chile, 2017b. p.143. Disponível em: <http://www.cactuscongress2017.uchile.cl/>, acesso em: 20 dez. 2017.

FISHER, R. A.; TURNER, N. C. Plant productivity in the arid and semi-arid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, v.29, p.277-317, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.29.060178.001425>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

GARCÍA MORALES, M.; DENNO, B. D.; MILLER, D. R.; MILLER, G. L.; BEN-DOV, Y.; HARDY, N. B. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics, 2016. Database doi: 10.1093/database/bav118. Disponível em: <http://scalenet.info>, acesso em: 1 jan. 2018.

GEBREMARIAM, T.; MELAKU, S.; YAMI, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.42-51, 2006b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.02.003>

GEBREMARIAM, T.; MELAKU, S.; YAMI, A. Effect of wilting of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) on feed utilization in sheep. **Tropical Science**, v.46, n.1, p.37-40, 2006a. DOI: <https://doi.org/10.1002/ts.27>

GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. **The cactus primer**. Cambridge, Massachusetts, Harvard University press, 1986. 286p.

GOVEIA, J. S. S.; OLIVEIRA, V. S.; SANTOS, G. R. A.; MELO, K. D. A.; OLIVEIRA, A. G.; MELO, M. V. A. Partial replacement of corn by forage cactus in the diets of lactating goats. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.2, p.969-976, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p969>

GRANATA, G.; FAEDDA, R.; OCHOA, M. J. Diseases of cactus pear. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world**. FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017. p.115-122.

GRANT, V.; GRANT, K. A.; HURD JR., P. D. Pollination of *Opuntia lindheimeri* and related species. **Plant Systematic and Evolution**, v.132, n.4, p.313-320, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00982393>

GREGORY, R.A.; FELKER, P. Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting *Opuntia* forage clones. **Journal of Arid Environments**, v.2, n.4, p.323-331, 1992.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

GRIFFITHS, D. Feeding prickly pear to stock in Texas. Washington, U. S. Department of Agriculture, Bureau of Animal Industry. **Bulletin 91**. 1906. 23p. <https://opuntiads.com/records/feeding-prickly-pear-to-stock-texas-DG1906.pdf>

GRIFFITHS, D. The prickly pear and other cacti as food for stock. Washington, U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industries. **Bulletin 74**, 1905. 48p. <https://opuntiads.com/records/The-prickly-pear-and-other-cacti-as-food-for-stock-No.74.pdf>

GRIFFITHS, H.; MALES, J. Succulent plants. **Current Biology**, v.27, n.17, p.R853-R909, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.021>

GUEVARA, J. C.; COLOMER, J. H. S.; ESTEVEZ, O. R. Nutrient content of *Opuntia* forage clones in the Mendoza plain, Argentina. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.6, p.62-77, 2004. <http://www.jpacd.org/?modulo=JS&ID=7>

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, v.36, n.1, p.133-148, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0202>

HODGSON, C. J. Classification of the Coccidae and related Coccoid families. In: BEN-DOV, Y.; HODGSON, C. J. (Eds.). **World Crop Pests - Soft Scale Insects their Biology, Natural Enemies and Control**. Elsevier Science, vol.7, Part A, 1997. p.157-201. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1572-4379\(97\)80050-4](https://doi.org/10.1016/S1572-4379(97)80050-4)

HONG, KI-JEONG; LEE, JONG-HO; LEE, GWAN-SEOK; LEE, S. The status quo of invasive alien insect species and plant quarantine in Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.15, p.521-532, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2012.06.003>

HOPKINS, W. G.; HÜNER, N. P. A. **Introduction to plant physiology**. 4.ed. New York: Wiley. John Wiley & Sons, 2009. 528p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa Pecuária Municipal**, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2016>>. Acesso em: 25 dez. 2017.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

INGLESE, P.; LIGUORI, G.; BARRERA, E. Ecophysiology and reproductive biology of cultivated cacti. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world**. FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017. p.29-41.

IÑIGUEZ, L. The challenges of research and development of small ruminant production in dry areas. **Small Ruminant Research**, v.98, p.12-20,2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.010>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012. 582p. <[https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf)>. 29 Jun. 2016.

KIESLING, R. Orígen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus indica*. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.3, 1998. [http://www.jpacd.org/downloads/Vol3/RAC\\_2.pdf](http://www.jpacd.org/downloads/Vol3/RAC_2.pdf)

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LIMA, A. T.; MEIADO, M. V. Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. **Seed Science Research**, v.27, n.4, p.292-302, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258517000241>

LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; NOBRE, F. V.; BARRETO, H. F. M. Produção estratégica de alimentos para a pecuária familiar no semiárido: alternativas para a formulação de rações na própria fazenda. Natal, RN: EMPARN, 2009. 54p. (**Sistemas de produção**, 1). <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000024939.PDF>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. Utilização da palma forrageira na pecuária leiteira do semi-árido. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v.2, p.107-120, 2005. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34528/1/AAPCA-V2-Revisao-03.pdf>

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. A palma forrageira na pecuária do semi-árido. In: GOMIDE, C. A. M.; RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N.; ALMEIDA, S. A.; SÁ, J. L.; SÁ, C. O. (Eds.). **Alternativas alimentares para ruminantes**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.17-33.

MAHOUACHI, M.; ATTI, N.; HAJJI, H. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. inermis) for dairy goats and growing kids: impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. **The Scientific World Journal**, v.2012, p.1-4, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1100/2012/321567>

MAJURE, L. C.; PUENTE, R.; PINKAVA, D. J. Miscellaneous chromosome numbers in *Opuntia* Dc. (Cactaceae) with a compilation of counts for the group. **Haseltonia**, n.18, p.67-78, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2985/026.018.0109>

MALAININE, M. E.; DUFRESNE, A.; DUPEYRE, D.; MAHROUZ, M.; VUONG, R.; VIGNON, M. R. Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterisation. **Carbohydrate Polymers**, v.51, n.1, p.77-83, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(02\)00157-1](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00157-1)

MANDUJANO, M. C.; CARRILLO-ÁNGELES, I.; MARTÍNEZ-PERALTA, C.; GOLUBOV, J. Reproductive biology of Cactaceae. In: RAMAWAT, K.G. (Ed.). **Desert Plants: biology and biotechnology**, Springer-Verlag, Berlin, 2010. p.197-230. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02550-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02550-1_10)

MARTINEZ, P. H. Vida e morte no sertão: história das secas no Nordeste nos séculos XIX e XX. **Revista Brasileira de História**, v.22, n.43, p.251-254, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-01882002000100016>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

MAUCHLINE, N.; HALLETT, I.; HILL, G.; CASONATO, S. Process of infection of armored scale insects (Diaspididae) by an entomopathogenic *Cosmospora* sp. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.108, p.46-51, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2011.07.002>

MCKENZIE, H. L. **The armored scale insects of California**. University of California Press, Bulletin of the California Insect Survey, v.5, 1956, 210p. Disponível em: <https://essig.berkeley.edu/documents/cis/cis05.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2018.

MENDES, C. Q.; FERNANDES, R. H. R.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; GENTIL, R. S. Substituição parcial do farelo de soja por ureia ou amireia na alimentação de cabras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1818-1824, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000800026>

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma forrageira em propriedades rurais. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2.ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.129-141.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press, 1990. 483p.

MONDRAGÓN JACOBO, C. Caracterización genética de una colección de nopal (*Opuntia* spp.) de la región centro de México. **Agricultura Técnica en México**, v.28, n.1, p.3-14, 2002. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60828101>

MONDRAGÓN JACOBO, C.; BORDELON, B. B. Presencia de apomixis en cruza de nopales mexicanos y su identificación molecular preliminar. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.25, n.3, p.247-252, 2002. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61025303>

MONDRAGÓN JACOBO, C.; CHESSA, I. Nopal (*Opuntia* spp.) genetic resources. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology**,

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

**cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world.** FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017. p.43-49. <http://www.fao.org/3/a-i7012e.pdf>

MONDRAGÓN JACOBO, C.; MÉNDEZ GALLEGOS, S. J. Nopalitos or vegetable cactus, production and utilization. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world.** FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017. p.93-104. <http://www.fao.org/3/a-i7012e.pdf>

MONDRAGON-JACOBO C. Cactus pear domestication and breeding. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant Breeding Reviews**, v.20, 2001. p.135-166. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470650189.ch5>

MORAES, A. C. A. **Valor nutritivo de diferentes variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim.** Recife, PE: UFRPE. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Recife: UFRPE, 2012, 68p. - Universidade Federal Rural de Pernambuco. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/6634>

MORAND-FEHR, P. Recent developments in goat nutrition and application: a review. **Small Ruminant Research**, v.60, p.25-43, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.004>

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, G. R. A. Consumo e desempenho de vacas Guzerá e Girolando na Caatinga do Sertão pernambucano. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.13-21, 2007. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36444/1/OPB1490.pdf>

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; SÁ, I. I. S. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o Estado de Pernambuco. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 26p. (Embrapa Semiárido. **Documentos**, 242). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/916061>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

MOURELLE, C.; EZCURRA, E. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. **Journal of Vegetation Science**, v.8, p.547-558, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2307/3237206>

NEFZAOU, A.; BEN SALEM, H. Cacti: efficient tool for rangeland rehabilitation, drought mitigation and to combat desertification. **Acta Horticulturae**, v.581, p.295-315, 2002. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.581.35>

NERD, A.; DUMOUTIER, M.; MIZRAHI, Y. Properties and postharvest behavior of the vegetable cactus *Nopalea cochenillifera*. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, n.2, p.135-143, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)01304-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)01304-X)

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Biologia reprodutiva. In: INGLESE, P.; BARBERA, G.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Eds). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.49-57.

NOBEL, P. S. Environmental biology. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: FAO, 1995. p.36-48 (FAO. Plant Production and Protection, 132).

NOBEL, P. S. **Remarkable agaves and cacti**. New York, Oxford. Oxford University press, 1994. 166p.

NOBEL, P. S.; CAVELIER, J.; ANDRADE, J. L. Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations. **Journal of Experimental Botany**, v.43, n.5, p.641-648, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/43.5.641>

NOBEL, P. S.; HARTSOCK, T. L. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation, and CO<sub>2</sub> uptake for a Crassulacean Acid Metabolism plant, *Opuntia fcus-indica*. **Plant Physiology**, v.71, p.71-75, 1983. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1065988/>

NOBEL, P. S.; PIMIENTA-BARRIOS, E.; HERNANDEZ, J. Z.; RAMIREZ-HERNANDEZ, B. Historical aspects and net CO<sub>2</sub> uptake for cultivated CAM plants in Mexico. **Annals of**

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

**Applied Biology**, v.140, p.133-142, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00165.x>

NOBEL, P. S.; ZUTTA, B. R. Temperature tolerances for stems and roots of two cultivated cacti, *Nopalea cochenillifera* and *Opuntia robusta*: acclimation, light, and drought. **Journal of Arid Environments**, v.72, n.5, p.633-642, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.08.005>

NOVOA, A.; LE ROUX, J. J.; ROBERTSON, M. P.; WILSON, J. R. U.; RICHARDSON, D. M. Introduced and invasive cactus species: a global review. **AoB Plants**, v.7, p.1-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu078>

OETTING, R. D. Biology of the cactus scale, *Diaspis echinocacti* (Bouche) (Homoptera: Diaspididae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.77, n.1, 1984, p.88-92. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/77.1.88>

OSMOND, C. B. Crassulacean acid metabolism: a curiosity in context. **Annual Review of Plant Physiology**, v.29, p.379-414, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.29.060178.002115>

OSMOND, C. B.; AUSTIN, M. P.; BERRY, J. A.; BILLINGS, W. D.; BOYER, J. S.; DACEY, J. W. H.; NOBEL, P. S.; SMITH, S. D.; WINNER, W. E. Stress physiology and the distribution of plants. **BioScience**, v.37, p.38-46, 1987. DOI: <https://doi.org/10.2307/1310176>

PAIXÃO, S. L.; LIRA, M. A.; MELO, A. C. L.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, I.; CAVALCANTE, M. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira no município de São Bento do Una. **Revista Científica de Produção Animal**, v.13, n.1, p.28-32, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v13n1p28-32>

PIMIENTA-BARRIOS, E. An overview of genetic resources for *Opuntia* production in Mexico. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Proceedings, p.13-22, 1995. <http://jpacd.org/?modulo=JS&ID=1>.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

PIMIENTA-BARRIOS, E.; MUÑOZ-URÍAS, A. Domesticação das *Opuntias* e variedades cultivadas. In: INGLESE, P.; BARBERA, G.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Eds). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.58-64.

PIMIENTA-BARRIOS, E; DEL CASTILLO, R. F. Reproductive biology. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2002. p.75-90.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.12, p.939-947, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200004>

PINKAVA, D. J.; MCLEOD, M. G. Chromosome numbers in some cacti of western North America. **Brittonia**, v.23, n.2, p.171-176, 1971. DOI: <https://doi.org/10.2307/2805433>

PUENTE, R. Hummingbirds and prickly-pears: flower adaptations in the genus *Nopalea*. **Sonoran Quarterly**, v.60, n.2, p.4-6, 2006. Disponível em: <<https://ia600808.us.archive.org/22/items/sonoranquarterly6014unse/sonoranquarterly6014unse.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 565p.

RAMOS, J. P. F.; BRITO, E. A.; SOUSA, W. H.; LEITE, M. L. M. V. Desempenho e estimativa do custo da produção de caprinos e ovinos terminados em confinamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v.31, n.2, p.102-108, 2010. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v31i2.4382>

REBMAN, J. P.; PINKAVA, D. J. *Opuntia* cacti of North America - an overview. **Florida Entomologist**, v.84, n.4, p.474-483, 2001. <http://www.jstor.org/stable/3496374>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

REID, R. S.; FERNÁNDEZ-GIMÉNEZ, M. E.; GALVIN, K. A. Dynamics and resilience of rangelands and pastoral peoples around the globe. **Annual Review of Environment and Resources**, v.39, p.217-242, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020713-163329>

REYES-AGÜERO, J. A.; AGUIRRE, R. J. R.; VALIENTE-BANUET, A. Reproductive biology of *Opuntia*: a review. **Journal of Arid Environments**, v.64, n.4, p.549-585, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.018>

REYES-AGÜERO, J. A.; AGUIRRE-RIVERA, J. R. Description of the fruit of *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-dyck sold in the traditional market of Rioverde, San Luis Potosí, Mexico. **Haseltonia**, n.22, p.43-45. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2985/026.022.0108>

RODRÍGUEZ, L. C.; NIEMEYER, H. M. Evidencias indirectas sobre el origen de la cochinilla, *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). **Revista Chilena de Entomología**, v.27, p.85-89, 2000. [http://www.insectachile.cl/rchen/pdfs/2000v27/Rodriguez\\_Niemeyer\\_2000.pdf](http://www.insectachile.cl/rchen/pdfs/2000v27/Rodriguez_Niemeyer_2000.pdf)

ROSEGRANT, M. W.; RINGLER, C.; ZHU, T. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. **Annual Review of Environment and Resources**, v.34, p.205-222, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.030308.090351>

ROTENBERG, E.; YAKIR, D. Contribution of Semi-Arid forests to the climate system. **Science**, v.327, p.451-454, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1179998>

RUSSELL, C. E.; FELKER, P. The prickly pear (*Opuntia* spp., Cactaceae): a source of human and animal food in semi-arid regions. **Economic Botany**, v.41, n.3, p.433-445, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02859062>

SÁENZ, C. Cladodes: a source of dietary fiber. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.2, p.117-123, 1997. [http://www.jpacd.org/downloads/Vol2/1\\_CPUNFAO.pdf](http://www.jpacd.org/downloads/Vol2/1_CPUNFAO.pdf)

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional componente with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v.57, n.3, p.275-290, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00106-X](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00106-X)

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; PAK, N.; LECAROS, M. Chemical and physical characterization of cactus cladode (*opuntia ficus-indica*) powder. **Italian Journal of Food Science**, v.22, n.4, p.416-422, 2010.

SAGE, R. F.; MCKOWN, A. D. Is C<sub>4</sub> photosynthesis less phenotypically plastic than C<sub>3</sub> photosynthesis? **Journal of Experimental Botany**, v.57, n.2, p. 303-317, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erj040>

SANTOS, D. C.; ALBUQUERQUE, S. G. *Opuntia* as fodder in the semi-arid northeast of Brazil. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. (Eds.). **Cactus (*Opuntia* spp.) as forage**. FAO, Plant production and protection paper 169, Rome, Italy, 2001. p.37-56.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA, **Documentos**, 30).

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dick. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1947-1957, 1994. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4253/1544>

SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; DIAS, F. M. Melhoramento genético da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005b. p.27-42.

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; BUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15528/2166>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.33-39, 1998.

SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005a. p.143-162.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR; FERREIRA, M. A.; CUNHA, M. V. Palma forrageira. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Eds.). **Plantas forrageiras**. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p.459-493.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. 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.

SCHNELL, F. W. A synoptic study of the methods and categories of plant breeding. **Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung** (Journal of Plant Breeding), v.89, p.1-18, 1982.

SERPA, E. Ceará produz e vende 2 milhões de mudas de palma para o Nordeste. Diário do Nordeste, 2017. Disponível em: <<http://blogs.diariodonordeste.com.br/egidio/agronegocio/ceara-produz-e-vende-palma-forrageira-para-o-nordeste/>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P. A Caatinga como suporte forrageiro. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Rds.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. – UNESP, Jaboticabal, SP, Maria de Lourdes Brandel – ME, 2013. p.187-199.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SILVA, E. T. S.; MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. C. V.; SANTOS, D. C.; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.761-767, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900008>

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.2, p.342-350, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a2431>

SILVA, M. G. S.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ASSIS, L. C. S. L. C.; MOTA, D. L.; SILVA, L. L. S.; SANTOS, M. V. F.; SANTOS, D. C. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.718-722, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.11.003>

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO, G. G. L.; MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B. Agrometeorological research on forage cactus and its advances in Brazil. **Amazonian Journal of Plant Research**, v.1, n.2, p.45-68, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.26545/b00006x>

SIROHI, S. K.; KARIM, S. A.; MISRA, A. K. Nutrient intake and utilisation in sheep fed with prickly pear cactus. **Journal of Arid Environments**, v.36, p.161-166, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0184>

SNYMAN, H. A. A greenhouse study on root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *O. robusta*. **Journal of Arid Environments**, v.65, p.529-542, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.10.004>

SNYMAN, H. A. Growth rate and water-use efficiency of cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Arid Land Research and Management**, v.27, p.337-348, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/15324982.2013.771232>

SOUZA, C. M. S.; MEDEIROS, A. N.; FURTADO, D. A.; BATISTA, A. M. V.; PIMENTA FILHO, E. C.; SILVA, D. S. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

palma-forrageira na dieta na região do semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.1146-1153, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000500028>

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A.; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. p. 23-28. (Embrapa Semiárido. Documentos, 210). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/156105>. Acesso em: 20 Jan. 2016.

SOUZA, R. M. S.; SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S. Balanço hídrico em área de pastagem no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.449-455, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p449-455>

SOUZA, T. C.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; CUNHA, M. V.; LIMA, L. E.; SILVA, R. R. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.4, p.555-560, 2017. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119054185025>

SPODEK, M.; BEN-DOV, Y.; PROTASOV, A.; CARVALHO, C. J.; MENDEL, Z. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from Israel. **Phytoparasitica**, v.42, p.377-379, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-013-0373-2>

STINTZING, R. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition and Food Research**, v.49, n.2, p.175-194, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400071>

TAYLOR, N. P. Cactaceae. In: OLDFIELD, S. (Comp.). **Cactus and Succulent Plants: Status survey and conservation action plan**. Cactus and Succulent Specialist Group - IUCN/SSC. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 1997. p.17-20. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1997-041.pdf>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. **Cacti of Eastern Brazil**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2004. 511p.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v.72, p.157-164, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.004>

TERBLANCHE, I. L.; MULDER, A. M.; ROSSOUW, J. W. The influence of moisture content on the dry matter intake and digestibility of spineless cactus. **Agroanimalia: Animal Sciences**, v.3, n.2, p.73-77, 1971. [http://hdl.handle.net/10520/AJA03027104\\_556](http://hdl.handle.net/10520/AJA03027104_556)

TORRES, L. C. L.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; VILELA, M. S.; GUIMARÃES, A. V.; SILVA, E. C. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001100028>

TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; DANTAS, F. R.; MENEZES, D. R.; CHAGAS, E. C. O. 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. <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/viewArticle/782>

VALDEZ, C. A. F.; OSORIO, G. A. *Opuntia*-based ruminant feeding systems in Mexico. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.2, p.3-8, 1997. [http://www.jpacd.org/downloads/Vol2/1\\_UCLF.pdf](http://www.jpacd.org/downloads/Vol2/1_UCLF.pdf)

VALIENTE-BANUET, A.; ARIZMENDI, M. C.; ROJAS-MARTINEZ, A.; DOMINGUEZ-CANSECO, L. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, n.1, p.103-119, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467400009330>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

VAN DAM, A. R.; MARTINEZ, L. P.; CHAVEZ, A. J.; MAY, B. P. Range wide phylogeography of *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.108, n.3, p.299-310, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/sav017>

VAN DAM, A. R.; MAY, B. A new species of *Dactylopius* Costa (*Dactylopius gracilipilus* sp. nov.) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from the Chihuahuan Desert, Texas, U.S.A. **Zootaxa**, v.3573, p.33-39, 2012. <http://www.mapress.com/zootaxa/2012/f/zt03573p039.pdf>

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock, 1994. 476p.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000500007>

VILELA, M. S.; FERREIRA, M. A.; AZEVEDO, M.; FARIAS, I.; TORRES, L. C. L.; GUIMARÃES, A. V. Evaluation of feeding supply and forage cactus processing for lactation cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2744-2752, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001200027>

VILLALOBOS A., V. M. Aplicação do cultivo de tecidos para a micropropagação de *opuntia* sp.. In: INGLESE, P.; BARBERA, G.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Eds). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.72-78.

WAAL; H. O.; SCHWALBACH, L. M. J.; COMBRINCK, W. J.; SHININGAVAMWE, K. L.; ELS, J. Commercialisation of sun-dried cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) cladodes in feedlot diets for Dorper Wether lambs. **Acta Horticulturae**, v.995, p.343-349, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.45>

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista**

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

**Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000100030>

WEST-EBERHARD, M. J.; SMITH, J. A. C.; WINTER, K. Photosynthesis, reorganized. **Science**, v.332, p.311, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1205336>

WINTER, K.; GARCIA, M.; HOLTUM, J. A. M. On the nature of facultative and constitutive CAM: environmental and developmental control of CAM expression during early growth of *Clusia*, *Kalanchoë*, and *Opuntia*. **Journal of Experimental Botany**, v.59, n.7, p.1829-1840, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ern080>

WINTER, K.; HOLTUM, J. A. M. Facultative crassulacean acid metabolism (CAM) plants: powerful tools for unravelling the functional elements of CAM photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.65, n.13, p.3425-3441, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru063>

WOODWARD, T. E.; TURNER, W. F.; GRIFFITHS, D. Prickly-pears as a feed for dairy cows. **Journal of Agricultural Research**, v.4, n.5, p.405-450, 1915. <https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43965482/PDF>

ZAPPI, D.; AONA, L. Y. S.; TAYLOR, N. Cactaceae. In: MELHEM, T. S.; WANDERLEY, M. G. L.; MARTINS, S. E.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; SHEPHERD, G. J.; KIRIZAWA, M. (eds.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Instituto de Botânica, São Paulo, v.5, 2007. p.163-194.

**CAPÍTULO 2:**  
**AVALIAÇÃO DA MORFOLOGIA, PRODUÇÃO, VALOR NUTRITIVO E**  
**ATAQUES DAS COCHONILHAS DO CARMIM E DE ESCAMA EM CLONES DE**  
**PALMA FORRAGEIRA NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar características morfológicas, produtivas e qualitativas de clones de palma forrageira em São Bento do Una (Agreste) e Sertânia (Sertão), no estado de Pernambuco, além da incidência das cochonilhas do carmim e de escama nas plantas. Foram avaliados 10 clones: IPA-20, F8, F21, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana, 6, 7, 13 e 21. Os genótipos de palma foram casualizados em blocos, com três repetições, em cada local. Foram realizadas duas colheitas bienais, preservando-se os cladódios primários. Os genótipos de palma foram avaliados quanto a altura e largura de plantas, número de cladódios, comprimento, largura e espessura dos cladódios, índice de área de cladódio e interceptação luminosa, produção de forragem, eficiência no uso da água, estande final de plantas, e bromatologia. Foi avaliada ainda a infestação das plantas pelas cochonilhas do carmim e de escama. Foi realizada análise de variância conjunta e os dados referentes aos clones de palma foram comparados pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). A infestação pelas cochonilhas foi analisada por estatística descritiva. Os clones 6, 7, 13 e 21 apresentaram, de modo geral, menores cladódios, porém uma quantidade maior deles por planta. A produção de forragem diminuiu em ambos os locais de cultivo, da primeira para a segunda colheita (de 2015 para 2017) ( $p < 0,05$ ), sendo que em São Bento do Una foram obtidas as maiores produções de forragem, de 28 e 14 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>, na primeira e segunda colheita, respectivamente. Os genótipos 6, 13 e 21 apresentaram maior eficiência no uso da água ( $p < 0,05$ ), em média  $26,08 \pm 17,34$  kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. Em termos do estande de plantas, não houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre Sertânia e São Bento do Una na primeira colheita. No entanto, o estande diminuiu nos dois anos seguintes, na segunda colheita, e Sertânia apresentou o menor número de plantas (66% do estande inicial). O clone Orelha de elefante mexicana mostrou-se susceptível à cochonilha de escama nos dois ambientes. Em Sertânia, os clones mais atacados pela cochonilha do carmim foram o clone IPA 20 ( $5,00 \pm 0,00$ ), F8 ( $3,00 \pm 0,58$ ), F21 ( $1,67 \pm 0,67$ ) e clone 7 ( $0,33 \pm 0,33$ ) (Figura 6A) e em São Bento do Una os três primeiros. Conclui-se que os genótipos 6, 7, 13, 21 e o clone Orelha de elefante mexicana apresentaram maior potencial para produção de forragem no Agreste e Sertão do estado de Pernambuco.

Palavras-chave: cactaceae, *Opuntia*, produção de forragem, semiárido, valor nutritivo.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the morphological, productive and qualitative characteristics of forage cactus clones in São Bento do Una (Agreste) and Sertânia (Sertão), in the Pernambuco state, as well as the incidence of carmine cochineal and scale insects in plants. A total of 10 clones were evaluated: IPA-20, F8, F21, Miuda, IPA Sertânia, Orelha de elefante Mexicana, 6, 7, 13 and 21. Forage cactus genotypes were randomized in blocks with three replicates in each local. Two biennial harvests were made, preserving the primary cladodes. Forage cactus genotypes were evaluated for plant height and width, number of cladodes, length, width and thickness of cladodes, cladode area index and light interception, forage production, water use efficiency, final plant stand, and bromatology. A joint variance analysis was performed and the data for the forage cactus genotypes were compared by the Scott-Knott test ( $P \leq 0.05$ ). Infestation by cochineal insects was analyzed by descriptive statistics. Clones 6, 7, 13 and 21 presented, in general, smaller cladodes, but a greater amount of them per plant. The dry matter production decreased in both cultivation sites, from the first to the second harvest (2015 to 2017 year) ( $p < 0.05$ ), and in São Bento do Una were obtained the highest yields, of 28 and 14 t DM ha<sup>-1</sup> 2 years<sup>-1</sup>, in the first and second harvest, respectively. The genotypes 6, 13 and 21 presented greater water use efficiency ( $p < 0.05$ ), on average  $26.08 \pm 17.34$  kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. In terms of the plant stand, there was no difference ( $p < 0.05$ ) between Sertânia and São Bento do Una in the first harvest. However, the stand decreased in the next two years, in the second harvest, and Sertânia presented the lowest number of plants (66% of the initial stand). Orelha de elefante mexicana clone was susceptible to scale insect in both environments. In Sertania, the clones most attacked by carmine cochineal were clone IPA 20 ( $5.00 \pm 0.00$ ), F8 ( $3.00 \pm 0.58$ ), F21 ( $1.67 \pm 0.67$ ) and clone 7 ( $0.33 \pm 0.33$ ) and in São Bento do Una the first three. It was concluded that genotypes 6, 7, 13, 21 and the Orelha de elefante mexicana clone had the highest potential for forage production in the Agreste and Sertão of Pernambuco state.

Keywords: cactaceae, *Opuntia*, forage production, semiarid, nutritive value.

## INTRODUÇÃO

A palma é um importante recurso forrageiro para regiões semiáridas. Nessas regiões é comum a ocorrência de déficit hídrico no solo, além da irregularidade na distribuição das chuvas. Assim, o metabolismo ácido das crassuláceas (metabolismo CAM), comum nas cactáceas, representa uma importante vantagem no uso da água para essas plantas.

No Nordeste do Brasil, os cultivares de palma forrageira pertencem principalmente às espécies *Opuntia ficus-indica* (L) Miller e *Nopalea cochenillifera* (L) Salm-Dyck. A área cultivada tem aumentado ao longo do tempo, tornando o Brasil o país com a maior área do mundo cultivada com palma forrageira para fins de alimentação animal (~600.000 ha) (Dubeux Júnior et al., 2013). Por ser uma planta suculenta, a palma é capaz de armazenar grandes quantidades de água em seus tecidos. Tipicamente, as cactáceas apresentam conteúdo hídrico de 90 a 95% e baixa razão entre área superficial e volume dos cladódios. Isso propicia volume máximo para armazenamento de água e área superficial mínima para perda de água por transpiração (Griffiths & Males, 2017).

Devido às mudanças climáticas, os recursos hídricos se tornarão ainda mais escassos, e eventos de seca poderão se tornar ainda mais frequentes em regiões semiáridas (Nobel, 2010; Uga et al., 2015). Isso pode impactar diretamente a produção de forragem e torná-la cada vez mais crítica nessas regiões. Demandam-se, portanto, pesquisas voltadas à utilização de materiais mais produtivos nessas condições ambientais.

A influência do ambiente de cultivo na produção de forragem pode ser verificada em trabalhos como o de Menezes et al. (2005), os quais reportaram dados da produção de palma cultivada em 11 municípios de Pernambuco e Paraíba e observaram variação de 1,8 a 15,2 t MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Santos et al. (2013) apresentaram dados de produção de vários genótipos de palma, alguns já cultivados, e verificaram que a Orelha de elefante mexicana (15,09 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), IPA Sertânia (12,06 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), Miúda (18,40 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), F8 (17,18 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), F21 (18,71 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), F24 (20,79 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>) e a variedade gigante (16,24 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>) foram os mais produtivos. Além disso, o teor de matéria seca esteve em torno de 10% para estes clones.

As características morfológicas, como altura e largura da planta; número de cladódios e índice de área de cladódio também estão relacionadas com o potencial produtivo da palma forrageira e são importantes para a compreensão da resposta da planta quando submetida a diferentes condições ambientais. Dessa forma, Pinheiro et al., 2014) constataram que a variabilidade do rendimento da cultura foi mais influenciada pelo número total de cladódios,

independentemente do clone (IPA Sertânia ou Orelha de elefante mexicana), enquanto que Dubeux Júnior et al. (2006) observaram variação do rendimento do clone IPA 20 de acordo com o índice de área do cladódio. Já Souza et al. (2017) verificaram que o aumento da densidade de plantio da palma Miúda incrementou o rendimento da cultura, porém esta resposta esteve associada ao ambiente de cultivo.

Em adição, problemas fitossanitários pelo ataque de pragas têm causado grandes perdas na cultura da palma. A ocorrência das cochonilhas do carmim (*Dactylopiu opuntiae* Cockerell; Hemíptera, Dactylopiidae) e de escama (*Diaspis echinocacti* Bouché; Hemíptera, Diaspididae) está entre os fatores que mais limitam a produção da palma forrageira em diversos lugares do Nordeste brasileiro. Os insetos se alimentam da seiva da planta, podendo causar clorose nos cladódios, enfraquecimento da planta e ocasionar queda prematura de cladódios. Em níveis elevados de infestação, as plantas atacadas podem morrer.

O uso de variedades resistentes aos insetos deve ser priorizado, pelo fato de não representar custos adicionais ao produtor (Santos et al., 2010) e/ou possibilidade de danos ambientais e à saúde do aplicador pelo uso de pesticidas. Fontes de resistência à cochonilha do carmim já foram encontradas (Santos et al., 2008; Vasconcelos et al., 2009; Santos et al., 2013). No entanto, é preciso aumentar, não somente a disponibilidade, mas também a variabilidade de materiais, tendo em vista que a resistência à insetos praga pode ser superada com o tempo (Gallo et al., 2002). Em adição, são escassas pesquisas avaliando os níveis de infestação por cochonilha de escama em clones de palma forrageira.

Pelo exposto, objetivou-se avaliar clones de palma forrageira para caracteres morfológicos, a produção e valor nutritivo da forragem, além da incidência das cochonilhas do carmim e de escama e a influência de variáveis climáticas na ocorrência dos insetos, no Sertão e Agreste do estado de Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Localização, características dos ambientes de cultivo e estabelecimento dos experimentos

Dois experimentos de quatro anos de duração (de julho de 2013 a junho de 2017) foram conduzidos em dois locais no estado de Pernambuco, Sertânia e São Bento do Una, ambos nas estações experimentais do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) (Tabela 1). Em São Bento do Una, o solo foi classificado como Neossolo regolítico e em Sertânia, Neossolo litólico (EMBRAPA, 2013).

No momento da implantação dos experimentos (julho de 2013), foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade para análises químicas. Foram realizadas duas colheitas bienais. A cada colheita foram coletadas amostras de solo para monitoramento das características químicas do solo (Tabela 2).

**Tabela 1.** Localização das áreas experimentais e características gerais locais

Características/locais	Sertânia	São Bento do Una
Localização geográfica dos experimentos	8°3'50,31"S 37°13'25,33"O	8°32'15,4"S 36°27'29,3"O
Mesorregião em Pernambuco	Sertão	Agreste
Clima (Köppen)	Semiárido BSh	Semiárido BSh
Altitude (m)	558	614
Temperatura média do ar (°C)	27,3	26,2
Chuva anual (mm)	593,37 <sup>†</sup>	643,91 <sup>‡</sup>
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,52	1,54
Classe textural do solo	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Areia (%)	76,00	70,50
Silte (%)	15,00	19,00
Argila (%)	9,00	10,50

Dados históricos de <sup>†</sup>1912 a 2017 e <sup>‡</sup>1920 a 2017 (APAC, 2017).

**Tabela 2.** Características químicas\* do solo na implantação dos experimentos (ano de 2013) e em cada colheita realizada

Locais	pH	P	K	Al	Ca	Mg
	-	mg dm <sup>-3</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	-----
2013						
Sertânia	6,40	28	0,31	0,00	7,90	0,90
São Bento do Una	6,00	40	0,45	0,00	6,40	1,55
2015						
Sertânia	7,10	16,00	0,17	0,00	9,90	1,50
São Bento do Una	5,70	74,00	0,19	0,05	6,25	0,90
2017						
Sertânia	6,40	34,00	0,20	0,00	8,00	1,40
São Bento do Una	5,50	31,00	0,16	0,15	3,40	2,00

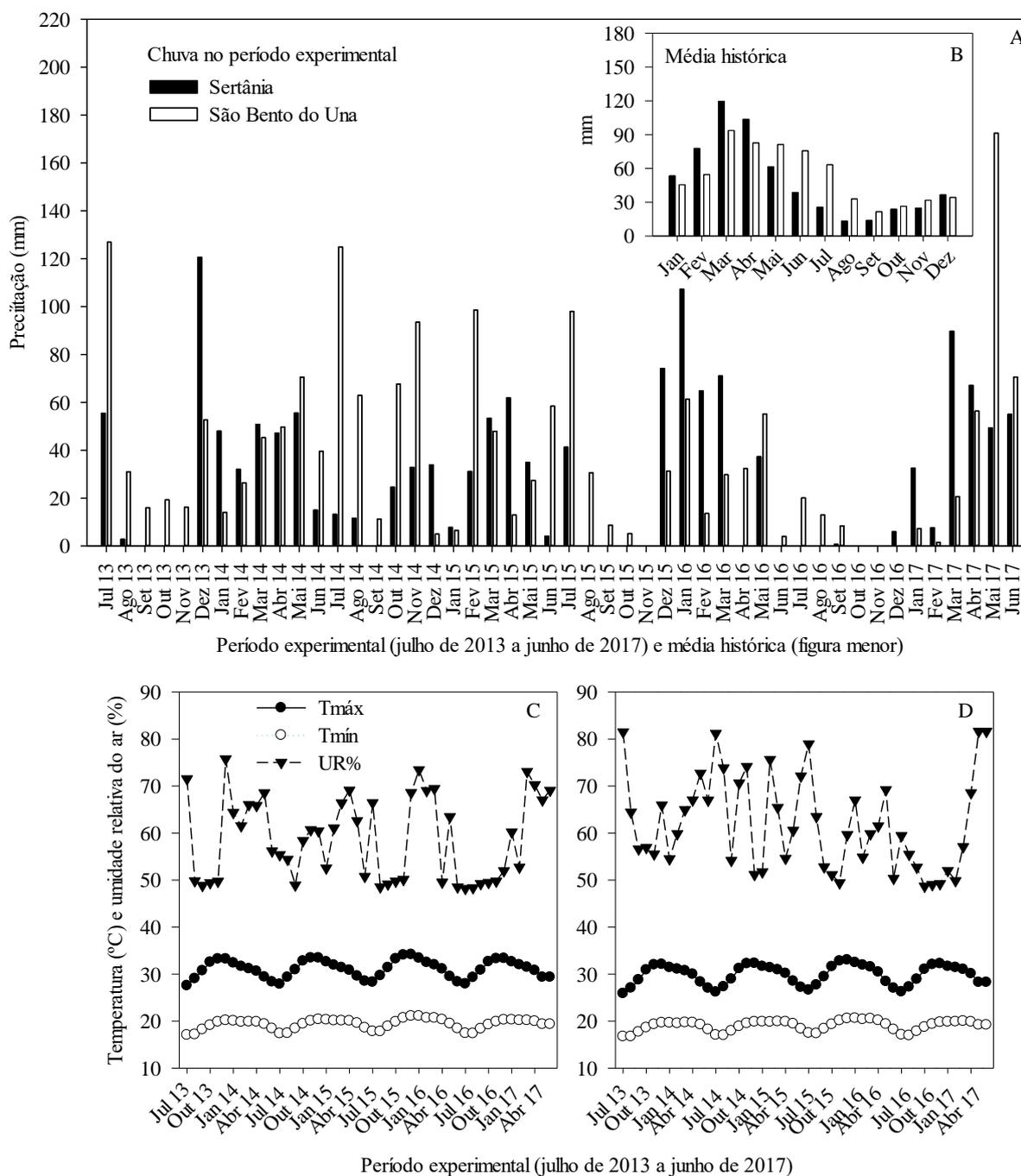
\*P extraído com Mehlich-1; pH em água (1:2,5); Mg estimado quando Ca+Mg > 10,00 e Ca > 9,95. Cada valor corresponde ao resultado de uma subamostra resultante da mistura de nove amostras (três amostras por bloco).

Sertânia e São Bento do Una não dispõem de estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia, como em outros municípios, o que dificultou a obtenção de dados climáticos além da precipitação pluviométrica, a qual é monitorada pelo IPA. No entanto, há métodos, citados a seguir, que permitiram a estimativa de outras variáveis meteorológicas.

A precipitação pluviométrica (Figura 1A e 1B) foi obtida através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), e foram estimadas as temperaturas do ar máxima e mínima (Cavalcanti et al., 2006) e a umidade relativa do ar (Silva et al., 2007) (Figura 1C e 1D). Em seguida, foram estimadas a evapotranspiração real (ETR), conforme Rolim et al. (1998) (Figura 2A) e a evapotranspiração da cultura (ETC) foi obtida utilizando-se o coeficiente da cultura (Kc) obtido por Silva et al. (2017) (Figura 2B).

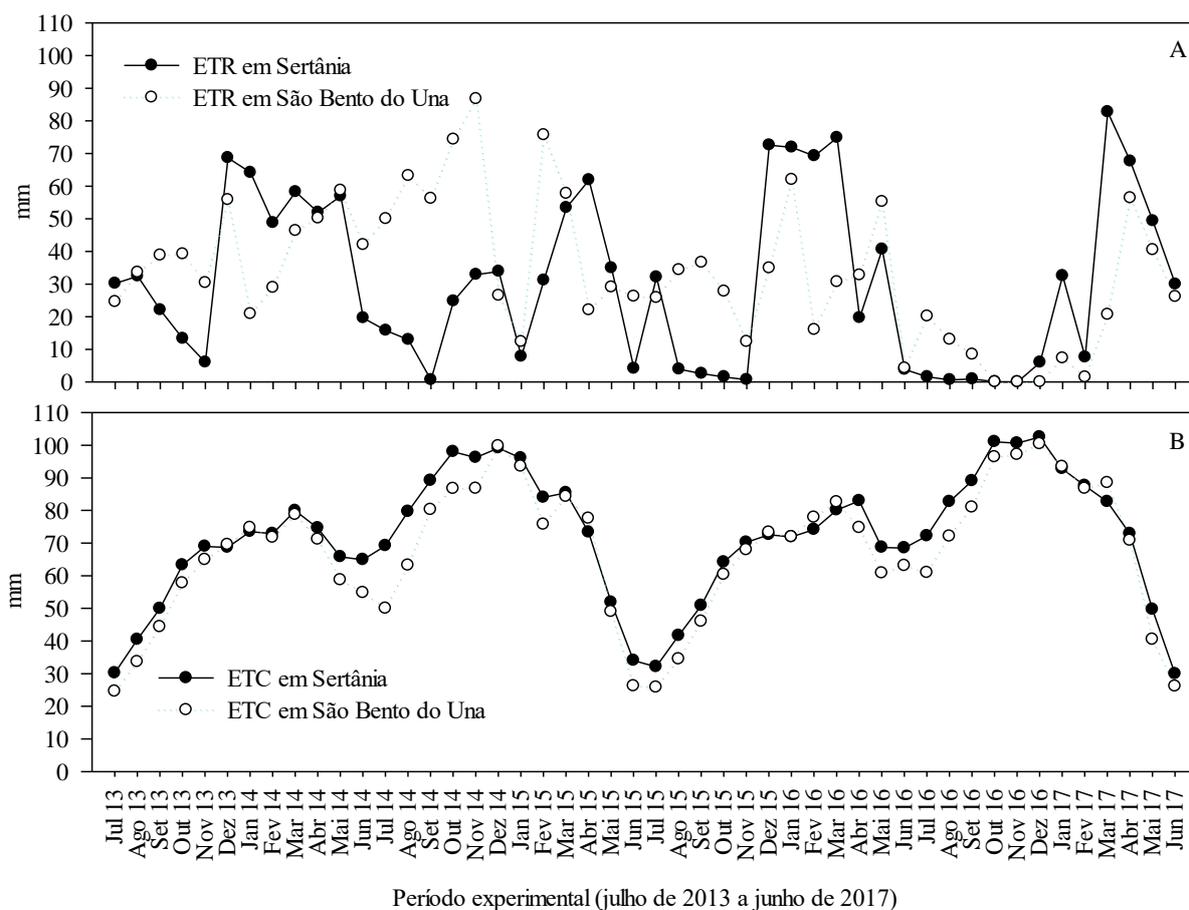
A ETR é a perda de água de uma cultura para a atmosfera em condições de reais de umidade do solo e condições atmosféricas. Trata-se de um bom indicativo da variação temporal do armazenamento da água no solo e das condições de déficit ou excesso hídrico (Carlesso et al., 2007), de modo que ela é máxima quando a umidade do solo está próxima à capacidade de

campo e nula quando a umidade se encontra no ponto de murcha permanente (Dourado-Neto et al., 1999).



**Figura 1.** Precipitação mensal (A) e média histórica (B) nos dois locais, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar para Sertânia (C) e São Bento do Una (D). Média histórica da chuva: Sertânia (1912-2017) e São Bento do Una (1920-2017).

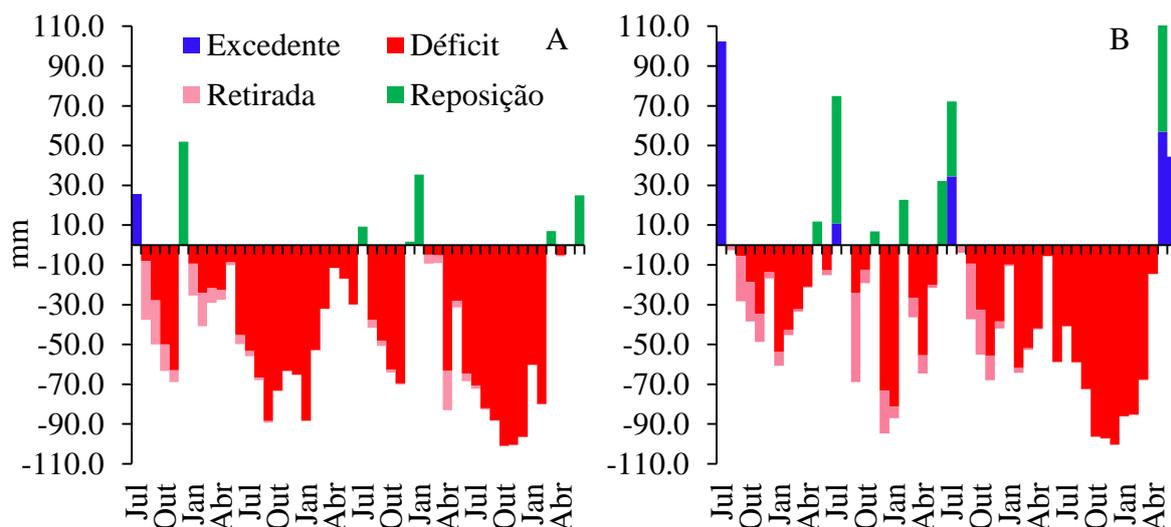
Fonte das informações de chuva: APAC (2017).



**Figura 2.** Evapotranspiração real (A) e da cultura (B) em Sertânia São Bento do Una no período experimental (julho de 2013 a junho de 2017).

Após as estimativas das variáveis meteorológicas mencionadas, foi utilizada a planilha elaborada por Rolim et al. (1998) para realização do balanço hídrico sequencial para os locais de cultivo (Figura 3).

Em relação aos componentes do balanço hídrico, há *déficit* quando a ETR é menor que a ETC. O *excesso* corresponde à drenagem, ou seja, após um evento de chuva, o solo é reabastecido e há perda por drenagem da quantidade de água que estiver além da capacidade de armazenamento de água pelo solo. A *retirada* reflete a água que é extraída do solo quando não chove, isto é, o uso da água que já se encontra no solo, enquanto que a *reposição* ocorre quando a precipitação atende à demanda hídrica atmosférica (Figura 3).



**Figura 3.** Componentes do balanço hídrico sequencial para Sertânia (A) e São Bento do Una (B) ao longo do período experimental.

Foram utilizados 10 clones de palma forrageira, pertencentes aos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, os quais foram previamente multiplicados na estação experimental do IPA de Arcoverde – PE. Os clones foram provenientes do Programa de Melhoramento de palma forrageira do IPA/UFRPE, sendo que alguns já são cultivados na região e outros foram oriundos de pré-seleção realizada pelo IPA (Tabela 3).

**Tabela 3.** Clones de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE

Clone	Nome científico*	Origem/ Procedência
Orelha de elefante mexicana (OEM)	<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	IPA/UFRPE
Clone IPA-20 (C20)	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	IPA/UFRPE
F8	<i>Opuntia atropes</i> Rose	IPA
F21	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
Miúda (MD)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA/UFRPE
IPA – Sertânia (IS)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA
IPA-100421 "Sel. 21-6" (clone 6)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
IPA-100418 "Sel. 21-7" (clone 7)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
IPA-100419 "Sel. 21-13" (clone 13)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
IPA-100420 "Sel. 21-21" (clone 21)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA

\*Adaptado de Santos et al. (2013).

Os clones 6, 7, 13 e 21 foram obtidos de uma pré-seleção realizada pelo IPA-Arcoverde em 2010. Entre os tratamentos utilizados na época, em torno de 600 materiais genéticos, a maioria foi obtida via cultura de tecido do clone F-21. Com o tempo, foram observadas diferenças morfológicas entre os clones, apesar de terem se originado do mesmo clone (F21). Houve então uma pré-seleção de 21 clones, obtidos via cultura de tecido do F-21, com base em produtividade e aspecto fitossanitário (menor incidência de pragas e doenças) e foi realizado um ensaio preliminar enumerando esses clones de 1 a 21, daí a origem dos números. No ensaio também foi incluído o clone F-21 para comparação.

No banco de germoplasma do IPA, esses clones receberam a identificação de IPA-100421 "Sel. 21-6", IPA-100418 "Sel. 21-7", IPA-100419 "Sel. 21-13" e IPA-100420 "Sel. 21-21" (Tabela 3). Por isso, ainda não há informações a respeito do comportamento desses clones, tanto em sucessivas colheitas quanto seu desempenho em diferentes ambientes de cultivo.

O estabelecimento dos clones foi realizado com o plantio de um cladódio por cova, na posição vertical. O espaçamento entre filas foi de 1,5 m e 0,4 m entre plantas (16.667 plantas ha<sup>-1</sup>). A parcela total foi composta por 10 plantas e foram avaliadas as oito plantas centrais. Foi utilizada apenas bordadura externa, circundando a competição dos clones de palma (Figura 4).



**Figura 4.** Croqui da competição dos clones de palma forrageira, em Sertânia e São Bento do Una - PE. A área destacada corresponde à parcela útil de cada tratamento.

A bordadura foi constituída por plantas do Clone IPA 20, por este ser susceptível à cochonilha do carmim e de escama. Esse procedimento foi adotado visando facilitar a atração dos insetos, tendo em vista que não houve infestação artificial das plantas.

## 2. Delineamento experimental e manejo

Os clones de palma forrageira foram casualizados em blocos, com três repetições, em ambos os locais (Sertânia e São Bento do Una). Em Sertânia, o plantio foi realizado dia 25 de julho de 2013, a primeira colheita em 23 de maio de 2015 e a segunda em 05 de junho de 2017. Em São Bento do Una, o plantio foi realizado dia 22 de julho de 2013, a primeira colheita em 30 de março de 2015 e a segunda colheita no dia 28 de maio de 2017. As colheitas foram realizadas preservando-se os cladódios primários das plantas.

Os experimentos foram realizados de modo a serem pouco intensivos, com emprego mínimo de tecnologia, aproximando-se, assim, da realidade de diversas propriedades rurais onde se observa o cultivo da palma forrageira (Lima, 2013). Desse modo, em cada local, o solo foi preparado através de uma gradagem simples e foi realizada uma adubação, em março de 2014, com esterco bovino, na proporção de 20 t de matéria orgânica/ha. Os experimentos foram avaliados por quatro anos e quando necessário foram feitas capinas mecânicas para eliminação de plantas invasoras e não houve irrigação.

## 3. Avaliações experimentais

### 3.1 Morfologia das plantas

Foram avaliadas características morfológicas em duas plantas da parcela útil. Foram escolhidas plantas representativas da condição geral da parcela útil e contabilizado o número de cladódios, total e por ordem, em cada planta. Com fita métrica, foi mensurada a largura e o comprimento de todos os cladódios presentes nas duas plantas, enquanto as espessuras foram obtidas com paquímetro digital, aproximadamente no comprimento médio de cada cladódio.

Mediu-se a altura das plantas, da superfície do solo ao cladódio mais alto, e a largura das plantas, considerando a maior distância entre uma extremidade e outra de cada planta. Foram estimados também o índice de área de cladódio (IAC) e a interceptação luminosa (IL) com o uso do Ceptômetro AccuPAR LP-80 (METER Group, Inc. USA). As leituras foram realizadas nas extremidades da parcela útil. A haste do equipamento foi posicionada a partir da

primeira planta da parcela útil, paralela à linha de plantio. Os dados de IAC foram multiplicados por dois, tendo em vista que essa variável corresponde à área total de ambos os lados de todos os cladódios por unidade de área do solo (Nobel & Bobich, 2002).

### 3.2 Infestação pelas cochonilhas do carmim e de escama

A incidência das cochonilhas nos clones de palma forrageira foi avaliada entre junho de 2014 e junho de 2017. As avaliações foram realizadas através de escala de notas, com adaptação a partir de Silva (1991) e também adaptada e utilizada em outros trabalhos (Vasconcelos et al., 2009; Borges et al., 2013). As notas variaram de 0 a 5 e foram atribuídas visualmente ao aspecto geral das plantas. A nota zero (0) representou ausência dos insetos nas plantas; 1, infestação inicial, com poucas colônias de insetos nas plantas; 2, infestação de aproximadamente 25%; 3, de 26 a 50%; 4, de 51 a 75%; e 5, infestação generalizada da planta, acima de 76%, com presença dos insetos em todos os cladódios. A infestação pelas cochonilhas também foi observada ao longo do tempo experimental.

### 3.3 Produção de forragem, estande de plantas e eficiência no uso da água

Para o cálculo da produção de forragem (produção de massa seca: PMS) foram colhidas todas as plantas da parcela útil. A produtividade dos clones de palma foi expressa em toneladas de massa seca por hectare por dois anos ( $t MS ha^{-1} 2 anos^{-1}$ ). Foi contabilizado o número de plantas colhidas, que refletiu o estande plantas no momento da colheita, descrito em porcentagem de plantas vivas em relação ao estande no momento da implantação do experimento.

A eficiência no uso da água (EUA) foi estimada com base na evapotranspiração real (Silva et al., 2014a). Assim, a produção de forragem foi dividida pela soma da ETR do tempo de crescimento da cultura, e a EUA expressa em  $kg de MS ha^{-1} mm^{-1}$ .

### 3.4 Valor nutritivo da forragem

Foi selecionada uma ramificação de cada uma das duas plantas da parcela útil que contivesse todas as ordens dos cladódios. As amostras frescas foram pesadas, pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C e processadas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm. A relação massa pré-seca/massa fresca da amostra resultou no teor de massa seca.

As amostras moídas foram utilizadas nas análises de: matéria seca (MS), a partir da secagem definitiva da amostra, a 105°C por 24 horas; matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO), sequenciais à análise de matéria seca, em que as amostras foram incineradas em mufla a 600°C por seis horas (ANKOM TECHNOLOGY, 2018a); fibra em detergente neutro (FDN) (ANKOM TECHNOLOGY, 2018b) e fibra em detergente ácido (FDA) (ANKOM TECHNOLOGY, 2018c) com o analisador de fibras ANKOM A200, de acordo com o método de Van Soest et al. (1991); e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), conforme Moore & Mott (1974).

#### 4. Métodos estatísticos

Para cada local de cultivo foram realizadas análises univariadas de variância para todas as variáveis resposta através do PROC anova do SAS (SAS Institute, 2013). Em seguida, foi realizada análise conjunta para as variáveis que apresentaram homogeneidade das variâncias entre os locais de cultivo.

O número de cladódios de quarta, quinta e sexta ordem não apresentou variâncias homogêneas, de acordo com Pimentel-Gomes & Garcia (2002), que, para isso, consideram que a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual seja menor que sete. Portanto, essas variáveis foram analisadas separadamente, para cada local de cultivo. Quando encontradas diferenças significativas entre os genótipos de palma, foi utilizado o teste de Scott-Knott para agrupamento das médias com o programa GENES (Cruz, 2013). Para o ambiente de São Bento do Una, os dados do número de cladódios de quarta, quinta e sexta ordem não atenderam à premissa de normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov) e foram transformados pela  $\sqrt{X}$ .

Os dados da infestação pelas cochonilhas foram analisados por meio de estatística descritiva, com a média das notas seguida do erro padrão (média  $\pm$  erro padrão). Para verificar possível influência de variáveis climáticas na incidência das cochonilhas, os dados foram submetidos análise de correlação por postos de Spearman ( $r-S$ ). Todos os resultados foram considerados significativos quando  $P \leq 0,05$ .

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 1. Características morfológicas das plantas

Houve efeito do local de cultivo, ano de colheita e clones de palma forrageira nas características morfológicas das plantas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância conjunta para as variáveis morfológicas altura de planta (AP; cm), largura de planta (LP; cm), comprimento (CC; cm), largura (LC; cm) e espessura (EC; mm) dos cladódios, índice de área de cladódio (IAC), interceptação luminosa (IL; %), número total de cladódios (NCt) e número de cladódios de primeira (NC1), segunda (NC2), terceira (NC3), quarta (NC4), quinta (NC5) e sexta ordem (NC6)

Fonte de variação	GL	Valor de F					
		AP	LP	NCt	CC	LC	EC
Blocos (locais)	4						
Locais (L)	1	42,99**	18,39**	46,39**	2,77ns	0,64ns	2,07ns
Colheitas (C)	1	11,97**	29,45**	16,98**	2,77ns	3,17ns	120,41**
Genótipos (G)	9	8,91**	2,46*	18,29**	14,18**	33,49**	1,83ns
L x C	1	13,11**	3,16ns	0,60ns	14,12**	0,03ns	29,96**
L x G	9	1,93ns	2,87**	7,05**	5,12**	2,46*	1,94ns
C x G	9	4,06**	1,09ns	6,00**	7,49**	4,13**	2,35*
L x C x G	9	2,87**	1,69ns	3,15**	3,02**	1,43ns	0,92ns
CV (%)		13,87	23,08	30,23	13,22	17,74	25,57
		NC1	NC2	NC3	IAC	IL	
Locais (L)	1	0,67ns	1,62ns	55,80**	62,86**	87,22**	
Colheitas (C)	1	11,77**	1,62ns	16,29**	7,61**	5,04*	
Genótipos (G)	9	2,75**	4,29**	20,41**	4,93**	6,51**	
L x C	1	15,32**	15,17**	0,52ns	34,22**	7,58**	
L x G	9	4,82**	6,94**	4,11**	1,95ns	1,67ns	
C x G	9	3,49**	1,35ns	5,86**	2,46*	2,42*	
L x C x G	9	4,03**	3,16**	4,29**	1,72ns	0,95ns	
CV (%)		31,27	36,37	35,50	40,50	28,43	

GL: graus de liberdade; ns: não significativo; significativo a \*\*1% e \*5% pelo teste F.

Com exceção da largura das plantas, largura e espessura dos cladódios, índice de área de cladódio e interceptação luminosa, houve interação entre os três fatores avaliados (Tabela 4) e, de modo geral, tanto a altura (Tabela 5) quanto a largura das plantas tenderam a diminuir com as colheitas. A largura das plantas variou ( $p \leq 0,05$ ) de  $123,94 \pm 33,40$  a  $96,74 \pm 31,32$  cm, nas colheitas de 2015 e 2017, respectivamente.

**Tabela 5.** Efeito da interação local x colheita x clones na altura de plantas de palma forrageira

Clones	Sertânia		São Bento do Una	
	2015	2017	2015	2017
Clone 6	98,67 Aa	76,05 Ba	86,00 Ab	95,67 Ab
Clone 7	101,33 Aa	93,59 Aa	116,33 Aa	96,00 Ab
Clone 13	121,58 Aa	86,07 Ba‡	113,50 Aa	119,00 Aa‡
Clone 21	112,33 Aa	81,99 Ba‡	116,00 Aa	114,33 Aa‡
F21	100,33 Aa	69,24 Bb	92,67 Ab	86,67 Ab
IPA Sertânia	71,17 Ab	78,97 Aa	82,33 Ab	86,00 Ab
Miúda	85,83 Ab	60,07 Bb‡	75,67 Bb	104,00 Aa‡
OEM	75,33 Ab	90,82 Aa	91,00 Ab	112,67 Aa
F8	69,00 Ab†	65,86 Ab‡	92,00 Ab†	90,33 Ab‡
Clone IPA 20	91,67 Aa†	32,33 Bc‡	133,33 Aa†	94,67 Bb‡

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, para cada local, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na linha indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita ( $P \leq 0,05$ ).

Por outro lado, Lima et al. (2016) não observaram diferença significativa na altura da palma cv. gigante após duas colheitas com intervalo de um ano. Os autores observaram uma altura média em torno de 113 cm. No entanto, vale destacar que os autores utilizaram irrigação de 5 L por metro linear (2,5 mm) a cada sete dias e o intervalo de corte foi menor.

Em média, o ambiente de São Bento do Una produziu plantas 16,82% mais altas que em Sertânia. Em 2017, no município de São Bento do Una, as plantas foram mais altas que em Sertânia, destacando-se os clones 13 (119 cm), 21 (114 cm), miúda (104 cm), F8 (90 cm) e clone IPA 20 (95 cm) (Tabela 5). Em Sertânia, seis dos 10 clones de palma avaliados cresceram significativamente menos na segunda colheita, em 2017. Enquanto em São Bento, apenas o clone IPA 20 mostrou redução na altura das plantas entre uma colheita e outra (Tabela 5).

Sertânia é um ambiente menos chuvoso, ao contrário de São Bento do Una, e apresenta temperaturas mais elevadas. O balanço hídrico mostrou que eventos de reposição de água no solo foram maiores e mais frequentes em São Bento do Una, e que, mesmo havendo déficit de água no solo em ambos os ambientes, o déficit foi menor em São Bento do Una ( $-33,62 \pm 31,64$  mm) que em Sertânia ( $-41,50 \pm 32,90$  mm), considerando todos o período de avaliação (julho de 2013 a junho de 2017) (Figura 3). Isso provavelmente contribuiu com os resultados observados. Em adição, a redução na altura e largura de plantas entre as sucessivas colheitas (2015 e 2017) pode ser um indicativo da perda de vigor ao longo do tempo, seja por uma característica inerente à planta ou pelo baixo nível tecnológico empregado.

Características estruturais de plantas forrageiras, como a altura e largura de plantas, são importantes, pois estão relacionadas à produção de forragem (Santos et al., 2016). As plantas do gênero *Nopalea* foram ligeiramente mais altas (93,62 cm) que aquelas do gênero *Opuntia* (86,58 cm), no entanto, a largura de plantas foi mais próxima entre os gêneros (109,75 e 111,74 cm, para *Nopalea* e *Opuntia*, respectivamente), considerando a média geral entre locais, colheitas e genótipos.

A altura dos clones 6, 7, F21, IPA Sertânia e Orelha de elefante mexicana não foi influenciada pelos locais de cultivo, nas mesmas colheitas (Tabela 5). Esse resultado pode indicar estabilidade dessa característica em diferentes ambientes, para os clones citados, importante para no melhoramento genético da cultura. Em São Bento do Una, Paixão et al. (2011) avaliaram os genótipos gigante, redonda, IPA-20, Orelha de elefante africana, Algerian, Copena F1, Chilefruit e Miúda e observaram alta herdabilidade no sentido amplo para altura ( $H^2 = 89,39$ ). Esse resultado indicou que essa variável foi pouco influenciada pelo ambiente.

Quanto à largura de plantas, esta característica pode ser utilizada na definição de práticas de manejo, como o dimensionamento do espaçamento de plantio. Espaçamentos mais amplos poderiam ser adotados para clones com maior desenvolvimento lateral, visando favorecer seu desenvolvimento e a adoção de práticas culturais (capinas, colheita, adubação), e exemplo do clone 7, em São Bento do Una, e a Orelha de elefante mexicana, em Sertânia. Por outro lado, plantios mais adensados poderiam ser adotados nas variedades com menor desenvolvimento horizontal, como a IPA Sertânia (Tabela 6).

**Tabela 6.** Largura de plantas em função da interação entre genótipos e locais de cultivo

Clones	Local	
	Sertânia	São Bento do Una
Clone 6	106,10 Aa	124,83 Aa
Clone 7	111,23 Ba	150,50 Aa
Clone 13	105,52 Ba	137,33 Aa
Clone 21	79,29 Bb	130,00 Aa
F21	108,14 Aa	101,17 Ab
IPA Sertânia	93,16 Ab	97,50 Ab
Miúda	73,00 Bb	118,67 Ab
OEM	133,78 Aa	110,83 Ab
F8	112,30 Aa	114,83 Ab
Clone IPA 20	71,50 Bb	127,17 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

O adensamento de plantas pode aumentar a produtividade de forragem, como verificado por Dubeux Júnior et al. (2006), quando utilizaram 40.000 plantas  $ha^{-1}$ , ao invés de 5.000 plantas  $ha^{-1}$ . Porém, naturalmente, há um limite. É importante observar o espaçamento de plantio, pois quando as plantas estão muito próximas pode ocorrer sombreamento mútuo dos cladódios. Com a redução da passagem da luz, a fotossíntese também é prejudicada e a produção começa a diminuir (Nobel, 1994).

Por isso, é importante adequar as práticas de manejo às características estruturais da cultura. Santos et al. (2010) recomendaram que, caso seja adotado o adensamento de plantas, que seja feito dentro da linha, deixando-se mais espaço entre as mesmas, dada a arquitetura das plantas, que pode variar, segundo os autores, conforme o cultivar, idade da planta e espaçamento de plantio.

Em Sertânia, os clones 21, IPA Sertânia, Miúda e clone IPA 20 apresentaram menor potencial de cobertura do solo, pela largura apresentada de 79, 93, 73 e 72 cm, respectivamente. Já em São Bento, o F21, IPA Sertânia, Miúda, Orelha de elefante mexicana e F8 apresentaram menor crescimento lateral e não diferiram entre si. Em adição, a largura dos clones 6, F21, IPA Sertânia, Orelha de elefante mexicana e F8 não foi influenciada pelo local de cultivo (Tabela 6). Paixão (2012) também verificou que o clone Miúda apresentou as menores altura (121,8) e

largura de plantas (150,6 cm), valores superiores aos encontrados no presente trabalho. Essas características são importante e devem ser levadas em consideração em programas de melhoramento genético. Conforme Silva et al. (2010a), quando o objetivo do melhoramento da palma forrageira for ganho de produção de massa seca, deve-se priorizar a seleção de clones com maior altura e largura de planta.

Para o número total de cladódios, houve efeito dos três fatores estudados (Tabela 7). Em ambos os locais, na primeira colheita, de modo geral, os clones 6, 7, 13 e 21 se destacaram quanto a produção total de cladódios, sendo que em Sertânia estes clones não diferiram do F21 (~63 cladódios planta<sup>-1</sup>) e do F8 (41 cladódios planta<sup>-1</sup>). Em São Bento do Una, estes materiais produziram mais cladódios que os demais, no entanto não difeririam da palma Miúda (~67 unidades planta<sup>-1</sup>) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Efeito da interação local x ano de colheita x clone no número total de cladódios de palma forrageira

Clones	Sertânia		São Bento do Una	
	2015	2017	2015	2017
Clone 6	62,67 Aa†	42,25 Aa	95,00 Aa†	33,00 Bc
Clone 7	49,50 Aa†	39,50 Aa‡	76,33 Aa†	70,67 Ab‡
Clone 13	51,83 Aa†	50,08 Aa	86,00 Aa†	63,33 Bb
Clone 21	42,17 Aa†	27,21 Ab‡	89,00 Aa†	90,67 Aa‡
F21	62,83 Aa†	22,33 Bb	34,00 Ab†	24,67 Ac
IPA Sertânia	21,00 Ab	17,54 Ab‡	22,00 Ab	39,33 Ac‡
Miúda	31,17 Ab†	23,92 Ab	67,33 Aa†	33,33 Bc
OEM	22,00 Ab	26,92 Ab	22,33 Ab	26,67 Ac
F8	41,00 Aa	26,58 Ab	42,67 Ab	18,33 Bc
Clone IPA 20	15,50 Ab	6,00 Ac‡	19,33 Bb	63,00 Ab‡

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, para cada local, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na linha indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita ( $P \leq 0,05$ ).

Na segunda colheita, em Sertânia, os clones 6, 7 e 13 mantiveram-se mais produtivos que os demais, em termos da quantidade de cladódios por planta. Somente esses três materiais genéticos produziram 46,69% do total de cladódios da segunda colheita em Sertânia (Tabela

7). No entanto, em São Bento do Una, o clone 21 (~91 cladódios planta<sup>-1</sup>) foi superior a todos os demais.

Quanto à comparação entre as colheitas realizadas em Sertânia, o clone F21 foi o único a apresentar desempenho inferior após a primeira colheita (~22 cladódios planta<sup>-1</sup>). Ressalta-se que os clones 6, 7, 13 e 21 foram obtidos via cultura de tecido do F21, e esse resultado demonstra a superioridade desses materiais em relação ao seu progenitor (Tabela 7).

De uma colheita para outra, em São Bento do Una, os genótipos de palma forrageira também se comportaram de maneira diferente. Os genótipos 7, 21, F21, IPA Sertânia e Orelha de elefante mexicana mantiveram-se produtivos. O clone IPA 20, em contrapartida, aumentou a produção de cladódios na segunda colheita, de 19 a 63 cladódios planta<sup>-1</sup> (Tabela 7).

O número de cladódios, de fato, pode variar conforme os clones utilizados. Em Frei Paulo, Sergipe, Cavalcante et al. (2014) também avaliaram a produção de cladódios em diferentes genótipos de palma forrageira e verificaram que a cultivar Miúda foi superior (~82) à redonda (~16) e à gigante (17 cladódios planta<sup>-1</sup>) após dois anos de plantio. Já Cunha et al. (2012), em Arapiraca, Alagoas, encontraram um menor número de cladódios por planta (~28) para a cultivar Miúda.

A produção de cladódios também variou de acordo com as diferentes ordens na planta (Tabelas 8 e 9).

De maneira geral, independente do ambiente, clones do gênero *Opuntia* tenderam a emitir mais cladódios de primeira ordem que o gênero *Nopalea*. Em contrapartida, este último tendeu a emitir um maior número de cladódios nas demais ordens. Esse resultado pode ser devido às características intrínsecas de cada gênero. Segundo Scheinvar (1995), o fenótipo das *Opuntias* é bastante variável conforme as condições ecológicas. Scheinvar (1995) acrescentou que a espécie *Nopalea cochenillifera* apresenta porte arbóreo, com altura em torno de sete metros e muitos ramos, enquanto a *Opuntia ficus-indica* é arborescente, com altura variando de 3 a 5 metros. Dessa forma, as plantas do gênero *Nopalea* apresentam maior potencial de emissão de cladódios de ordens superiores, em relação às *Opuntias*.

**Tabela 8.** Efeito da interação local x colheita x clone no número de cladódios de primeira, segunda e terceira ordem em genótipos de palma forrageira

Clones	Ordem 1		Ordem 2		Ordem 3	
	2015	2017	2015	2017	2015	2017
Sertânia						
Clone 6	5 Ab	4 Aa	10 Aa†	15 Aa	22 Aa†	19 Aa
Clone 7	4 Ab†	4 Aa	12 Aa†	14 Aa	18 Aa	17 Aa‡
Clone 13	5 Ab	5 Aa	15 Aa	21 Aa‡	19 Aa†	19 Aa
Clone 21	3 Ab†	5 Aa	7 Aa†	10 Ab	14 Aa†	9 Ab‡
F21	3 Ab	4 Aa	12 Aa	9 Ab	24 Aa	10 Bb
IPA Sertânia	6 Ab	6 Aa‡	10 Aa	10 Ab	4 Ab	2 Ab‡
Miúda	3 Ab	4 Aa	8 Aa†	13 Aa	10 Ab†	8 Ab
OEM	5 Bb	8 Aa‡	15 Aa	18 Aa‡	3 Ab	2 Ab
F8	10 Aa†	5 Ba	14 Aa	16 Aa‡	17 Aa	7 Bb
Clone IPA 20	2 Ab	4 Aa	7 Aa	2 Ab‡	5 Ab	0 Bb‡
São Bento do Una						
Clone 6	5 Ab	4 Aa	27 Aa†	11 Ba	38 Aa†	17 Bb
Clone 7	9 Aa†	3 Ba	20 Ab†	12 Ba	23 Ab	26 Aa‡
Clone 13	4 Ab	2 Aa	13 Ac	9 Aa‡	33 Aa†	23 Ab
Clone 21	8 Aa†	3 Ba	30 Aa†	16 Ba	30 Aa†	33 Aa‡
F21	4 Ab	5 Aa	7 Ac	7 Aa	17 Ac	11 Ac
IPA Sertânia	7 Aa	3 Ba‡	11 Ac	11 Aa	3 Bd	18 Ab‡
Miúda	6 Ab	5 Aa	17 Ab†	12 Aa	29 Aa†	7 Bc
OEM	5 Ab	3 Aa‡	9 Ac	9 Aa‡	7 Ad	7 Ac
F8	4 Ab†	4 Aa	11 Ac	6 Aa‡	21 Ab	5 Bc
Clone IPA 20	4 Ab	4 Aa	5 Bc	15 Aa‡	8 Bd	21 Ab‡

Em cada ordem dos cladódios, para cada local, médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na coluna indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita e mesmo clone com o símbolo ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 9.** Efeito da interação ano de colheita x clone no número de cladódios de quarta, quinta e sexta ordem em genótipos de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE

Clones	Ordem 4		Ordem 5		Ordem 6	
	2015	2017	2015	2017	2015	2017
Sertânia						
Clone 6	16 Aa	4 Ba	9 Aa	0 Ba	2 Aa	0 Ba
Clone 7	11 Ab	4 Ba	4 Ab	1 Ba	1 Aa	0 Ba
Clone 13	8 Ab	6 Aa	4 Ab	0 Ba	2 Aa	0 Ba
Clone 21	13 Aa	3 Ba	4 Ab	0 Ba	2 Aa	0 Ba
F21	14 Aa	0 Bb	8 Aa	0 Ba	1 Aa	0 Ba
IPA Sertânia	2 Ad	0 Ab	0 Ac	0 Aa	0 Ab	0 Aa
Miúda	6 Ac	0 Bb	3 Ab	0 Ba	1 Aa	0 Ba
OEM	0 Ad	0 Ab	0 Ac	0 Aa	0 Ab	0 Aa
F8	0 Ad	0 Ab	0 Ac	0 Aa	0 Ab	0 Aa
Clone IPA 20	2 Ad	0 Ab	0 Ac	0 Aa	0 Ab	0 Aa
CV (%)	37,19		44,84		67,65	
São Bento do Una						
Clone 6	19 Aa	1 Bb	7 Aa	0 Ab	0 Ab	0 Aa
Clone 7	17 Aa	15 Aa	6 Aa	14 Ba	1 Ab	0 Aa
Clone 13	22 Aa	18 Aa	9 Aa	10 Aa	6 Aa	0 Ba
Clone 21	18 Aa	26 Aa	3 Ab	13 Ba	0 Ab	0 Aa
F21	5 Ab	2 Ab	1 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Aa
IPA Sertânia	0 Bb	7 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Aa
Miúda	12 Aa	6 Ab	3 Ab	4 Ab	0 Ab	0 Aa
OEM	1 Ab	5 Ab	0 Ab	3 Ab	0 Ab	0 Aa
F8	6 Ab	2 Ab	0 Ab	2 Ab	0 Ab	0 Aa
Clone IPA 20	2 Bb	15 Aa	0 Ab	7 Aa	0 Ab	1 Aa
CV (%)	39,57		75,26		271,65	

Em cada ordem dos cladódios, para cada local, médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Em Sertânia, os clones Orelha de elefante mexicana e F8 produziram cladódios somente até a terceira ordem (Tabelas 8 e 9). Este resultado corrobora com o encontrado por Queiroz et al. (2015) em Serra Talhada, PE, para o clone Orelha de elefante mexicana, que também produziu cladódios de até terceira ordem. Esse resultado não reduz sua importância, tendo em vista que, mesmo estando entre os clones que produzem menos cladódios por planta (Tabela 8), seus cladódios estão entre os maiores observados (Tabelas 10, 11 e 12).

Ressalta-se que os clones 7 e 13 foram os únicos a produzirem cladódios de sexta ordem nos dois ambientes. Em Sertânia, no entanto, outros genótipos, além do 7 e 13, produziram pelo menos um cladódio de sexta ordem (Tabela 9). Para Ramírez-Tobías et al. (2012), o crescimento das *Opuntias* e *Nopaleas* é um processo contínuo que depende fortemente da informação genética e das condições ambientais. De modo geral, o ambiente de São Bento do Una favoreceu o aparecimento de cladódios (Tabela 7). No entanto, comparando os locais, destaca-se que os clones F8 e Orelha de elefante mexicana apresentaram mais rusticidade por terem produzido significativamente mais cladódios, de ordem 1 e 2 (Tabela 8), em um ambiente menos favorável, Sertânia (Figura 3).

No trabalho de Queiroz et al. (2015), a cultivar Orelha de elefante mexicana apresentou, em média, 14,13 cladódios planta<sup>-1</sup>, aos 380 dias de crescimento e sob condição irrigada, sendo que houve maior ocorrência de cladódios primários, seguidos dos secundários e terciários. Por outro lado, no presente trabalho, conduzido em condição de sequeiro, o maior número de cladódios para esse clone foi observado, em média, na segunda ordem, em ambos os ambientes (Tabela 8). Em outro trabalho, Silva et al. (2015) observaram diferenças no número de cladódios entre os clones IPA Sertânia, Miúda e Orelha de elefante mexicana, sendo que não houve diferença entre os clones para o número de cladódios de primeira ordem. No entanto, a cultivar Miúda foi superior no quantitativo de segunda (12,78), terceira (11,67) e quarta ordem (3,89 cladódios planta<sup>-1</sup>), valores estes bem próximos aos encontrados neste trabalho (Tabelas 8 e 9), e até menores considerando a quarta ordem (Tabela 9).

De modo geral, os clones 6, 7, 13 e 21 apresentaram maior desempenho quanto à produção de cladódios por ordem, com exceção da primeira ordem na primeira colheita (2015), e em alguns momentos, superiores ao clone que lhes deu origem, o F21, como na produção de cladódios de quarta ordem em São Bento do Una (Tabela 8).

Em relação às colheitas realizadas, houve tendência de redução na quantidade de cladódios por planta com a segunda colheita. Resultados mais drásticos foram encontrados para os clones F21, IPA Sertânia, Miúda e clone IPA 20, que não produziram cladódios de quarta ordem na última colheita. É possível que esse resultado esteja ligado à intensidade de corte

realizada. Neste trabalho foram preservados os cladódios primários, e alguns trabalhos mostraram que a preservação dos cladódios secundários pode proporcionar maior número de cladódios por planta e maior produtividade, na cultivar gigante (Alves et al., 2007; Lima et al., 2016) e na palma Miúda (Rego et al., 2014).

As dimensões dos cladódios também foram influenciadas por todos os fatores estudados (Tabelas 10, 11 e 12).

**Tabela 10.** Interação local x colheita x genótipos no comprimento dos cladódios de genótipos de palma forrageira

Genótipos	Sertânia		São Bento do Una	
	2015	2017	2015	2017
Clone 6	19,45 Ac	20,83 Ac	20,48 Ad	23,61 Ab
Clone 7	20,29 Bc	27,20 Ab	24,83 Ac	23,95 Ab
Clone 13	20,40 Ac	25,42 Ab	19,40 Bd	26,97 Aa
Clone 21	17,36 Bc†	26,53 Ab	27,48 Ac†	23,73 Ab
F21	17,65 Bc†	25,56 Ab	25,29 Ac†	30,75 Aa
IPA Sertânia	27,14 Ab†	31,61 Aa	40,91 Aa†	27,50 Ba
Miúda	17,27 Ac	19,67 Ac‡	20,64 Ad	26,87 Aa‡
OEM	33,35 Aa	35,42 Aa‡	27,19 Ac	26,93 Aa‡
F8	25,61 Ab	27,94 Ab	26,22 Ac	21,73 Ab
Clone IPA 20	32,61 Aa	15,50 Bc	31,65 Ab	19,32 Bb

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, para cada local, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na linha indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita ( $P \leq 0,05$ ).

Plantas do gênero *Nopalea*, normalmente apresentam cladódios menores em relação às *Opuntias* (Tabela 10), porém há exceções. O clone IPA Sertânia (*Nopalea*) está entre os que apresentaram os maiores comprimentos de cladódio nesse trabalho (Tabela 10). Pereira et al. (2015) observaram que o IPA Sertânia não diferiu da Orelha de elefante mexicana (*Opuntia*) em algumas variáveis morfológicas, como comprimento e perímetro do cladódio basal e perímetro e largura dos cladódios de primeira ordem.

A palma Miúda (*Nopalea*) caracteriza-se por apresentar cladódios menores, em termos de comprimento (Tabela 10) e largura (Tabela 11), porém está entre os que apresentam mais

unidades por planta (Tabela 8). Silva et al. (2014b) também observaram maior número de cladódios na palma Miúda, em detrimento de cladódios menores em relação às cultivares redonda e gigante.

**Tabela 11.** Largura dos cladódios (cm) de palma forrageira em função da interação clone x local de cultivo e clone x ano de colheita

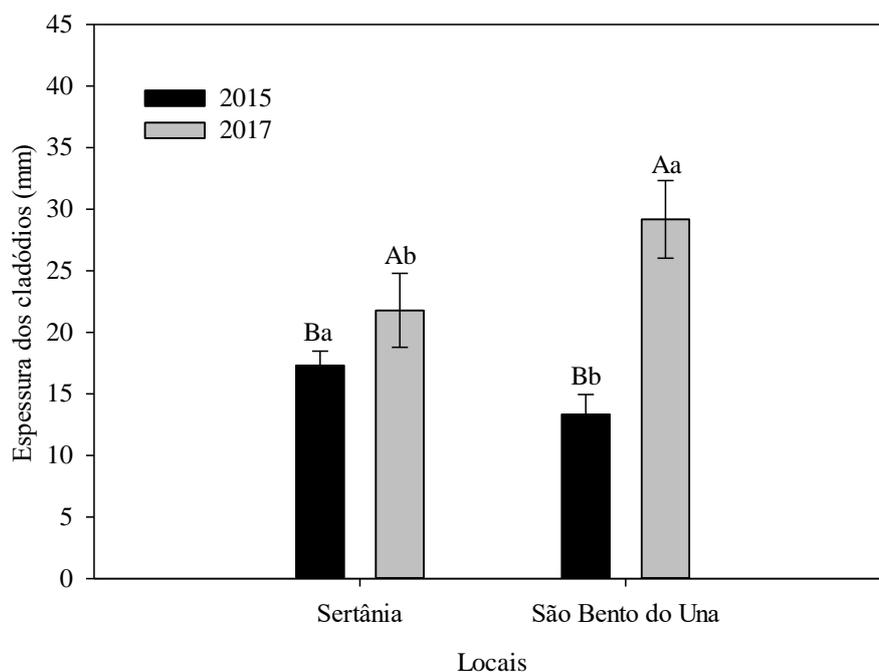
Clones	Local		Colheita	
	Sertânia	São Bento do Una	2015	2017
Clone 6	20,14 Ac	22,05 Ab	12,79 Ac	15,60 Ab
Clone 7	23,74 Ac	24,39 Ab	10,69 Ad	13,05 Ab
Clone 13	22,91 Ac	23,18 Ab	9,95 Ad	12,42 Ab
Clone 21	21,94 Ac	25,61 Ab	10,70 Ad	12,08 Ab
F21	21,61 Bc	28,02 Ab	12,37 Ac	14,44 Ab
IPA Sertânia	29,38 Bb	34,21 Aa	13,58 Ac	14,15 Ab
Miúda	18,47 Bc	23,76 Ab	9,22 Ad	12,20 Ab
OEM	34,39 Aa	27,07 Bb	24,34 Aa	26,03 Aa
F8	26,78 Ab	23,98 Ab	14,80 Ac	13,09 Ab
Clone IPA 20	24,06 Ac	25,48 Ab	18,52 Ab	9,67 Bb

Em cada fator, médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Em relação à comparação entre os locais em cada colheita, verificou-se que o ambiente de São Bento do Una favoreceu os clones 21 (27,48), F21 (25,29) e IPA Sertânia (40,91 cm) na primeira colheita, e a palma Miúda (26,87 cm), na segunda (Tabela 10). A Orelha de elefante mexicana (*Opuntia*), ao contrário, apresentou cladódios maiores (35,42 cm) em Sertânia (Tabela 10). Esse resultado pode ser devido ao fato de plantas do gênero *Nopalea* serem mais exigentes em termos de condições edafoclimáticas, quando comparado ao *Opuntia*, normalmente mais rústico (Santos et al., 2006).

Dadas as características intrínsecas de cada gênero (Scheinvar, 1995), os clones 6, 7, 13 e 21 apresentaram, de modo geral, cladódios menores em relação aos demais, em comprimento (Tabela 10) e largura (Tabela 11). A largura dos cladódios, no entanto, não diferiu entre locais (Tabela 4). Em Sertânia, os cladódios apresentaram em média  $13,69 \pm 5,62$  cm de largura, e em São Bento do Una,  $14,28 \pm 4,45$  cm.

Em adição, de maneira geral, o comprimento e a largura dos cladódios foram pouco influenciados pelas sucessivas colheitas (Tabelas 10 e 11), ao contrário da espessura dos cladódios (Tabela 12). Como as diferenças na espessura foram mais evidentes entre locais e colheitas (Figura 5) e entre clones e colheitas (Tabela 12), é possível que isso se deva às variações climáticas ocorridas dias antes da segunda colheita, em junho de 2017.



**Figura 5.** Espessura dos cladódios (mm) de palma forrageira em função da interação local e ano de colheita. As letras minúsculas comparam os diferentes locais, enquanto as maiúsculas comparam as diferentes colheitas ( $P \leq 0,05$ ). As barras verticais são o intervalo de confiança da média ( $\alpha = 0,05$ ).

No mês anterior, maio, a soma pluviométrica em Sertânia foi de 49,32 mm, e em São Bento do Una foi maior que em qualquer outro mês do período experimental, 172,45 mm. O sistema radicular da palma forrageira é raso, porém extenso lateralmente (Snyman, 2006). Essa adaptação faz com que as cactáceas respondam a pequenos eventos de chuva. Szarek & Ting (1975) verificaram que o potencial hídrico da espécie *Opuntia basilares* começou a aumentar 24 horas após uma chuva de 6 mm. Os autores concluíram que a precipitação foi o principal parâmetro ambiental a influenciar a atividade fisiológica da espécie, por alterar o potencial hídrico das plantas.

**Tabela 12.** Espessura dos cladódios (mm) de genótipos de palma forrageira em função da interação local de cultivo x ano de colheita e genótipos x ano de colheita

Clones	Colheitas	
	2015	2017
Clone 6	11,57 Ba	24,03 Aa
Clone 7	15,56 Ba	22,61 Aa
Clone 13	13,52 Ba	28,72 Aa
Clone 21	14,14 Ba	24,58 Aa
F21	14,20 Ba	28,87 Aa
IPA Sertânia	17,13 Ba	31,06 Aa
Miúda	15,79 Ba	28,80 Aa
OEM	16,00 Ba	28,89 Aa
F8	17,74 Aa	21,85 Aa
Clone IPA 20	17,61 Aa	15,42 Ab

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Ademais, Pereira et al. (2015) verificaram que a espessura (mm) de cladódios da variedade IPA Sertânia sob três frequências de irrigação (7, 14 e 28 dias), com uma lâmina fixa de 7,5 mm, foi maior (21 mm) na menor frequência. Os resultados encontrados (Figura 5; Tabela 12) podem ser devidos à turgescência dos cladódios (Taiz & Zeiger, 2013) após os eventos de chuva relatados, e a espessura dos cladódios parece ser mais sensível às variações ambientais de umidade do solo. Scalisi et al. (2016) também observaram diferenças ao longo do tempo na espessura de cladódios da *Opuntia ficus-indica* cv. Gialla ao avaliarem plantas irrigadas e não irrigadas. Já Sales et al. (2016) observou variação na espessura cultivar Miúda e atribuíram esses efeitos aos pulsos de precipitação pluvial.

Em relação ao comportamento dos clones de palma nos diferentes ambientes não foram identificadas grandes variações na espessura dos cladódios. Em Sertânia, a espessura dos cladódios foi de  $19,55 \pm 6,46$  mm e em São Bento,  $21,26 \pm 10,37$  mm.

Quanto ao índice de área de cladódio (IAC) e interceptação luminosa (IL), houve efeito combinado dos locais de cultivo x colheitas e clones x colheitas (Tabelas 13 e 14).

**Tabela 13.** Índice de área de cladódio (IAC) de genótipos de palma forrageira em função da interação locais de cultivo x colheitas e genótipos x colheitas

Locais	Colheitas	
	2015	2017
Sertânia	3,10 Aa	2,12 Bb
São Bento do Una	3,68 Ba	6,07 Aa
Genótipos		
Clone 6	3,44 Aa	5,30 Aa
Clone 7	3,63 Aa	3,43 Ab
Clone 13	3,63 Aa	5,73 Aa
Clone 21	4,58 Aa	5,42 Aa
F21	3,66 Aa	2,22 Ab
IPA Sertânia	2,19 Bb	4,60 Aa
Miúda	2,58 Ab	2,36 Ab
OEM	4,30 Aa	6,18 Aa
F8	2,08 Ab	3,45 Ab
Clone IPA 20	3,82 Aa	2,24 Bb

Em cada interação, médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Em Sertânia, o IAC foi maior na primeira colheita (3,10), sendo que o inverso ocorreu em São Bento do Una (Tabela 13). No entanto, em São Bento, o IAC foi em média 1,87 vezes maior que em Sertânia.

Comparando-se cada genótipo nas diferentes colheitas, percebeu-se que o IAC do clone IPA Sertânia aumentou na segunda colheita (4,60), enquanto diminuiu para o clone IPA 20 (2,24). Dentro dos genótipos de palma, de maneira geral, os clones 6, 7, 13 e 21 apresentaram maiores valores de IAC, no entanto, não diferiram da Orelha de elefante mexicana.

Segundo Nobel (1994), a *Opuntia ficus-indica* alcança a máxima produtividade quando o IAC varia de 4 a 5, quando praticamente toda a radiação fotossinteticamente ativa é interceptada pelas plantas. Na segunda colheita, o clone Orelha de elefante mexicana atingiu um IAC ligeiramente superior a 6 (Tabela 13). Nesse ponto, é possível haver autossombreamento dos cladódios, e redução da fotossíntese líquida. Nobel (1994) alerta, porém, que os valores de IAC são variáveis também devido a várias direções e posições que os

cladódios podem seguir. Dessa forma, Cortazar et al. (1985) verificaram que a máxima produtividade ( $3,4 \text{ kg MS m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ) da palma ocorreu quando o IAC foi 7. Em adição, Falster & Westoby (2003) verificaram que plantas com folhas menores, nesse caso, cladódios, apresentaram maior autossombreamento que aquelas com folhas maiores.

A interceptação luminosa (IL) apresenta estreita relação com o IAC. Assim, locais e clones que apresentaram maior IAC também apresentaram maior potencial de cobertura do solo (Tabela 14).

**Tabela 14.** Interceptação luminosa (IL%) de genótipos de palma forrageira em função da interação locais de cultivo x colheitas e genótipos x colheitas

Locais	Colheitas	
	2015	2017
Sertânia	45,17 Ab	30,71 Bb
São Bento do Una	63,01 Aa	63,92 Aa
Genótipos		
Clone 6	57,13 Aa	57,67 Aa
Clone 7	55,50 Aa	45,12 Ab
Clone 13	58,58 Aa	60,33 Aa
Clone 21	70,88 Aa	54,76 Aa
F21	56,77 Aa	31,42 Bb
IPA Sertânia	39,23 Ab	49,53 Aa
Miúda	45,23 Ab	32,10 Ab
OEM	66,23 Aa	73,61 Aa
F8	36,36 Ab	42,39 Ab
Clone IPA 20	55,00 Aa	26,20 Bb

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Em Curaçá, Bahia, Rocha et al. (2017) encontraram IAC de 4,29 para a palma Miúda, 4,13 para a Orelha de elefante mexicana e o menor valor (0,94) para o clone IPA 20, aos 16 meses de idade das plantas em condição irrigada. Em condição de sequeiro, Sales et al. (2013) encontraram IAC de, em média,  $3,93 \pm 1,75$  para o clone gigante, cultivado em Soledade,

Paraíba, e Donato et al. (2014a) verificaram menor IAC ( $2,07 \pm 0,29$ ) para a cultivar gigante, aos 600 dias após o plantio.

Em São Bento do Una as plantas interceptaram em torno de 64% luz incidente, ao contrário de Sertânia (~38%). Na segunda colheita, os clones F21 e clone IPA 29 reduziram consideravelmente sua IL (Tabela 14). A baixa capacidade de interceptação luminosa pode ser diminuída com o adensamento das plantas. Silva et al. (2014b) constataram que a cultivar Miúda respondeu positivamente ao adensamento e aumentou a produção de massa verde e seca com até 80.000 plantas por hectare.

## 2. Infestação pelas cochonilhas do carmim e de escama

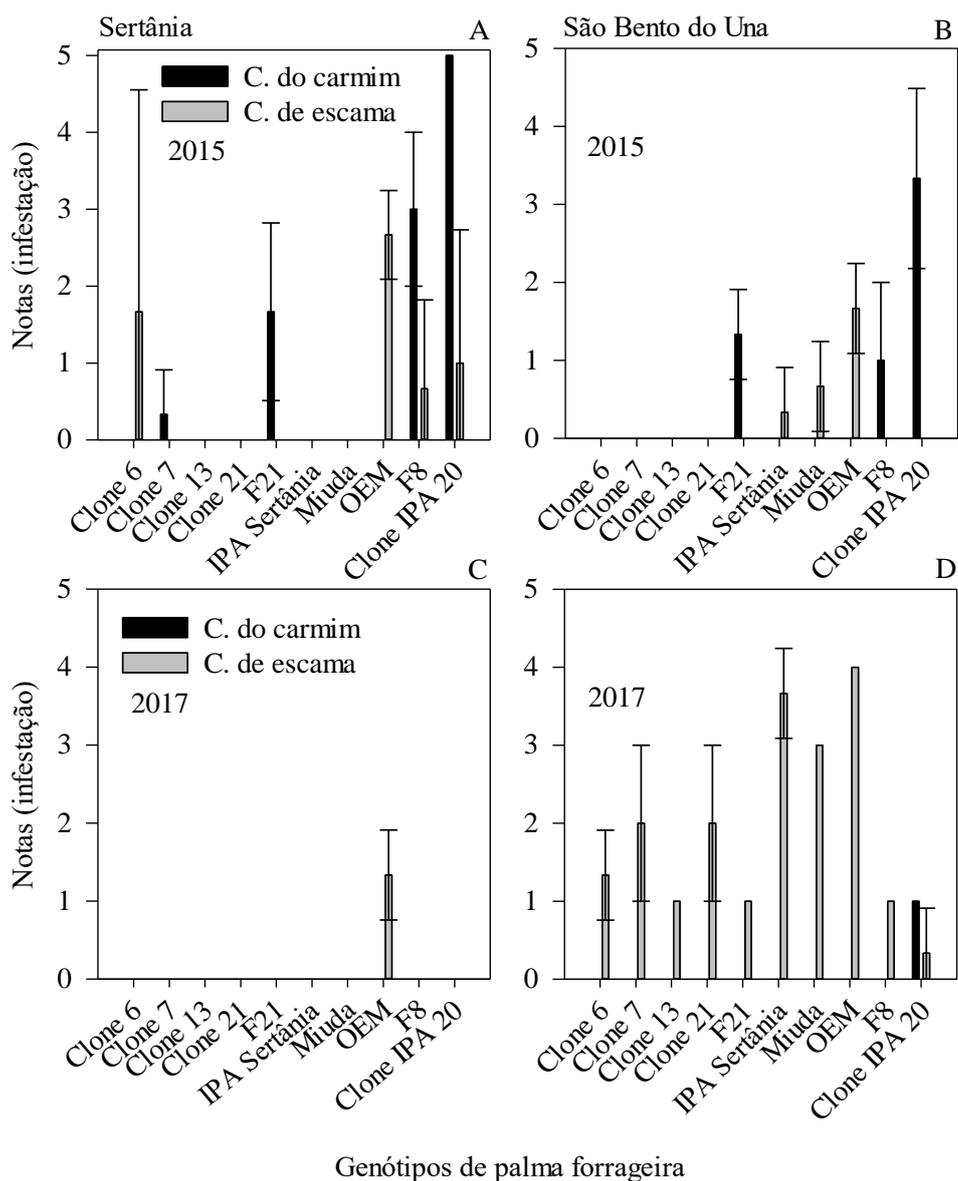
Durante o período experimental houve ocorrência de cochonilhas nos clones de palma forrageira (Figura 6). Em Sertânia, de maneira geral, houve maior incidência da cochonilha do carmim ( $1,00 \pm 0,31$ ), e em São Bento do Una da cochonilha de escama ( $1,93 \pm 0,23$ ), principalmente na colheita realizada em 2017 (Figura 6).

Em Sertânia, os clones mais atacados pela cochonilha do carmim foram o clone IPA 20 ( $5,00 \pm 0,00$ ), F8 ( $3,00 \pm 0,58$ ), F21 ( $1,67 \pm 0,67$ ) e clone 7 ( $0,33 \pm 0,33$ ) (Figura 6A). Em São Bento do Una, os clones IPA 20 ( $3,33 \pm 0,67$ ), F8 ( $1,00 \pm 0,58$ ) e F21 ( $1,33 \pm 0,33$ ) foram os mais atacados (Figura 6B).

De acordo com Santos et al. (2013), os clones IPA Sertânia e Miúda apresentam resistência à cochonilha do carmim, e os clones F8 e F21 apresentam semi-resistência ao inseto. No entanto, a cochonilha de escama foi encontrada nestes clones (Figura 6).

O clone Orelha de elefante mexicana mostrou-se susceptível à cochonilha de escama e foi atacada nos dois ambientes; no entanto, não foi infestada pela cochonilha do carmim. Santos et al. (2008) também verificaram resistência da palma Orelha de elefante mexicana à cochonilha do carmim.

Em outro trabalho, Vasconcelos et al. (2009) constataram que o clone IPA 20 é susceptível à cochonilha do carmim, e que a palma Miúda apresentou resistência ao inseto. No entanto, neste trabalho, foi observado que o clone IPA 20 também foi atacado pela cochonilha de escama nos dois ambientes de cultivo (Figura 6A, 6D), assim como o clone F8 em Sertânia ( $0,67 \pm 0,67$ ) (Figura 6A) e o F21 em São Bento do Una (Figura 6B e 6D). Esses resultados são ainda mais importantes do ponto de vista fitossanitário, pois o potencial de redução na produção e morte das plantas são maiores devido ao indicativo de susceptibilidade aos dois insetos.



**Figura 6.** Níveis de infestação na primeira (A e B) e segunda colheita (C a D) pelas cochonilhas do carmim e de escama em Sertânia e São Bento do Una.

A resistência às cochonilhas pode estar ligada à espessura da epiderme das plantas, que forma uma barreira à alimentação dos insetos. Mas os mecanismos de resistência ainda não estão claros. Silva et al. (2010b) avaliaram a anatomia de diferentes variedades de palma e constataram que a espessura cuticular (39  $\mu\text{m}$ ) e da epiderme (220  $\mu\text{m}$ ) foram maiores na variedade Orelha de elefante africana (*Opuntia undulata* Griffiths; IPA-2000174), resistente à cochonilha do carmim. Por outro lado, Vasconcelos (2011) avaliou os clones IPA Sertânia e Orelha de elefante mexicana e verificou que a resistência à cochonilha do carmim não esteve ligada à espessura da epiderme das plantas.

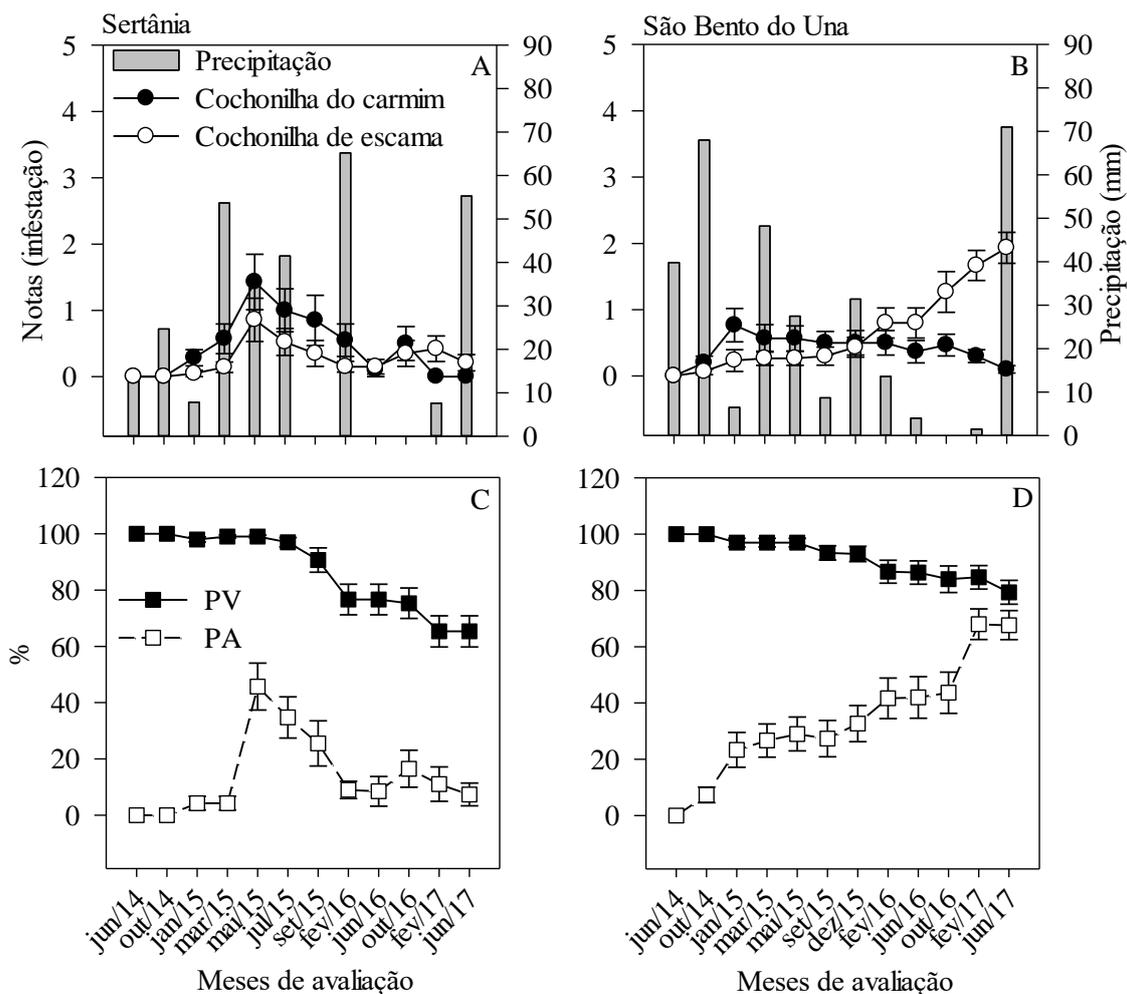
Em São Bento do Una, na colheita de 2017, a cochonilha de escama foi observada em todos os genótipos, e a palma Miúda, IPA Sertânia e Orelha de elefante mexicana foram os mais atacados (Figura 6D). Esse resultado provavelmente está ligado ao crescimento populacional dos insetos nesse período (Figura 7B). Em contrapartida, na mesma época, em Sertânia, apenas a Orelha de elefante mexicana apresentou o inseto, e com baixo nível de infestação ( $1,33 \pm 0,33$ ) (Figura 6C).

A ocorrência das cochonilhas oscilou ao longo do tempo (Figura 7). No entanto, não foi verificada influência significativa das variáveis climáticas nos níveis de infestação dos insetos-praga (Tabela 15). No entanto, destaca-se que a cochonilha de escama esteve diretamente ligada à redução no estande de plantas em São Bento do Una (Tabela 15). Desse modo, a redução no estande de plantas em São Bento (Figura 7D) esteve mais ligada à cochonilha de escama que a de carmim.

**Tabela 15.** Coeficientes de correlação por postos de Spearman (r-S) entre as variáveis climáticas e os níveis de infestação e dano das cochonilhas do carmim e de escama em Sertânia (diagonal superior) e em São Bento do Una (diagonal inferior)

	P	Tmax	Tmin	UR	ICC	ICE	PV	PA
P		-0,08	0,40	<b>0,97</b>	0,13	-0,07	0,14	-0,13
Tmax	-0,18		<b>0,65</b>	-0,09	-0,14	-0,25	0,03	-0,20
Tmin	0,13	<b>0,79</b>		0,33	-0,01	-0,11	-0,05	-0,13
UR	<b>0,99</b>	-0,26	0,03		0,09	0,06	0,05	-0,04
ICC	-0,24	0,42	0,51	-0,29		<b>0,56</b>	0,16	<b>0,71</b>
ICE	-0,34	0,08	0,17	-0,39	-0,19		-0,48	<b>0,95</b>
DCC	-0,28	0,14	0,35	-0,33	<b>0,78</b>	0,03	-0,06	<b>0,87</b>
DCE	-0,39	-0,05	0,13	-0,40	-0,07	<b>0,88</b>	-0,41	<b>0,87</b>
PV	0,40	-0,04	-0,09	0,44	0,19	<b>-0,98</b>		-0,39
PA	-0,42	0,07	0,18	-0,45	-0,17	<b>0,98</b>	<b>-0,96</b>	1

P=precipitação; Tmax/Tmin=temperatura máxima/mínima; UR=umidade relativa do ar; ICC=infestação pela cochonilha do carmim; ICE=infestação pela cochonilha de escama; PV=porcentagem de plantas vivas; PA=porcentagem de plantas atacadas pelas cochonilhas. Coeficientes em negrito são significativos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 7.** Dinâmica da infestação (A e B) pelas cochonilhas e porcentagem de plantas vivas (PV) e atacadas (PA) em Sertânia (C) e São Bento do Una (D) durante o período de avaliação. As barras verticais são o erro padrão da média.

### 3. Produção de forragem e estande de plantas

Houve efeito dos fatores isolados para a produção de forragem e eficiência no uso da água ( $P \leq 0,05$ ). Para o estande de plantas, em contrapartida, houve interação entre todos os fatores estudados (Tabela 16).

A produtividade de forragem em São Bento do Una foi em torno de 63% maior que em Sertânia (Tabela 17). Esse resultado demonstra também a importância da influência do ambiente no desempenho agrônomo da cultura. Para Cruz et al. (2014), as causas da interação genótipos x ambientes podem ser atribuídas também a fatores fisiológicos e adaptativos, entre outros.

**Tabela 16.** Resumo da análise de variância conjunta para produção de forragem (PMS; t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), eficiência no uso da água (EUA; kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e estande de plantas (%)

Fonte de variação	GL	Variáveis/valor de F		
		PMS	EUA	Estande de plantas
Blocos (locais)	4			
Local (L)	1	113,14**	94,75**	3,58ns
Colheita (C)	1	70,55**	7,19**	107,20**
Genótipo (G)	9	6,74**	6,14**	7,39**
L x C	1	9,17**	1,00ns	8,51**
L x G	9	1,76ns	1,60ns	3,02**
C x G	9	0,76ns	0,72ns	4,85**
L x C x G	9	1,54ns	1,36ns	2,20*
CV (%)		46,05	51,62	14,87

GL: graus de liberdade; ns: não significativo; significativo a \*\*1% e \*5% pelo teste F.

**Tabela 17.** Produção de forragem (t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>) da palma forrageira em função da interação entre local de cultivo e ano de colheita

Locais	Colheitas	
	2015	2017
Sertânia	11,49 Ab	4,29 Bb
São Bento do Una	28,13 Aa	14,24 Ba

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

A temperatura do ar parecer não ter sido o principal fator condicionante das produtividades encontradas, tendo em vista que os valores observados nos dois locais foram próximos. Em Sertânia, foram verificadas máximas de  $31,03 \pm 1,83$  e  $31,15 \pm 1,92$ , e mínimas de  $19,21 \pm 1,10$  e  $19,47 \pm 1,11$ , em 2015 e 2017, respectivamente. Em São Bento, máximas de  $29,86 \pm 2,14$  e  $29,88 \pm 2,10$  e mínimas de  $18,77 \pm 1,15$  e  $19,17 \pm 1,11$ . Em contrapartida, a precipitação foi 29 e 16% menor em Sertânia, na primeira e segunda colheita, respectivamente.

De fato, o ambiente de cultivo exerce grande influência na produtividade da palma. Menezes et al. (2005) avaliaram a produtividade da palma em 50 propriedades rurais de 11 municípios de Pernambuco e Paraíba e constaram uma variação de 1,8 a 15,2 t MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

A redução da produtividade na segunda colheita (Tabela 17) está ligada à mortalidade de plantas (Tabela 19). Foram identificados, em ambos os locais, casos de queda de cladódio, e até mesmo tombamento de plantas inteiras. Neste contexto, a infestação pelas cochonilhas (Figura 6) pode estar relacionada com a redução do desempenho das plantas, e com a redução do estande (Tabela 19). Nota-se que quando a porcentagem de plantas atacadas aumentou, o de plantas vivas tendeu a diminuir. Essa resposta foi mais acentuada em São Bento do Una (Figura 7C e 7D).

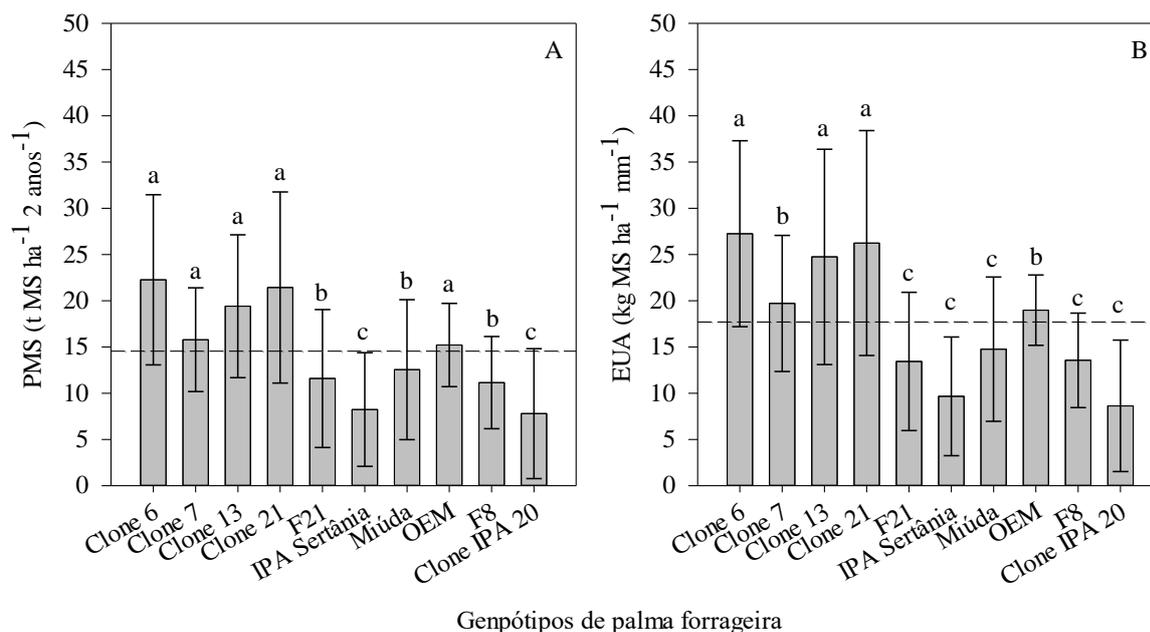
A produtividade de massa seca variou entre os clones (Figura 8A). Os clones 6, 7, 13 e 21 foram superiores ao seu genitor, F21, porém não diferiram do clone Orelha de elefante mexicana. Os quatro primeiros clones produziram em média  $19,72 \pm 13,06$ , e a Orelha de elefante mexicana,  $15,21 \pm 7,09$  t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>.

De acordo com Cruz et al. (2014), em um programa de melhoramento seria fundamental escolher genitores de bom desempenho em uma ampla rede de ambientes. No entanto, deve-se ter em mente que, em termos de média, se um genitor tiver média inferior a outro, porém, se seu comportamento baseado no desempenho de seus híbridos for superior, há, portanto, maior interesse em sua utilização.

A alta produtividade dos clones 6, 7, 13 e 21 está associada às suas características estruturais. Apesar de possuir cladódios menores (Tabelas 10 e 11), eles são mais numerosos (Tabelas 8 e 9). Além disso, sua arquitetura permitiu maior interceptação de luz (Tabela 14), extremamente importante para o processo fotossintético.

Quando analisada a eficiência no uso da água, no entanto, os clones 6 ( $27,25 \pm 15,82$ ), 13 ( $24,75 \pm 18,34$ ) e 21 ( $26,24 \pm 19,14$  kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) produziram mais forragem por unidade de água evapotranspirada (Figura 8B). Além disso, a Orelha de elefante mexicana, um clone mais tradicional, foi superior ao F21, tanto em produção quanto na eficiência no uso da água.

O clone Miúda, já difundido entre produtores rurais em Pernambuco, é mais exigente quanto às características ambientais e apresenta baixo desempenho em regiões com baixa precipitação (Silva et al., 2015). Nobel (1996) relatou que a produtividade anual de cactáceas sob condições ótimas de água, temperatura e luz são extremamente altas e podem alcançar de 38 a 50 t MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.



**Figura 8.** Produção de forragem – PMS (t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>) (A) e eficiência no uso da água - EUA (kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) (B) de clones de palma forrageira. Letras iguais não refletem diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). As barras verticais são o intervalo de confiança para a média ( $\alpha = 0,05$ ). A linha horizontal pontilhada reflete a média.

Com a palma irrigada, Rocha et al. (2017) relataram valores mais altos para a eficiência no uso da água para as cultivares Miúda (62,38), Orelha de elefante mexicana (124,22) e clone IPA 20 (71,76 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) aos 16 meses após o corte. Ramos et al. (2011) consideraram a precipitação nos cálculos e obtiveram em média 3,43 kg de MS ha<sup>-1</sup> por mm de chuva para a *O. ficus-indica* Mill. cv. Italiana, aos 455 dias após o plantio.

Entre locais, São Bento do Una apresentou a maior EUA (Tabela 18). Esse resultado pode estar ligado a maior restrição hídrica verificada em Sertânia. Vale ressaltar que o potencial produtivo da cultura é aumentado substancialmente com incrementos de disponibilidade hídrica no solo (Dougherty et al., 1996). Na segunda colheita, a redução da produtividade também impactou negativamente na EUA (Tabela 18).

O cálculo da eficiência no uso da água foi realizado pela relação entre a produção de forragem e o somatório da evapotranspiração real (ETR) para o período. Assim, mesmo a ETR sendo menor (592,31 mm), no segundo ciclo em relação ao primeiro (997,50 mm), essa redução na demanda hídrica da atmosfera não compensou a diminuição da produção de forragem da palma forrageira na segunda colheita.

**Tabela 18.** Eficiência no uso da água (EUA) (kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) da palma forrageira cultivada em Sertânia e São Bento do Una e de acordo com os anos de colheita

Eficiência no uso da água	
Sertânia	9,40 b
São Bento do Una	25,99 a
2015	20,09 A
2017	15,30 B

Médias seguidas por letras distintas em cada fator diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Em termos do estande de plantas, em 2015, não houve diferença entre os tratamentos. No entanto, no segundo ciclo da cultura foi observada mortalidade significativa de plantas (Tabela 19).

**Tabela 19.** Interação local x colheita x genótipos no estande de plantas de palma forrageira

Genótipos	Sertânia		São Bento do Una	
	2015	2017	2015	2017
Clone 6	100 Aa	67 Bb	100 Aa	83 Aa
Clone 7	100 Aa	63 Bb‡	80 Aa	33 Bc‡
Clone 13	100 Aa	87 Aa	100 Aa	90 Aa
Clone 21	100 Aa	77 Bb	97 Aa	83 Aa
F21	100 Aa	43 Bc‡	100 Aa	83 Aa‡
IPA Sertânia	100 Aa	90 Aa	100 Aa	100 Aa
Miúda	97 Aa	70 Bb	100 Aa	90 Aa
OEM	100 Aa	100 Aa	100 Aa	97 Aa
F8	97 Aa	47 Bc	97 Aa	57 Bb
Clone IPA 20	97 Aa	13 Bd‡	97 Aa	77 Aa‡

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, para cada local, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na linha indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita ( $P \leq 0,05$ ).

Vale lembrar que o clone IPA Sertânia foi um dos menos produtivos (Figura 8A), em contrapartida, em Sertânia, foi o que apresentou maior percentual de sobrevivência, juntamente

com a Orelha de elefante mexicana e o clone 13, após quatro anos de cultivo. Nesse sentido, pode-se inferir que no ambiente de Sertânia, onde os recursos climáticos foram mais limitantes, foi possível identificar os clones de palma forrageira com maior potencial de uso em condições de maior estresse abiótico. Por outro lado, em São Bento do Una, foram discriminados apenas dois clones, 7 e F8.

Em adição, a menor produção de forragem dos clones Orelha de elefante mexicana e IPA Sertânia pode estar ligada a mecanismos de defesa contra o déficit hídrico. Já a alta persistência do clone 13 (Tabela 19) pode estar ligada ao fato de, além estar entre os mais produtivos (Figura 8A), também foi um dos mais eficientes no uso da água (Figura 8B). Santos et al. (2013) reportaram dados de 12 genótipos, entre eles a Orelha de elefante mexicana, IPA Sertânia, Miúda, F8 e F21, cultivados em Arcoverde, PE, por dois anos, e mostraram que não houve diferença quanto à sobrevivência dos clones.

## 4. Valor nutritivo

A composição bromatológica variou de acordo com o local de cultivo, a colheita e o genótipo de palma utilizado (Tabela 20).

**Tabela 20.** Resumo da análise de variância conjunta para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO)

Fonte variação	GL	Variáveis/valor de F					
		MS	MM	MO	FDN	FDA	DIVMO
Blocos (locais)	4						
Local (L)	1	13,34**	0,40ns	0,40ns	22,15**	2,29ns	3,61ns
Colheita (C)	1	65,54**	38,70**	38,70**	16,01**	5,76*	39,16**
Genótipo (G)	9	21,17**	4,56**	4,56**	1,16**	5,35**	2,66**
L x C	1	14,79**	2,82ns	2,82ns	24,55**	44,18**	37,25**
L x G	9	1,46ns	1,15ns	1,15ns	0,50ns	2,34*	1,73ns
C x G	9	3,40**	0,72ns	0,72ns	2,23*	1,20ns	5,27**
L x C x G	9	2,78**	1,17ns	1,17ns	3,10**	0,28ns	1,60ns
CV (%)		10,13	20,58	2,68	16,44	15,19	5,12

GL: graus de liberdade; ns: não significativo; significativo a \*\*1% e \*5% pelo teste F.

Normalmente, o clone Miúda apresenta maior percentual de matéria seca. Neste trabalho, esse resultado foi ratificado. Além disso, os novos genótipos (clones 6, 7, 13 e 21), também do gênero *Nopalea*, apresentaram, de modo geral, os maiores valores de matéria seca, principalmente na primeira colheita (Tabela 21).

Resultados de pesquisa ainda são escassos para as novas variedades de palma. No entanto, Santos et al. (2013) mostraram dados para algumas variedades ainda pouco estudadas e constataram, para os clones Orelha de elefante mexicana, IPA Sertânia, Miúda, F8 e F21, teores de matéria seca de 9,62; 10,79; 12,97; 8,11 e 10,12%, respectivamente, números de maneira geral superiores aos encontrados nesse trabalho. Outros clones, como a Orelha de elefante africana e Orelha de onça, apresentaram matéria seca de 7,78 e 10,79%, respectivamente (Santos et al., 2013). Entre os ambientes, houve efeito apenas para a primeira colheita, sendo que em Sertânia os clones 13, 21 e IPA 20 se destacaram (Tabela 21).

**Tabela 21.** Interação local x colheita x genótipos na matéria seca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de plantas de palma forrageira

Genótipos	Locais			
	Sertânia		São Bento do Una	
	2015	2017	2015	2017
Clone 6	95,43 Ab	86,21 Aa	90,13 Ab	93,44 Aa
Clone 7	111,29 Aa	80,51 Ba	111,25 Aa	81,02 Bb
Clone 13	139,72 Aa†	95,11 Ba	106,81 Aa†	98,85 Aa
Clone 21	127,00 Aa†	91,34 Ba	100,10 Aa†	101,03 Aa
F21	77,91 Ab	78,79 Aa	83,19 Ab	62,40 Bb
IPA Sertânia	103,35 Ab	84,85 Aa	92,29 Ab	87,26 Aa
Miúda	122,97 Aa	87,75 Ba	105,83 Aa	98,69 Aa
OEM	87,33 Ab	79,13 Aa	85,32 Ab	87,07 Aa
F8	88,13 Ab	78,59 Aa	75,63 Ab	67,79 Ab
Clone IPA 20	93,30 Ab†	51,98 Bb	69,09 Ab†	70,92 Ab

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, para cada local, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na linha indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita ( $P \leq 0,05$ ).

O teor de matéria seca também pode variar com a parte colhida da planta. Destaca-se que nas colheitas foram preservados os cladódios primários, normalmente mais lignificados e fibrosos. E nesse caso, nas análises, não houve a participação da ordem primária nos resultados.

A palma forrageira é uma cultura que apresenta altos níveis de umidade e baixo percentual de matéria seca. Isso faz com que a palma também funcione como fonte de água para os animais. Tal resultado já foi reportado por vários trabalhos (Terblanche et al., 1971; Gebremariam et al., 2006; Costa et al., 2009).

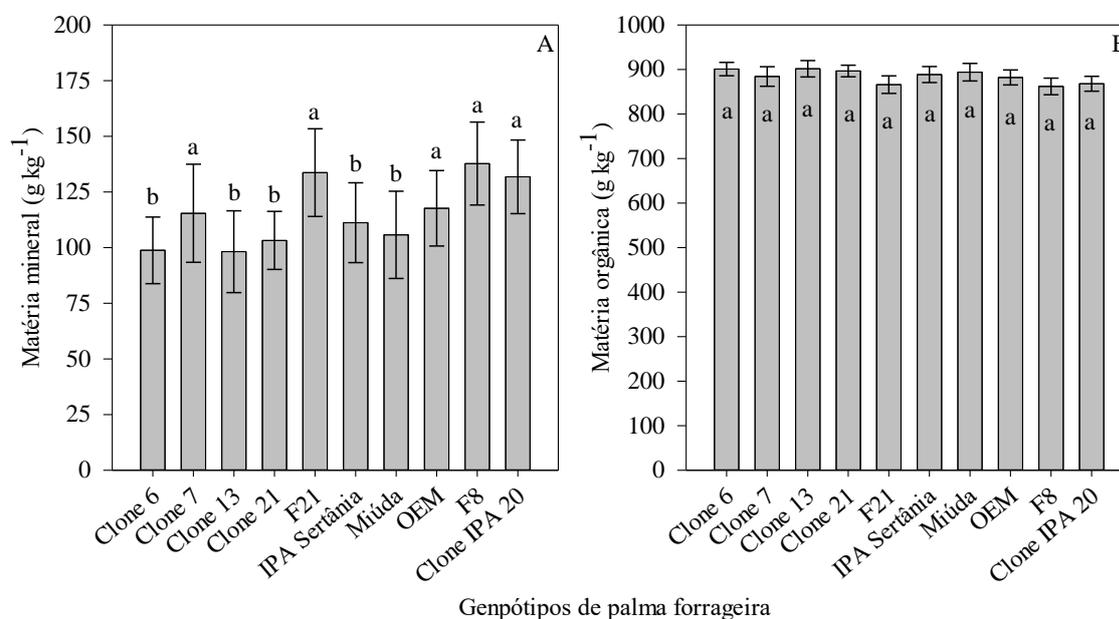
O teor de matéria mineral variou conforme as colheitas e os genótipos de palma forrageira, porém não diferiu entre locais (Tabela 22; Figura 9A). A matéria orgânica também apresentou efeito entre colheitas, certamente devido aos teores de matéria mineral, que influencia inversamente os teores de matéria orgânica (Tabela 22). Em contrapartida, a matéria orgânica não diferiu entre os locais e clones (Tabela 22).

**Tabela 22.** Matéria mineral e matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira cultivada em Sertânia e São Bento do Una e de acordo com os anos de colheita

	Matéria mineral	Matéria orgânica
Sertânia	114,65 a	868,68 a
São Bento do Una	113,86 a	886,14 a
2015	101,81 B	898,19 A
2017	126,70 A	856,63 B

Em cada variável, médias seguidas por letras distintas para cada fator diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Os clones 7, F21, Orelha de elefante mexicana, F8 e IPA 20 se destacaram quanto ao teor de matéria mineral (Figura 9A). Em relação à matéria orgânica, o teor médio foi de  $877,41 \pm 86,28 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 9B). Wanderley et al. (2002) também verificaram altos níveis de matéria orgânica (93,41%) da palma forrageira cv. gigante. Já a palma Miúda apresentou teores de matéria seca, matéria mineral e orgânica de 10,28; 12,62 e 87,38%, respectivamente (Torres et al., 2009). Donato et al. (2014b) encontraram  $141 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria mineral, também no clone gigante.



**Figura 9.** Matéria mineral ( $\text{g kg}^{-1}$ ) (A) e orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) (B) em genótipos de palma forrageira. Letras iguais não refletem diferença significativa entre os clones de palma forrageira pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). As barras verticais são o intervalo de confiança para a média ( $\alpha=0,05$ ).

Para a fibra em detergente neutro, houve efeito dos três fatores (Tabela 23). Já a fibra em detergente ácido foi influenciada pela interação local x colheita e genótipo x colheita (Tabela 24).

**Tabela 23.** Interação local x ano de colheita x genótipos no teor de fibra em detergente neutro (FDN) ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira

Genótipos	Sertânia		São Bento do Una	
	2015	2017	2015	2017
Clone 6	275,66 Aa	294,34 Ab	304,20 Aa	322,03 Aa
Clone 7	276,88 Aa	350,18 Aa	302,60 Aa	361,43 Aa
Clone 13	321,24 Aa	351,88 Aa	369,43 Aa	359,74 Aa
Clone 21	222,93 Ba†	388,13 Aa	393,92 Aa†	338,44 Aa
F21	223,49 Ba†	337,25 Aa	369,17 Aa†	328,83 Aa
IPA Sertânia	190,47 Ba†	447,63 Aa‡	402,83 Aa†	323,92 Aa‡
Miúda	245,36 Ba	391,94 Aa	310,61 Aa	393,67 Aa
OEM	247,11 Aa	311,63 Ab	327,38 Aa	356,84 Aa
F8	287,11 Aa	292,19 Ab	340,96 Aa	305,53 Aa
Clone IPA 20	284,95 Aa†	172,80 Bc‡	393,15 Aa†	327,89 Aa‡

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, para cada local, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. † e ‡ na linha indicam diferença significativa entre locais para o mesmo ano de colheita ( $P \leq 0,05$ ).

O FDN encontrado foi, de modo geral, superior aos valores relatados por Ferreira et al. (2009), os quais mencionaram teores de FDN em torno de 27 e de FDA, 19%, para a palma forrageira. No entanto, ressalta-se que os resultados apresentados por Ferreira et al. (2009) foram dados gerais dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*.

Para Wanderley et al. (2002), quando da utilização da palma como principal ingrediente nas dietas, devem ser considerados os teores de FDN, por ser o componente que mais se aproxima dos valores do conteúdo da parede celular das forrageiras, ou seja, os constituintes de baixa degradação da dieta (Mertens, 1997). De modo geral, nas plantas cultivadas em São Bento do Una foram observados maiores teores de FDN (Tabela 23). O maior acúmulo de forragem nesse ambiente (Tabela 17) pode ter contribuído com esse resultado.

**Tabela 24.** Interação local x ano de colheita e local x genótipos no teor de fibra em detergente ácido (FDA) ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da palma forrageira

Locais	Colheitas	
	2015	2017
Sertânia	144,13 Bb	178,77 Aa
São Bento do Una	166,76 Aa	148,07 Bb
Genótipos	Sertânia	São Bento do Una
Clone 6	176,59 Aa	174,25 Aa
Clone 7	174,18 Aa	129,85 Bb
Clone 13	171,62 Aa	147,82 Ab
Clone 21	169,52 Aa	161,90 Ab
F21	167,97 Aa	159,97 Ab
IPA Sertânia	175,85 Aa	206,59 Aa
Miúda	152,80 Ab	136,00 Ab
OEM	148,97 Ab	147,25 Ab
F8	144,43 Ab	128,10 Ab
Clone IPA 20	132,58 Bb	182,38 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Houve pouca diferenciação entre os clones avaliados, em ambos os locais, quanto à FDN. Contudo, em Sertânia, os clones 21, F21, IPA Sertânia e Miúda apresentaram incremento significativo nos teores de FDN na segunda colheita, ao contrário do clone IPA 20, que diminuiu os teores de fibra (Tabela 23). Os baixos teores de FDN observados na palma forrageira requerem a adição de outras fontes de volumosos, como palhadas, fenos, silagens, visando regular os teores de fibra consumidos pelos animais.

Em trabalho realizado por Costa et al. (2016) foram encontrados teores de  $201 \text{ g kg}^{-1}$  para o FDN e  $132 \text{ g kg}^{-1}$  de FDA na palma Miúda, valores inferiores aos encontrados neste trabalho para essa cultivar (Tabelas 23 e 24). Não há detalhes das características da planta no trabalho de Costa et al. (2016), porém essa variação pode se dar devido diferenças na idade das plantas, época de colheita ou ordem dos cladódios. De maneira geral, quanto mais jovem a planta ou quanto maior a ordem dos cladódios, menores são os teores de fibra.

O teor de FDA foi variável entre ambientes e colheitas (Tabela 24). Na primeira colheita, as plantas cultivadas em São Bento do Una apresentaram FDA em torno de 14% a mais que em Sertânia. Já na segunda colheita, Sertânia proporcionou 17% a mais de FDA, em relação a São Bento do Una.

Os clones do gênero *Nopalea*, de modo geral, apresentaram maior teor de FDA, principalmente em Sertânia (Tabela 24). Em São Bento do Una, o clone 6 (174), IPA Sertânia (207) e o IPA 20 (182 g kg<sup>-1</sup>) apresentaram maior FDA. Comparando-se os ambientes, apenas os clones 7 e IPA 20 exibiram comportamento diferente entre os locais. Rodriguez-Felix & Cantwell (1988) também observaram que plantas da espécie *O. ficus-indica* apresentaram menor FDA (~13,35%). Os autores concluíram ainda que os valores de FDA diminuíram com o desenvolvimento dos cladódios, resultado atribuído ao aumento da proporção de parênquima de armazenamento de água em relação aos tecidos de parênquima fotossintético.

Se por um lado a palma forrageira apresenta baixos teores de matéria seca e fibras, por outro apresenta alta digestibilidade da matéria orgânica (Tabela 25). A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi maior em São Bento do Una, na primeira colheita, provavelmente devido ao menor teor matéria seca (88,40 g kg<sup>-1</sup>) observado nesse ambiente na mesma colheita em relação à Sertânia (93,03 g kg<sup>-1</sup>). Na segunda colheita não houve efeito dos ambientes de cultivo para a DIVMO (Tabela 25).

Entre os clones de palma forrageira, o IPA 20 apresentou digestibilidade inferior (709 g kg<sup>-1</sup>) aos demais na segunda colheita. Ainda assim, na segunda colheita, a DIVMO foi maior (868,93 g kg<sup>-1</sup>) que na primeira (833,25 g kg<sup>-1</sup>). Os principais clones a contribuírem com esse resultado foram o clone 6 (892,54), clone 13 (863,57) e a Miúda (906,66 g kg<sup>-1</sup> de DIVMO). Guevara et al. (2004) também encontraram elevada digestibilidade da matéria orgânica na palma forrageira, com uma variação de 695 a 821 g kg<sup>-1</sup>. Essa variação se deveu às diferentes idades dos clones avaliados pelos autores, de modo que cladódios mais jovens apresentaram maior digestibilidade.

**Tabela 25.** Interação local x ano de colheita e genótipos x ano de colheita na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) (g kg<sup>-1</sup>) da palma forrageira

Locais	Colheitas	
	2015	2017
Sertânia	801,38 Bb	871,34 Aa
São Bento do Una	865,13 Aa	866,53 Aa
Genótipos	2015	2017
Clone 6	778,17 Ba	892,54 Aa
Clone 7	845,99 Aa	866,37 Aa
Clone 13	784,93 Ba	893,57 Aa
Clone 21	804,80 Aa	891,14 Aa
F21	875,11 Aa	878,95 Aa
IPA Sertânia	852,92 Aa	920,69 Aa
Miúda	776,99 Ba	906,66 Aa
OEM	877,84 Aa	847,73 Aa
F8	902,01 Aa	882,34 Aa
Clone IPA 20	833,77 Aa	709,36 Bb

Em cada interação, médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Nas características morfológicas, produtivas e qualitativas estudadas, muitas vezes os clones 6, 7, 13 e 21 se mostraram superiores ao seu genitor, o clone F21. Como os quatro clones foram obtidos por cultura de tecido, esse comportamento pode estar ligado à variação somaclonal que pode ocorrer nos sistemas de cultura *in vitro* (Pérez-Molphe-Balch et al., 2015). Segundo os autores, a variação somaclonal é considerada indesejável quando se pretende manter as características originais das plantas. No entanto, pode ser usada para gerar novas variedades e ampliar a base genética das cactáceas (Adriana et al., 2010; Pérez-Molphe-Balch et al., 2015).

Em adição, os novos materiais apresentaram características que não diferiram de variedade já cultivadas. Assim, clones tradicionais podem ser mantidos e também utilizados nos programas de melhoramento da espécie.

## CONCLUSÕES

Os clones de palma forrageira IPA-100421 "Sel. 21-6", IPA-100418 "Sel. 21-7", IPA-100419 "Sel. 21-13", IPA-100420 "Sel. 21-21", e F21, pertencentes ao gênero *Nopalea*, e a Orelha de elefante mexicana (*Opuntia*) apresentam maior potencial produtivo no Agreste e Sertão do estado de Pernambuco.

De modo geral, as medidas biométricas das plantas foram menores na segunda colheita, sendo que o comprimento e a largura dos cladódios pareceram ser menos afetados entre uma colheita e outra; O rendimento de massa seca dos clones de palma forrageira também diminuiu no quarto ano de cultivo;

O município de São Bento do Una apresenta condições climáticas menos limitantes ao cultivo dos clones de palma forrageira avaliados. Além disso, não houve correlação significativa entre as variáveis meteorológicas e os níveis de infestação pelas cochonilhas não no período estudado.

Os clones 13 e 21 mostraram maior potencial para uso em locais onde ocorrem ambas as cochonilhas. Em contrapartida, os clones F8, F21 e clone IPA 20 não são recomendáveis por serem atacados por ambos os insetos.

Em São Bento do Una há maior infestação pela cochonilha de escama que a do carmim, e o inverso ocorre em Sertânia.

Os clones Orelha de elefante mexicana, IPA Sertânia e a palma Miúda são recomendados nos casos em que se deseja controlar a cochonilha do carmim.

O valor nutritivo dos clones de palma forrageira foi menos afetado entre as colheitas que as variáveis morfológicas e produtivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANA, R. G.; MANGOLIN, C. A.; SILVA, M. M. F. P. Somaclonal variation in *Cereus peruvianus* Mill. (Cactaceae): its potential to generate new varieties and broaden the species's genetic basis. **Journal of Basic & Applied Genetics**, v.21, n.1, p.33-42, 2010. <http://www.scielo.org.ar/pdf/bag/v21n1/v21n1a04.pdf>

ALVES, R. N.; FARIAS, I.; MENEZES, R. S. C.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de cortes e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v.20, n.4, p.38-44, 2007. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/38/pdf>

ANKOM TECHNOLOGY. Analytical methods, Acid Detergent Fiber Method (A200). Method 5. Disponível em: <[https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method\\_5\\_ADF\\_A200.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_5_ADF_A200.pdf)>, acesso em: 09 fev. 2018c.

ANKOM TECHNOLOGY. Analytical methods, Ashing Procedure. Service Procedure 034. Disponível em: <[https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/AS034\\_Ashing\\_Procedure.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/AS034_Ashing_Procedure.pdf)>, acesso em: 09 fev. 2018a.

ANKOM TECHNOLOGY. Analytical methods, Neutral Detergent Fiber Method (A200). Method 6. Disponível em: <[https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method\\_6\\_NDF\\_A200.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_6_NDF_A200.pdf)>, acesso em: 09 fev. 2018b.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Meteorologia, histórico pluviométrico. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>, acesso em: 09 jan. 2017.

BORGES, L. R.; SANTOS, D. C.; FALCÃO, H. M.; SILVA, D. M. P.; CAVALCANTI, V. A. L. B.; GOMES, E. W. F. Selection of cactus pear clones regarding resistance to carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Dactylopiidae). **Acta Horticulturae**, v.995, p.359-366, 2013. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.47>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

CARLESSO, R.; ROSA, G. M.; PETRY, M. T.; SPOHR, R. B. Estimativa do consumo de água das culturas. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; HELDWEIN, A. B. (Orgs.). **Usos e benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura**. Santa Maria, Ed. da UFSM, 2007. p.77-99.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.4, p.424-433, 2014. <http://www.redalyc.org/html/2530/253032707010/>

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>

CORTAZAR, V. G.; ACEVEDO, E.; NOBEL, P. S. Modeling of PAR interception and productivity by *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.34, n.2-3, p.145-162, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(85\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0168-1923(85)90015-2)

COSTA, C. T. F.; FERREIRA, M. A.; CAMPOS, J. M. S.; GUIM, A.; SILVA, J. L.; SIQUEIRA, M. C. B.; BARROS, L. J. A.; SIQUEIRA, T. D. Q. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbred steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. **Livestock Science**, v.188, p.55-60, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.008>

COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; MEDEIROS, A. N.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MELO, A. A. S. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v.82, p.62-65, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.01.004>

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

CRUZ, C. D.; CARNEIRO P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, v.2. 3.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014. 668p.

CUNHA, D. N. F.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, R. C.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p.1156-1165, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402012000400005>

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.151-158, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i1a3252>

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, 2014b. [https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2762/pdf\\_99](https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2762/pdf_99)

DOUGHERTY, R. L.; LAUENROTH, W. K.; SINGH, J. S. Response of a grassland cactus to frequency and size of rainfall events in a North American shortgrass steppe. **Journal of Ecology**, v.84, n.2, p.177-183, 1996. <http://www.jstor.org/stable/2261353>

DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G.; FANCELLI, A. L.; FRIZZONE, J. A.; REICHARDT, K. Balance hídrico ciclico y secuencial: estimación de almacenamiento de agua en el suelo. **Scientia Agricola**, v.56, n.3, p.537-546, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000300005>

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D. C. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet Newsletter**, n.13, p.29-40, 2013. Disponível em: <<http://www.cactusnetwork.org/newsletter/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA, E. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.67, n.3, p.357-372, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.015>

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FALSTER, D. S.; WESTOBY, M. Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? **New Phytologist**, v.158, n.3, p.509-525, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00765.x>

FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300032>

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R.P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. – Piracicaba: FEALQ, v.10, 2002. 920p.

GEBREMARIAM, T.; MELAKU, S.; YAMI, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.42-51, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.02.003>

GRIFFITHS, H.; MALES, J. Succulent plants. **Current Biology**, v.27, n.17, p.R853-R909, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.021>

GUEVARA, J. C.; COLOMER, J. H. S.; ESTEVEZ, O. R. Nutrient content of *Opuntia* forage clones in the Mendoza plain, Argentina. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.6, p.62-77, 2004. <http://www.jpacd.org/?modulo=JS&ID=7>

LIMA, G. F. C.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p.481-488, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n226rc>

LIMA, N. C. **Avaliação de unidades demonstrativas de palma forrageira (*Nopalea e Opuntia*) no estado de Pernambuco**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/handle/tede2/6849>

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma em propriedades rurais. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.129-141.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)

MOORE, J. E.; MOTT, G. O. Recovery of residual organic matter from in vitro digestion of forages. **Journal of Dairy Science**, v.57, n.10, p.258-1259, 1974. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)85048-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)85048-4)

NOBEL, P. S. **Desert wisdom/agaves and cacti: CO<sub>2</sub>, water, climate change**. New York, NY, iUniverse, 2010. 182p.

NOBEL, P. S. High productivity of certain agronomic CAM species. In: WINTER, K.; SMITH, J. A. C. (Eds.). **Crassulacean Acid Metabolism: biochemistry, ecophysiology and evolution**. Ecological Studies, v.114. Springer-Verlag, Berlin, 1996. p.255-265.

NOBEL, P. S. **Remarkable agaves and cacti**. New York, Oxford. Oxford University press, 1994. 166p.

NOBEL, P. S.; BOBICH, E. G. Environmental biology. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2002. p.57-74.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

PAIXÃO, S. L. **Avaliação morfológica de clones e progênies de palma forrageira.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Tese (doutorado), 2012. 70p. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/6917>>, acesso em 02 jan. 2018.

PAIXÃO, S. L.; LIRA, M. A.; MELO, A. C. L.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, I.; CAVALCANTE, M. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira no município de São Bento do Una. **Revista Científica de Produção Animal**, v.13, n.1, p.28-32, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v13n1p28-32>

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.184-195, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n321rc>

PÉREZ-MOLPHE-BALCH, E.; SANTOS-DÍAZ, M. S.; RAMÍREZ-MALAGÓN, R.; OCHOA-ALEJO, N. Tissue culture of ornamental cacti. **Scientia Agricola**, v.72, n.6, p.540-561, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0012>

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos.** v.11. Piracicaba: FEALQ, 2002. 390p.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.12, p.939-947, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200004>

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931-938, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p931-938>

RAMÍREZ-TOBIÁS, H. M.; LÓPEZ-PALACIOS, C.; AGUIRRE-RIVERA, J. R.; REYES-AGÜERO, J. A. Hydroponic cactus pear production, productivity and quality of nopalito and

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

fodder. In: ASAO, T. (Ed.). **Hydroponics – a standard methodology for plant biological researches**. 1.ed. InTech, Croatia, p.199-224. 2012. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/hydroponics-a-standard-methodology-for-plant-biological-researches>>, acesso em: 01 fev. 2018.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.41-48, 2011. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1602/4743>

REGO, M. M. T.; LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; GUEDES, F. X.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B. Morfologia e rendimento de biomassa da palma Miúda irrigada sob doses de adubação orgânica e intensidades de corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v16n2p118-130>

ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C. A. T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.255, p.365-373, 2017. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49553112007>

RODRIGUEZ-FELIX, A.; CANTWELL, M. Developmental changes in the composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). **Plant Foods for Human Nutrition**, v.38, p.83-93, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01092314>

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, A. P. F.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimataú paraibano. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.1, p.19-24, 2013. <http://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-07-2013/volume-7-numero-1-marco-2013/tca7104.pdf>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V.; ANDRADE, A. P. Adaptación de cultivares de nopal forrajero al semiárido estado de Paraíba, Brasil. **Agronomía Mesoamericana**, v.27, n.1, p.151-157, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i1.21894>

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA, **Documentos**, 30).

SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; FARIAS, I.; COSTA, A.F.; PEREIRA, V.L.A.; DUBEUX JR., J. C. B. Características agronômicas de clones de palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. In: Congresso Nordestino de Produção Animal, 5, 2008, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SNPA, 2008. p.1-4.

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A. F. S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.233, p.16-24, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.026>

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; BUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15528/2166>

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR; FERREIRA, M. A.; CUNHA, M. V. Palma forrageira. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Eds.). **Plantas forrageiras**. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p.459-493.

SAS Institute. **The SAS system for Windows**. Release 9.4. SAS Inst., Cary, NC, 2013.

SCALISI, A.; MORANDI, B.; INGLESE, P.; LO BIANCO, R. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**, v.122, p.158-167, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.10.003>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SCHEINVAR, L. Taxonomy of utilized *Opuntias*. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: FAO, 1995. p.20-27 (FAO. Plant Production and Protection, 132).

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131305>

SILVA, M. G. S.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ASSIS, L. C. S. L. C.; MOTA, D. L.; SILVA, L. L. S.; SANTOS, M. V. F.; SANTOS, D. C. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.718-722, 2010b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.11.003>

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100011>

SILVA, S. Q. **Avaliação do controle biológico da cochonilha de escamas da palma forrageira**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1991. 58f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1991.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v.28, n.2, p.10-18, 2015. [https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3630/pdf\\_241](https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3630/pdf_241)

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; SILVA, S. M. S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v.73, n.2, p.184-191, 2014a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.017>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO, G. G. L.; MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B. Agrometeorological research on forage cactus and its advances in Brazil. **Amazonian Journal of Plant Research**, v.2, p.45-68, 2017. DOI: <https://doi.org/10.26545/b00006x>

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.1-9, 2007.

SNYMAN, H. A. Root distribution with changes in distance and depth of two-year-old cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* plants. **South African Journal of Botany**, v.72, n.3, p.434-441, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2005.12.008>

SOUZA, T. C.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; CUNHA, M. V.; LIMA, L. E.; SILVA, R. R. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.4, p.555-560, 2017. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119054185025>

SZAREK, S. R.; TING, I. P. Photosynthetic efficiency of cam plants in relation to C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants. In: MARCELLE, R. (Ed.). **Environmental and biological control of photosynthesis**. Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague, 1975. p.289-297.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. – 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TERBLANCHE, I. L.; MULDER, A. M.; ROSSOUW, J. W. The influence of moisture content on the dry matter intake and digestibility of spineless cactus. **Agroanimalia: Animal Sciences**, v.3, n.2, p.73-77, 1971.

TORRES, L. C. L.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; VILELA, M. S.; GUIMARÃES, A. V.; SILVA, E. C. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001100028>

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

UGA, Y.; KITOMI, Y.; ISHIKAWA, S.; YANO, M. Genetic improvement for root growth angle to enhance crop production. **Breeding Science**, v.65, p.111-119, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.65.111>

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VASCONCELOS, A. G. V. **Resistência à cochonilha do carmim em clones de palma forrageira**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 70p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000500007>

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000100030>

**CAPÍTULO 3:**  
**VARIABILIDADE E PARÂMETROS GENÉTICOS DE CLONES DE PALMA**  
**FORRAGEIRA NO AGRESTE E SERTÃO DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

## RESUMO

A palma forrageira desempenha um importante papel na alimentação animal no semiárido nordestino. Contudo, algumas variedades já são cultivadas há um longo período de tempo, o que torná-las vulneráveis às pragas e doenças devido à baixa variabilidade genética. Objetivou-se avaliar a dissimilaridade genética entre clones de palma forrageira, estimar parâmetros genéticos a importância relativa de variáveis morfológicas, produtivas e qualitativas dos clones cultivados no Agreste e Sertão de Pernambuco. Foram avaliados os seguintes clones: IPA-20, F8, F21, Miúda, IPA-Sertânia, Orelha de elefante mexicana, IPA-100421 "Sel. 21-6", IPA-100418 "Sel. 21-7", IPA-100419 "Sel. 21-13" e IPA-100420 "Sel. 21-21". Os genótipos de palma foram casualizados em blocos, com três repetições, e foram realizadas duas colheitas bienais, preservando-se os cladódios primários. Foram avaliados 23 caracteres nos dez genótipos de palma: altura de planta; largura de planta; número total de cladódios; número de cladódios da primeira à sexta ordem; comprimento, largura e espessura dos cladódios; índice de área de cladódio; interceptação luminosa; produção de forragem (massa seca); estande de plantas (percentual de plantas vivas); eficiência no uso da água; matéria seca; matéria mineral; matéria orgânica; digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica; fibra em detergente neutro e em detergente ácido. Os dados foram submetidos análise de variância conjunta e multivariada. Como medida de dissimilaridade entre os genótipos, foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). A matriz  $D^2$  foi utilizada para estimativa da importância relativa das variáveis e a divergência genética entre os clones foi avaliada através das técnicas de agrupamento pelo método de otimização de Tocher e pelo método UPGMA. Verificou-se que existe variabilidade genética entre os genótipos de palma forrageira avaliados. Com exceção do teor de matéria seca, as demais características bromatológicas apresentam, de modo geral, menor herdabilidade no sentido amplo. O clone orelha de elefante mexicana foi o mais divergente geneticamente e os caracteres largura de cladódio, número total de cladódios, teor de matéria seca, produção de forragem e número de cladódios de quinta e terceira ordem foram os que mais contribuíram para a divergência genética encontrada.

Palavras-chave: análise multivariada, dissimilaridade, divergência genética, *Nopalea*, *Opuntia*, produção de forragem, semiárido.

## ABSTRACT

Forage cactus plays an important role in animal feeding in the northeastern semi-arid region. However, some varieties have been grown for a long period of time, making them vulnerable to pests and diseases due to low genetic variability. The objective of this study was to evaluate genetic dissimilarity among forage cactus clones, to estimate the relative importance of morphological, productive and qualitative variables of clones grown in Agreste and Sertão of Pernambuco. A total of 10 clones were evaluated: IPA-20 clone, F8, F21, Miúda, IPA-Sertânia, Orelha de elefante mexicana, IPA-100421 Sel. 21-6, IPA-100418 Sel. 21-7, IPA-100419 Sel. 21-13 and IPA-100420 Sel. 21-21. The forage cactus genotypes were randomized in blocks with three replicates, and two biennial harvests were done preserving the primary cladodes. Twenty-three characters were evaluated in the ten forage cactus genotypes: plant height; plant width; total number of cladodes; number of cladodes from the first to the sixth order; length, width and cladodes thickness; cladode area index; light interception; forage production (dry mass); plant stand (percentage of live plants); water use efficiency; dry matter; mineral matter; organic matter; in vitro organic matter digestibility; neutral detergent fiber and acid detergent fiber. Data were submitted to joint analysis of variance and multivariate analysis. As a measure of dissimilarity among the genotypes, was used the generalized Mahalanobis distance ( $D^2$ ). The  $D^2$  matrix was used to estimate the relative importance of variables and the genetic divergence among the clones was evaluated using the Tocher and UPGMA clustering methods. It was verified that there is genetic variability among evaluated genotypes of forage cactus. With the exception of the dry matter content, the other bromatological characteristics present, in general, lower broad-sense heritability. The Orelha de elefante mexicana clone was the most genetically divergent and the cladode width, total cladodes, dry matter content, forage yield and number of fifth and third order cladodes were the variables that contributed to the most of genetic divergence found.

Keywords: multivariate analysis, dissimilarity, genetic divergence, *Nopalea*, *Opuntia*, forage production, semiarid.

## INTRODUÇÃO

A palma forrageira é uma cultura que desempenha um importante papel socioeconômico no Nordeste brasileiro há muitos anos, tendo demonstrado sua grande versatilidade para a produção de ruminantes nessa região. No Nordeste do Brasil, desde pelo menos a década de 1930 a palma já era utilizada na alimentação animal (Duque, 2004).

A cactácea é especialmente importante nos períodos de estiagem, embora não se deva tratar a palma somente como uma cultura estratégica, isto é, de uso apenas nas épocas de seca, mas também com uma cultura com potencial de ser a base da alimentação dos rebanhos (Lira et al., 2006; Almeida, 2012).

No final da década de 1980 o Instituto Agrônomo de Pernambuco, em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco, iniciou um programa de melhoramento da palma forrageira, com ações voltadas principalmente à diversificação da base genética, com a introdução e geração de novos genótipos, além de pesquisas para obtenção de clones resistentes à cochonilha do carmim (Santos et al., 2010).

Em um programa de melhoramento, é necessária a caracterização das plantas, por exemplo, quanto a morfologia e produção de forragem, visando ampliar o conhecimento da diversidade genética disponível e dos clones mais promissores. De acordo com Las Casas et al. (2017), a análise morfológica permite identificar variedades de acordo com as características agrônomicas mais importantes, como o tamanho do cladódio. Em outro trabalho, Neder et al. (2013) verificaram que o número e a largura dos cladódios apresentaram efeito direto sobre o rendimento de massa seca, podendo ser utilizados como critério de seleção. Já a porcentagem de matéria seca não se correlacionou significativamente com o rendimento de massa seca, indicando um controle genético independente.

Neste contexto, a identificação das variabilidades fenotípica e genotípica dos caracteres de uma população, além de estudos de diversidade genética entre variedades, permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para seleção (Ramalho et al., 2012). Nota-se, por outro lado, que estudos dessa natureza ainda são escassos no Nordeste. Santos et al. (1994) estimaram os parâmetros genéticos em clones de palma forrageira e observaram que, para os caracteres quantitativos, a herdabilidade no sentido amplo variou de 80,2 para o índice de área de cladódio a 91,2 para a produção de massa seca. Paixão et al. (2011), por sua vez, estimaram parâmetros genéticos para caracteres morfológicos em oito clones de palma e verificaram maior variância genotípica para o comprimento (40,56) e largura (27,34) de cladódio.

Outra ferramenta útil no melhoramento de plantas é a estatística multivariada (Peña-Valdivia et al., 2008). As técnicas multivariadas permitem que a seleção seja praticada a partir de um conjunto de variáveis, isto é, pela combinação de múltiplas informações (Manly, 2008). Isso viabiliza a discriminação de genótipos mais promissores e a identificação de combinações híbridas de maior efeito heterótico (Cruz et al., 2014). Ferreira et al. (2003) utilizaram diferentes técnicas multivariadas na análise da divergência genética entre clones de palma forrageira e verificaram alta diversidade entre os clones, pela formação de nove grupos de dissimilaridade com base no agrupamento de Tocher a partir da distância generalizada de Mahalanobis.

Assim, as avaliações de divergência genética são importantes para a identificação de potenciais clones superiores, o que pode auxiliar na escolha dos cruzamentos com base nos materiais mais distantes geneticamente. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho caracterizar a dissimilaridade genética entre dez clones de palma forrageira, visando a seleção dos mais divergentes, por meio de análise multivariada; estimar os parâmetros genéticos para 23 caracteres relacionados à morfologia, produção e qualidade da forragem; e estimar a importância relativa das variáveis dos clones cultivados no Agreste e Sertão do estado de Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), nas estações experimentais de Sertânia e São Bento do Una (Tabela 1). Os campos experimentais foram implantados em julho de 2013 e avaliados até junho de 2017.

Em São Bento do Una, o solo foi classificado como Neossolo regolítico e em Sertânia, Neossolo litólico (EMBRAPA, 2013). Na implantação dos experimentos e em duas colheitas realizadas, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade para análises químicas (Tabela 2).

**Tabela 1.** Localização das áreas experimentais e características gerais locais

Características/locais	Sertânia	São Bento do Una
Localização geográfica dos experimentos	8°3'50,31"S 37°13'25,33"O	8°32'15,4"S 36°27'29,3"O
Mesorregião em Pernambuco	Sertão	Agreste
Clima (Köppen)	Semiárido BSh	Semiárido BSh
Altitude (m)	558	614
Temperatura média do ar (°C)	27,3	26,2
Chuva anual (mm)	593,37 <sup>†</sup>	643,91 <sup>‡</sup>
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,52	1,54
Classe textural do solo	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Areia (%)	76,00	70,50
Silte (%)	15,00	19,00
Argila (%)	9,00	10,50

Dados históricos de <sup>†</sup>1912 a 2017 e <sup>‡</sup>1920 a 2017 (APAC, 2017).

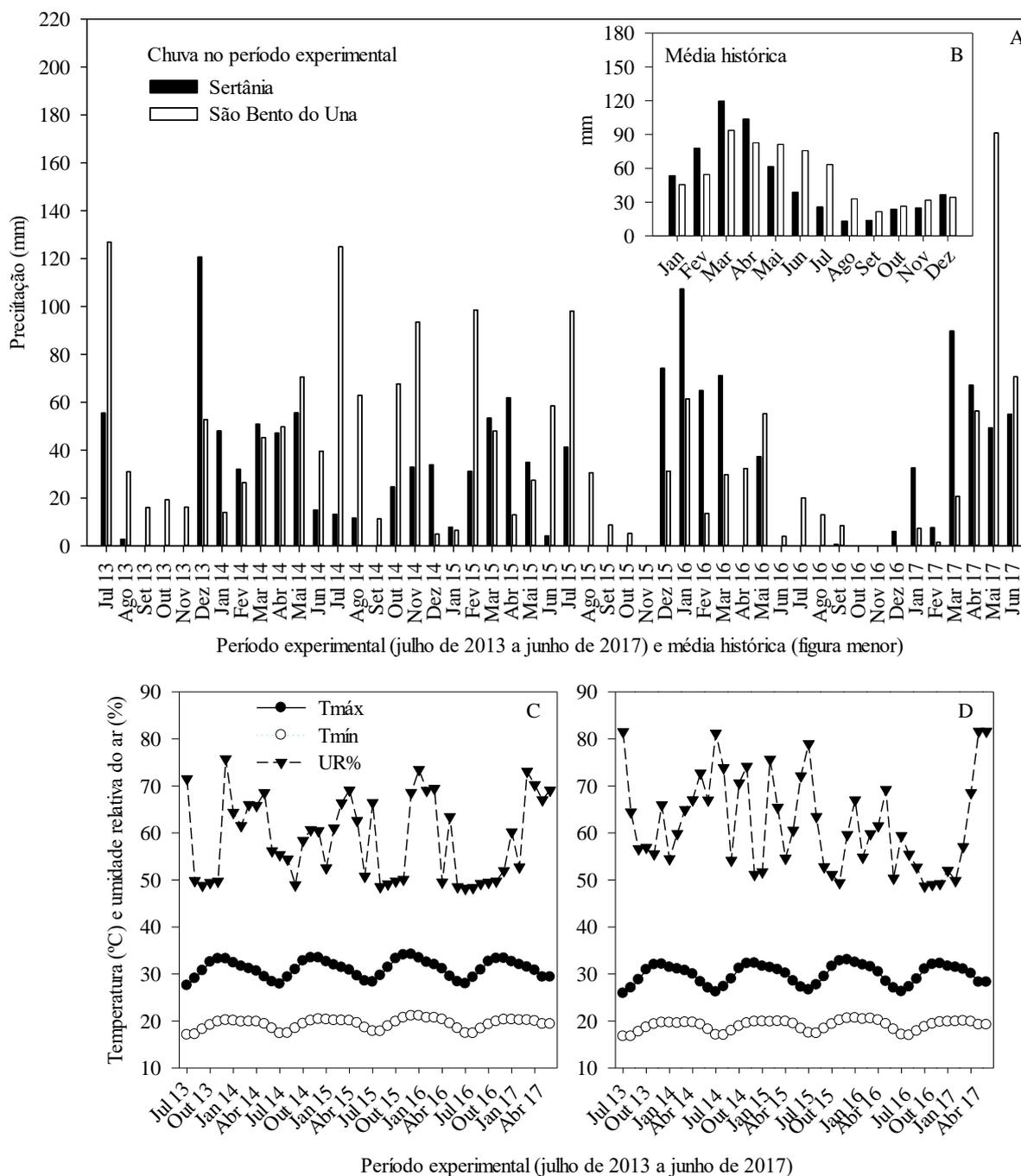
**Tabela 2.** Características químicas\* do solo na implantação dos experimentos (ano de 2013) e em cada colheita realizada

Locais	pH	P	K	Al	Ca	Mg
	-	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
2013						
Sertânia	6,40	28	0,31	0,00	7,90	0,90
São Bento do Una	6,00	40	0,45	0,00	6,40	1,55
2015						
Sertânia	7,10	16,00	0,17	0,00	9,90	1,50
São Bento do Una	5,70	74,00	0,19	0,05	6,25	0,90
2017						
Sertânia	6,40	34,00	0,20	0,00	8,00	1,40
São Bento do Una	5,50	31,00	0,16	0,15	3,40	2,00

\*P extraído com Mehlich-1; pH em água (1:2,5); Mg estimado quando Ca+Mg > 10,00 e Ca > 9,95. Cada valor corresponde ao resultado de uma subamostra resultante da mistura de nove amostras (três amostras por bloco).

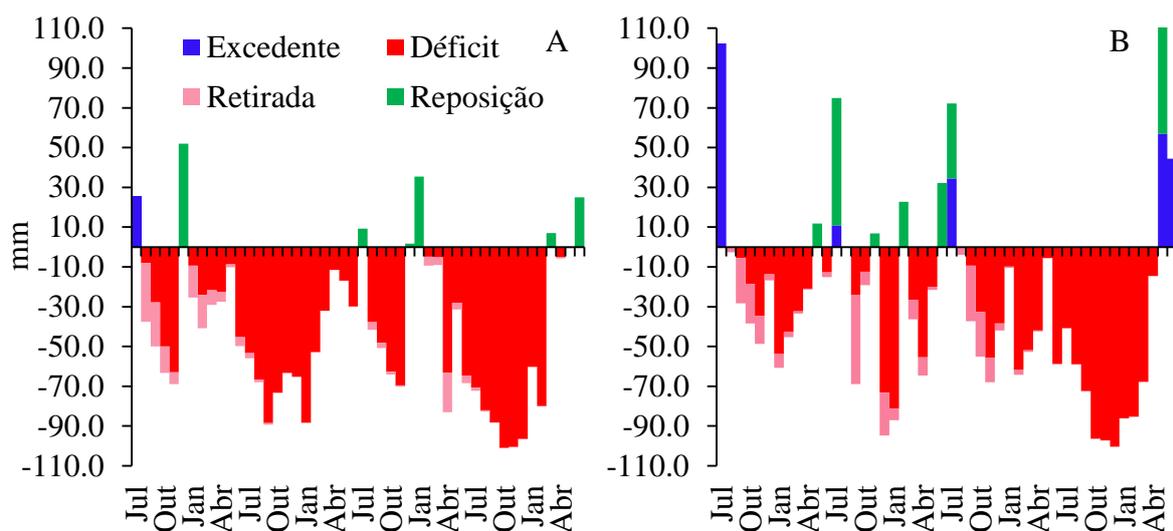
Sertânia e São Bento do Una não dispõem de estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia. Por isso foram utilizados métodos para obtenção de outras variáveis meteorológicas, além da precipitação pluviométrica (Figura 1A e 1B). Foram estimadas as temperaturas máxima e mínima do ar (Cavalcanti et al., 2006) e a umidade relativa do ar (Silva et al., 2007) (Figura 1C e 1D).

Após as estimativas das variáveis meteorológicas mencionadas, foi utilizada a planilha elaborada por Rolim et al. (1998) para realização do balanço hídrico sequencial para os locais de cultivo (Figura 2).



**Figura 1.** Precipitação mensal (A) e média histórica (B), temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar em Sertânia (C) e São Bento do Una (D). Média histórica da chuva: Sertânia (1912-2017) e São Bento do Una (1920-2017).

Fonte das informações de chuva: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) (2017).



**Figura 2.** Componentes do balanço hídrico sequencial para Sertânia (A) e São Bento do Una (B) ao longo do período experimental.

Foram avaliados 10 clones de palma forrageira, pertencentes aos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. Os clones foram provenientes do Programa de Melhoramento de palma forrageira do IPA/UFRPE, sendo que alguns já são cultivados na região e outros foram oriundos de pré-seleção realizada pelo IPA (Tabela 3).

**Tabela 3.** Clones de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE

Clone	Nome científico*	Origem/ Procedência
Orelha de elefante mexicana (OEM)	<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	IPA/UFRPE
Clone IPA-20 (C20)	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	IPA/UFRPE
F8	<i>Opuntia atropes</i> Rose	IPA
F21	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
Miúda (MD)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA/UFRPE
IPA – Sertânia (IS)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	IPA
IPA-100421 "Sel. 21-6" (clone 6)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
IPA-100418 "Sel. 21-7" (clone 7)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
IPA-100419 "Sel. 21-13" (clone 13)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA
IPA-100420 "Sel. 21-21" (clone 21)	<i>Nopalea</i> sp.	IPA

\*Adaptado de Santos et al. (2013).

Os clones 6, 7, 13 e 21 foram obtidos de uma pré-seleção realizada pelo IPA em 2010. Entre os tratamentos utilizados na época, em torno de 600 materiais genéticos, a maioria foi obtida via cultura de tecido do clone F-21. Com o tempo foram observadas diferenças morfológicas entre os clones, apesar de terem se originado do mesmo clone (F21). Houve então uma pré-seleção de 21 clones, obtidos via cultura de tecido do F-21, com base em produtividade e aspecto fitossanitário (menor incidência de pragas e doenças) e foi realizado um ensaio preliminar enumerando esses clones de 1 a 21, daí a origem dos números. No ensaio também foi incluído o clone F-21 para comparação. No banco de germoplasma do IPA, esses clones receberam a identificação de IPA-100421 "Sel. 21-6", IPA-100418 "Sel. 21-7", IPA-100419 "Sel. 21-13" e IPA-100420 "Sel. 21-21" (Tabela 3).

O estabelecimento dos clones foi realizado com o plantio de um cladódio por cova, na posição vertical. O espaçamento entre filas foi de 1,5 m e 0,4 m entre plantas (16.667 plantas ha<sup>-1</sup>). A parcela total foi composta por 10 plantas e foram avaliadas as oito plantas centrais na linha de plantio (Figura 3).



**Figura 3.** Croqui da competição dos clones de palma forrageira, em Sertânia e São Bento do Una - PE. A área destacada corresponde à parcela útil de cada tratamento.

Os clones de palma forrageira foram casualizados em blocos, com três repetições, em ambos os locais (Sertânia e São Bento do Una). Em Sertânia, o plantio foi realizado dia 25 de julho de 2013, a primeira colheita em 23 de maio de 2015 e a segunda em 05 de junho de 2017.

Em São Bento do Una, o plantio foi realizado dia 22 de julho de 2013, a primeira colheita em 30 de março de 2015 e a segunda colheita no dia 28 de maio de 2017. As colheitas foram realizadas preservando-se os cladódios primários das plantas.

Os experimentos foram realizados de modo a serem pouco intensivos, com emprego mínimo de tecnologia, aproximando-se, assim, da realidade de diversas propriedades rurais onde se observa o cultivo da palma forrageira (Lima, 2013). Desse modo, o solo foi preparado através de uma Gradagem simples e realizada uma adubação, em março de 2014, com esterco bovino, na proporção de 20 t de matéria orgânica/ha. Os experimentos foram avaliados por quatro anos e quando necessário foram feitas capinas mecânicas para eliminação de plantas invasoras e não houve irrigação.

Foram avaliados caracteres morfológicos, de produção e o valor nutritivo da forragem. As características morfológicas foram obtidas de duas plantas da parcela útil. Foram escolhidas plantas representativas da condição geral da parcela útil e contabilizado o número total de cladódios por planta e o número de cladódios por ordem em cada planta. Com fita métrica, foi mensurada a largura e o comprimento de todos os cladódios presentes nas duas plantas, enquanto as espessuras foram medidas com paquímetro digital aproximadamente no comprimento médio de cada cladódio. Foi medida a altura das plantas, da superfície do solo ao cladódio mais alto, e sua largura, considerando a maior distância entre uma extremidade e outra de cada planta.

Foram estimados também o índice de área de cladódio (IAC) e a interceptação luminosa (IL) com o uso do Ceptômetro AccuPAR LP-80 (METER Group, Inc. USA). Para isso, a haste do equipamento foi posicionada a partir da primeira planta da parcela útil, paralela à linha de plantio. Os dados de IAC foram multiplicados por dois, tendo em vista que essa variável corresponde à área total de ambos os lados de todos os cladódios por unidade de área do solo (Nobel & Bobich, 2002).

Para a produção de forragem, foram colhidas todas as plantas da parcela útil. Foram coletadas amostras de cada ordem dos cladódios, colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C e obtido o teor de massa seca, que multiplicado pela massa verde da forragem resultou na produtividade de massa seca, expressa em toneladas de massa seca por hectare por dois anos ( $t\ ha^{-1}\ 2\ anos^{-1}$ ). Foi contabilizado o número de plantas colhidas, que refletiu o estande plantas no momento da colheita, descrito em porcentagem de plantas vivas em relação ao estande no plantio. Em seguida, foi estimada a eficiência no uso da água (EUA), com base na evapotranspiração real (ETR) de cada local, conforme Silva et al. (2014a). A produção de

forragem foi dividida pela soma da ETR durante o tempo de crescimento da cultura, e a EUA foi expressa em kg de MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>.

O valor nutritivo da forragem foi avaliado a partir das amostras pré-secas a 55°C e processadas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm. Foram obtidas a matéria seca (MS), pela secagem definitiva da amostra a 105°C por 24 horas; a matéria mineral (MM) e orgânica (MO), sequenciais à análise de MS, em que as amostras foram incineradas em mufla a 600°C por seis horas (ANKOM TECHNOLOGY, 2018a); fibra em detergente neutro (FDN) (ANKOM TECHNOLOGY, 2018b) e fibra em detergente ácido (FDA) (ANKOM TECHNOLOGY, 2018c) com o analisador de fibras ANKOM A200, de acordo com o método de Van Soest et al. (1991); e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), conforme Moore & Mott (1974).

Para análise dos dados, inicialmente foi obtida uma média das duas colheitas realizadas (2015 e 2017) para todas as variáveis avaliadas. O número de cladódios de quarta, quinta e sexta ordem não atenderam à premissa de normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov;  $p \leq 0,05$ ) e foram transformados pela  $\sqrt{(X+1)}$ .

Os dados foram então submetidos à análise de variância univariada, para cada local. Após constatada a homogeneidade das variâncias através da razão entre o maior e menor quadrado médio do resíduo, que deve ser menor que 7 (Pimentel-Gomes & Garcia (2002), foi realizada a análise de variância conjunta.

As análises de variância individuais também foram utilizadas para obtenção de parâmetros genéticos e ambientais correspondentes às variáveis estudadas em cada um dos locais. Foi utilizada análise de variância multivariada para verificar possíveis diferenças entre os vetores de médias para os efeitos principais (genótipos e locais) e sua interação. Como medida de dissimilaridade entre os genótipos, foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). A matriz  $D^2$  foi utilizada para estimativa da importância relativa das variáveis, de acordo com o método de Singh (1981).

No estudo de divergência genética, foram empregadas as técnicas de agrupamento pelo método de otimização de Tocher e pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages*). O coeficiente de correlação cofenética, obtida pelo método UPGMA, foi utilizado como forma de avaliar a consistência do agrupamento, para que as conclusões sobre a similaridade entre os genótipos fossem mais confiáveis (Silva & Dias, 2013). Todas as análises foram realizadas com o programa GENES (Cruz, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo de pelo um dos fatores (genótipo e local) ou a interação destes ( $p \leq 0,05$ ), nas variáveis avaliadas, com exceção do teor de matéria orgânica, que não variou significativamente (Tabela 4). A existência de diferenças significativas associadas aos clones de palma, locais de cultivo e a interação clones x locais indicou variação no comportamento dos caracteres avaliados em função do ambiente de cultivo. Isso viabiliza a identificação de grupos genéticos de melhor desempenho para as variáveis avaliadas e, portanto, possibilita o melhoramento desses caracteres.

Os coeficientes de variação experimentais (CV) variaram de 6,25% para a matéria orgânica até 38,01% para a eficiência no uso da água (EUA) (Tabelas 4). As variáveis EUA e produção de forragem (PMS) apresentaram CVs acima de 30%, considerados muito altos por Pimentel-Gomes & Garcia (2002). No entanto, esse resultado é também devido à grande variabilidade na produção de forragem entre os genótipos de palma forrageira nos dois ambientes (Ver tabela 10).

A análise de variância multivariada referente aos caracteres avaliados também demonstrou diferenças significativas entre os vetores de médias para todos os fatores (genótipos e locais e genótipos x locais) (Tabela 5). Há, portanto, rejeição da hipótese de que os vetores de médias são iguais e outras técnicas multivariadas poderão ser utilizadas para avaliação de divergência genética encontrada.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância conjunta para variáveis resposta de 10 genótipos de palma forrageira cultivados no Agreste e Sertão do estado de Pernambuco

Variáveis	Quadrado médio					CV (%)
	Bloco	Genótipo (G)	Local (L)	G x L	Resíduo	
AP	97,72	729,72**	4231,42**	292,69*	102,43	11,06
LP	431,29	431,29*	431,29**	431,29*	395,85	18,03
NCT	49,93	1594,10**	4208,10**	588,80**	73,04	20,12
NC1	0,78	3,47**	0,29ns	5,34**	1,12	22,77
NC2	1,16	49,19**	23,58ns	72,24**	10,64	26,43
NC3	104,13	261,26**	909,17**	73,44**	15,23	24,64
NC4†	0,20	4,35**	12,85**	1,42**	0,24	17,16
NC5†	0,11	2,81**	2,57**	1,34**	0,33	27,39
NC6†	0,13	0,55**	0,18ns	0,34**	0,10	25,15
CC	4,32	77,09**	30,75ns	25,51**	8,18	11,42
LC	1,04	103,81**	5,41ns	7,14ns	3,51	13,39
EC	110,57	32,17*	44,14ns	30,14*	12,41	17,26
IAC	0,31	5,99**	76,93**	2,02ns	1,02	26,94
IL	52,22	731,52**	9777,48**	146,25ns	112,61	20,93
PMS	96,33	161,64**	2652,29**	34,96ns	24,36	33,95
PV	61,25	707,45**	510,42*	325,23**	103,79	11,95
EUA	157,25	273,66**	4132,24**	59,51ns	45,24	38,01
MS	8,82	1062,36**	321,55*	47,35ns	76,80	9,66
MM	1284,88	1128,29*	9,50ns	363,75ns	392,91	17,35
MO	3101,47	6026,05ns	4574,00ns	3645,66ns	3003,53	6,25
FDN	87,75	2162,99ns	38969,11**	1634,65ns	2002,93	13,94
FDA	1851,93	1517,19**	244,74ns	1078,88ns	514,42	14,23
DIVMO	8321,08	7071,15*	13031,04*	4473,38ns	3169,10	6,61

Significativo a \*5% e a \*\*1% de probabilidade pelo teste F; e ns, não significativo. AP: altura de planta (cm), LP: largura de planta (cm), NCT: número total de cladódios por planta e de primeira (NC1), segunda (NC2), terceira (NC3), quarta (NC4), quinta (NC5) e sexta (NC6) ordem, CC: comprimento de cladódio (cm), LC: largura de cladódio (cm); EC: espessura de cladódio (mm), IAC: índice de área de cladódio, IL: interceptação luminosa (%), PMS: produção de forragem (t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), PV: plantas vivas (%), EUA: eficiência no uso da água (kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), MS: matéria seca (g kg<sup>-1</sup>), MM: matéria mineral (g kg<sup>-1</sup>), MO: matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>), FDN: fibra em detergente neutro (g kg<sup>-1</sup>), FDA: fibra em detergente ácido (g kg<sup>-1</sup>), DIVMO: digestibilidade in vitro da matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>). †Dados transformados para  $\sqrt{(x+1)}$ .

**Tabela 5.** Análise de variância multivariada para 23 variáveis resposta avaliadas em 10 genótipos de palma forrageira cultivados em dois locais (Sertânia e São Bento do Una) no estado de Pernambuco

Fonte de variação	Teste estatístico	Valor	Valor de F	Valor p
Genótipo (G)	Pillai's Trace	6,1940	2,4950	<0,001
	Wilks' Lambda	0,0000	3,5860	<0,001
	Hotelling's Trace	62,9530	4,9330	<0,001
	Roy's Largest Root	29,0220	32,8080	<0,001
Local (L)	Pillai's Trace	0,9540	16,2730	<0,001
	Wilks' Lambda	0,0460	16,2730	<0,001
	Hotelling's Trace	20,7940	16,2730	<0,001
	Roy's Largest Root	20,7940	16,2730	<0,001
G x L	Pillai's Trace	4,9220	1,3650	0,011
	Wilks' Lambda	0,0000	1,5890	0,001
	Hotelling's Trace	23,2040	1,8180	<0,001
	Roy's Largest Root	9,7950	11,0730	<0,001

Os parâmetros genéticos e ambientais obtidos pela análise de variância individual para 23 variáveis em 10 genótipos de palma forrageira são apresentados na Tabela 6. As variâncias ambientais ( $V_e$ ), que por definição abrangem todas as variações de origem não genética, foram de maior magnitude para o teor de MM, MO, FDN, FDA e DIVMO. Em adição, o efeito ambiental foi mais acentuado em Sertânia para a variável altura de planta, e em São Bento do Una para a variável largura de planta. Esse resultado deve-se provavelmente às distintas condições ambientais nos locais de cultivo. São Bento do Una, por exemplo, é mais chuvoso que Sertânia (Tabela 1; Figura 1).

De fato, os fatores climáticos estão entre as principais causas de variações ambientais, as quais podem representar fontes de erro e, por isso, de redução da precisão em estudos genéticos. O pesquisador deve, portanto, procurar reduzi-las tanto quanto possível, por meio de um gerenciamento cuidadoso dos experimentos (Falconer, 1960). Paixão et al. (2011), em contrapartida, encontraram as maiores magnitudes de variância ambiental (2,04) para a variável comprimento de cladódio em oito genótipos de palma forrageira. Essas discrepâncias podem ocorrer em função dos genótipos estudados. No trabalho de Paixão et al. (2011), os únicos clones de palma em comum com este trabalho foram o clone IPA 20 e a cultivar Miúda.

Por outro lado, para os demais caracteres, a magnitude da variância genotípica ( $V_g$ ), de modo geral, foi superior à variância ambiental (Tabela 6). Esse resultado indicou que as variações fenotípicas ( $V_f$ ) observadas se devem mais às causas genéticas do que ambientais. Isso refletiu-se diretamente na herdabilidade ( $h^2$ ), definida por Burton et al. (2007), como a proporção da variância total atribuível aos componentes genéticos da variância em uma determinada população.

Pode-se verificar que, de maneira geral, a herdabilidade no sentido amplo ( $h^2\%$ ) dos caracteres MM, MO, FDN, FDA e DIVMO esteve entre os menores observados, nos dois ambientes, isto é, um reflexo da elevada influência ambiental sobre quase todas as variáveis representantes do valor nutritivo dos clones de palma forrageira estudados (Tabela 6). Santos et al. (1994) também observaram menores estimativas de herdabilidade no sentido amplo para características de composição química da palma forrageira em relação a variáveis de produtividade.

Os coeficientes de variação genética ( $CV_g\%$ ) variaram de 3,7, para o teor de matéria orgânica, a 101, para o quantitativo de cladódios de quinta ordem (NC5) em Sertânia. Em São Bento do Una, o  $CV_g$  variou de 0,0 (FDN) a 199,7 (NC6) (Tabela 6). Elevados  $CV_g$ 's refletem maior variabilidade e maior potencial para a realização de seleção. A razão  $CV_g/CV_e$  (razão entre o coeficiente de variação genotípico e experimental), por sua vez, expressa o índice de variação genética e quando igual ou maior que 1,0 a variação genética é maior que a ambiental, favorecendo ganhos de seleção (Santos et al., 1994). Assim, no presente trabalho, as características morfológicas e produtivas, além do percentual de plantas vivas e do teor de matéria seca, foram as mais aptas à seleção, principalmente no ambiente de Sertânia (Tabela 6). Cunha (2017) avaliou parâmetros genéticos e ambientais no clone Orelha de elefante africana e encontrou baixos quocientes  $CV_g/CV_e$  para características morfológicas e produtivas. Os valores variaram de 0, para espessura do cladódio primário e secundário, até 0,90, para a característica presença de espinho, esta última com herdabilidade no sentido amplo de 91%.

**Tabela 6.** Estimativa de parâmetros genéticos e ambientais para caracteres morfológicos, produtivos e de qualidade da forragem em genótipos de palma forrageira cultivados em dois locais no estado de Pernambuco (Sertânia/São Bento do Una)

Variáveis	Vf	Vg	Ve	CVg%	h <sup>2</sup> %	CVg/CVe
AP	190,4/150,5	21,1/100,3	169,2/50,1	15,7/10,0	88,9/66,7	1,6/0,8
LP	396,2/262,5	354,7/29,6	41,5/232,8	18,9/4,5	89,5/11,3	1,7/0,2
NCT	189,2/538,4	182,0/495,6	7,2/42,8	39,6/43,8	96,1/92,0	2,9/2,0
NC1	2,0/1,0	1,5/0,7	0,5/0,3	25,5/18,3	74,1/71,8	1,0/0,9
NC2	14,8/25,7	12,7/21,8	2,1/3,9	30,4/36,0	86,0/84,8	1,4/1,4
NC3	43,7/67,8	41,4/60,0	2,3/7,9	53,9/39,2	94,7/88,4	2,4/1,6
NC4	23,0/42,4	22,6/35,5	0,4/6,8	81,6/52,9	98,2/83,8	4,3/1,3
NC5	10,4/15,5	10,1/10,0	0,3/5,5	101,0/59,8	97,5/64,3	3,6/0,8
NC6	0,6/3,5	0,5/2,5	0,1/1,0	84,3/199,7	89,9/72,2	1,7/0,9
CC	22,2/12,0	19,2/10,2	3,0/1,8	18,0/12,4	86,6/85,1	1,5/1,4
LC	25,2/11,8	24,5/10,6	0,7/1,2	36,2/22,8	97,1/89,9	3,3/1,7
EC	12,2/8,5	8,2/6,7	4,0/1,8	14,6/12,2	66,9/78,7	0,8/1,1
IAC	1,1/1,5	0,8/1,2	0,3/0,3	34,6/22,4	71,1/78,6	0,9/1,1
IL	167,5/125,0	126,2/91,7	41,3/33,3	29,6/15,1	75,3/73,3	1,0/1,0
PMS	19,4/46,1	18,5/31,7	0,8/14,4	54,6/26,6	95,7/68,8	2,7/0,9
PV	178,5/165,7	138,1/133,2	40,5/32,5	14,3/13,1	77,3/80,4	1,1/1,2
EUA	29,4/81,6	28,3/54,4	1,2/27,3	56,6/28,4	96,0/66,6	2,8/0,8
MS	204,7/165,2	170,7/146,4	34,0/18,8	14,0/13,7	83,4/88,6	1,3/1,6
MM	268,3/229,1	146,4/120,0	121,9/109,0	10,6/9,6	54,6/52,4	0,6/0,6
MO	2994,8/229,1	1056,9/120,0	1938,0/109,0	3,7/1,2	35,3/52,4	0,4/0,6
FDN	919,4/346,4	435,1/0,0	484,3/910,7	7,1/0,0	47,3/0,0	0,5/0,0
FDA	240,4/624,9	92,1/420,2	148,3/204,8	5,9/13,0	38,3/67,2	0,4/0,8
DIVMO	3526,5/321,7	1977,6/67,0	1548,9/254,7	5,3/0,9	56,1/20,8	0,7/0,3

Vf = variância fenotípica, Vg = variância genética, Ve = variância ambiental, CVg% = coeficiente de variação genética, h<sup>2</sup>% = herdabilidade no sentido amplo, CVg/CVe = índice de variação genética. AP: altura de planta (cm), LP: largura de planta (cm), NCT: número total de cladódios por planta e de primeira (NC1), segunda (NC2), terceira (NC3), quarta (NC4), quinta (NC5) e sexta (NC6) ordem, CC: comprimento de cladódio (cm), LC: largura de cladódio (cm); EC: espessura de cladódio (mm), IAC: índice de área de cladódio, IL: interceptação luminosa (%), PMS: produção de forragem (t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), PV: plantas vivas (%), EUA: eficiência no uso da água (kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), MS: matéria seca (g kg<sup>-1</sup>), MM: matéria mineral (g kg<sup>-1</sup>), MO: matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>), FDN: fibra em detergente neutro (g kg<sup>-1</sup>), FDA: fibra em detergente ácido (g kg<sup>-1</sup>), DIVMO: digestibilidade in vitro da matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>).

As medidas de dissimilaridade obtidas a partir da distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) para os 10 genótipos de palma forrageira são apresentados a seguir (Tabela 7). A menor distância genética foi observada entre os genótipos F21 e F8 (20,12), e a maior distância ocorreu entre o Clone 21 e a Orelha de elefante mexicana (242,86). A média das distâncias foi de 95,5. A amplitude dos valores de  $D^2$  apontam para a existência de variabilidade genética entre os clones de palma forrageira avaliados, visto que estes materiais genéticos pertencem a diferentes gêneros e espécies (Tabela 3).

**Tabela 7.** Estimativa da variância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) relativa a 10 genótipos de palma forrageira avaliados em Sertânia e São Bento do Una, PE

Genótipos	C7	C13	C21	F21	IS	MD	OEM	F8	IPA20
C6	59,12	97,22	70,71	100,80	182,14	79,85	159,65	128,63	152,41
C7		43,74	44,06	54,30	104,47	41,69	173,41	59,16	72,14
C13			40,24	87,12	110,67	40,87	206,50	122,01	111,18
C21				104,24	121,59	69,59	242,86	148,49	149,72
F21					53,09	38,83	129,10	20,12	34,86
IS						74,30	141,91	61,39	59,23
MD							139,22	54,31	65,95
OEM								107,33	109,19
F8									32,16

C6 = clone 6, C7 = clone 7, C13 = clone 13, C21 = clone 21, F21 = clone F21, IS = IPA Sertânia, MD = Miúda, OEM = Orelha de elefante mexicana, F8 = clone F8, IPA20 = clone IPA 20.

O método de otimização de Tocher, utilizando as médias dos genótipos cultivados nos dois locais (análise conjunta), resultou na formação de três grupos. O primeiro foi formado por oito clones de palma, e os demais com apenas um cada (Tabela 8). Observa-se destaque, portanto, para pelo menos um representante do gênero *Opuntia*, a palma Orelha de elefante mexicana, e do gênero *Nopalea*, o Clone 6.

Ressalta-se que o Clone 6 foi obtido por cultura de tecido do F21; no entanto, foi classificado em um grupo distinto daquele onde está seu genitor (Tabela 8). Esse resultado evidencia a variação genética que pode ocorrer mesmo em plantas propagadas assexuadamente, como verificado em outros trabalhos com cactáceas (Adriana et al., 2010; Pérez-Molphe-Balch

et al., 2015). O clone Orelha de elefante mexicana também se apresenta muito promissor para programas de melhoramento genético. Além de ser um dos clones mais produtivos, é resistente à cochonilha do carmim (Santos et al., 2013).

**Tabela 8.** Agrupamento de 10 genótipos de palma forrageira pelo método de otimização de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), para 23 caracteres dos genótipos cultivados em Sertânia e São Bento do Una, PE

Grupos	Genótipos
1	F21; F8; Clone IPA 20; Miúda; Clone 7; IPA Sertânia; Clone 13; Clone 21
2	Clone 6
3	Orelha de elefante mexicana

A dissimilaridade intergrupo, obtida pelo método de otimização de Tocher, permitiu discriminar entre os grupos formados, quais os mais divergentes geneticamente (Tabela 9). Não foi possível comparar a dissimilaridade intragrupo porque dos três grupos formados, dois apresentaram apenas um genótipo (Tabela 8).

**Tabela 9.** Distâncias médias intergrupos através do método de otimização de Tocher para 23 variáveis obtidas de 10 genótipos de palma forrageira cultivados em Sertânia e São Bento do Una, PE

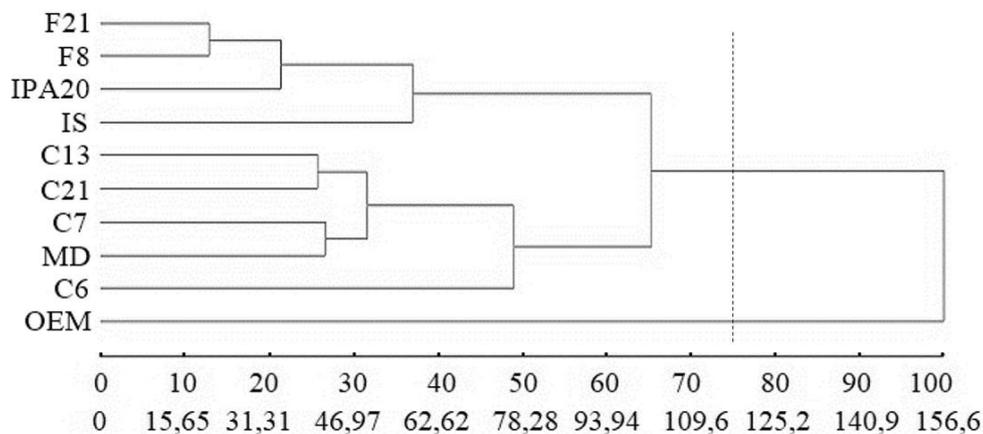
Grupos	1	2	3
1	72,13	108,86	156,19
2		-	159,65
3			-

As maiores distâncias médias intergrupos foram constatadas nos pares 2 e 3 (159,65) e depois pelos grupos 1 e 3 (156,19) (Tabela 9). De todos os materiais avaliados, o clone orelha de elefante mexicana formou o grupo mais distante geneticamente em relação aos demais. Dessa maneira, a formação de grupos distintos possibilita a composição de grupos heteróticos, já que capacidade de combinação e heterose são diretamente proporcionais à dissimilaridade genética. Isso aumenta as chances de cruzamentos mais promissores (Cruz et al., 2014). Para estes autores, dois pais não distantes geneticamente entre si tendem a compartilhar muitos genes ou alelos em comum e há pouca complementariedade e vigor em razão do baixo nível

de heterozigiosidade alélica no cruzamento. Além disso, Ferreira et al. (2003) ressaltaram que não é suficiente considerar a divergência entre grupos de genótipos como único critério para orientar os cruzamentos. Ganhos positivos de seleção estão relacionados ao desenvolvimento de parentais tanto divergentes quanto de elevado desempenho de características agronômicas e zootécnicas.

A análise de agrupamento pelo método UPGMA revelou a formação de apenas dois grupos (Figura 4). No entanto, ambos os métodos (Tocher e UPGMA) foram concordantes em relação à formação de um grupo com o clone Orelha de elefante mexicana.

A utilização dos dois métodos pode, portanto, possibilitar maior eficiência na discriminação dos genótipos. Pelo método UPGMA, o grupo 1 foi formado por nove genótipos, com representantes dos dois gêneros, *Opuntia* e *Nopalea*, enquanto que o grupo 2 foi constituído pelo clone Orelha de elefante mexicana (Figura 4). O coeficiente de correlação cofenética (CCC) foi elevado (0,77) e significativo ( $p < 0,01$ ). Isso implica em baixa distorção no agrupamento dos genótipos, já que a CCC é uma medida de concordância entre os valores originais de dissimilaridade e aqueles representados no dendrograma (Cruz et al., 2014).



**Figura 4.** Dendrograma da dissimilaridade genética entre 10 genótipos de palma forrageira obtido pelo método de ligação média entre grupo (UPGMA) através da distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Coeficiente de correlação cofenética (CCC): 0,77 (valor de  $t = 7,95$ ;  $p < 0,01$ ). A linha pontilhada corresponde ao ponto de corte ( $\theta$ ): 117,21 (método de Mojena).

Com base nos valores mínimos e máximos observados, verificou-se maior desempenho médio dos caracteres avaliados em São Bento do Una (Tabela 10).

**Tabela 10.** Mínimos e máximos de caracteres avaliados em genótipos de palma forrageira em Sertânia e São Bento do Una, PE, e sua contribuição relativa à diversidade genética (S.j; %)

Caractere	Sertânia			São Bento do Una			‡S.j (%)
	Mínimo	Máximo	†DP	Mínimo	Máximo	DP	
AP	42,50	106,50	14,84	69,00	131,00	15,43	2,39
LP	53,50	150,00	21,26	81,50	210,00	26,64	0,00
NCT	8,00	53,88	13,78	20,00	110,00	24,22	13,92
NC1	1,00	8,50	1,68	2,50	7,00	1,20	0,94
NC2	3,50	20,50	4,40	5,50	27,00	5,69	3,09
NC3	2,00	23,50	6,84	6,00	36,50	9,18	6,35
NC4	0,00	15,00	4,75	2,00	31,00	7,44	2,02
NC5	0,00	10,00	3,19	0,00	19,00	4,99	6,66
NC6	0,00	2,00	0,80	0,00	9,00	2,31	1,95
CC	16,33	36,17	5,17	20,31	37,78	4,02	2,84
LC	9,50	29,33	5,04	10,47	26,48	3,70	23,78
EC	8,00	28,51	4,37	13,44	31,54	4,91	2,28
IAC	0,38	5,72	1,30	1,05	6,95	1,46	1,06
IL	7,15	67,30	15,31	24,18	84,43	13,75	1,54
PMS	1,15	15,21	4,47	5,45	42,88	8,92	7,20
PV	50,00	100,00	15,63	45,00	100,00	14,71	2,91
EUA	1,25	17,47	5,49	6,24	54,41	11,97	2,60
MS	43,01	126,47	15,95	63,15	110,45	13,83	12,29
MM	49,44	159,24	25,37	80,17	149,13	20,56	0,90
MO	450,56	927,29	82,03	850,87	919,83	20,56	0,00
FDN	132,31	387,89	42,11	273,53	444,26	45,12	0,01
FDA	74,25	207,01	22,99	108,36	237,48	32,85	2,18
DIVMO	438,03	941,83	86,28	803,65	938,22	29,42	3,10

AP: altura de planta (cm), LP: largura de planta (cm), NCT: número total de cladódios por planta e de primeira (NC1), segunda (NC2), terceira (NC3), quarta (NC4), quinta (NC5) e sexta (NC6) ordem, CC: comprimento de cladódio (cm), LC: largura de cladódio (cm); EC: espessura de cladódio (mm), IAC: índice de área de cladódio, IL: interceptação luminosa (%), PMS: produção de forragem (t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>), PV: plantas vivas (%), EUA: eficiência no uso da água (kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), MS: matéria seca (g kg<sup>-1</sup>), MM: matéria mineral (g kg<sup>-1</sup>), MO: matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>), FDN: fibra em detergente neutro (g kg<sup>-1</sup>), FDA: fibra em detergente ácido (g kg<sup>-1</sup>), DIVMO: digestibilidade in vitro da matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>). †DP = desvio padrão da média. ‡S.j (%) = Contribuição relativa dos caracteres à diversidade genética conforme Singh (1981) e baseada na distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup>).

Em São Bento do Una, os genótipos de palma apresentaram, por exemplo, altura média de 100,00 cm e em torno de 34 cladódios a mais por planta em relação à Sertânia (Tabela 10). Os resultados observados podem ser reflexo das características climáticas locais, que em São Bento do Una foram mais favoráveis à cultura que em Sertânia. Nesse contexto, as condições ambientais contribuíram com a amplitude observada nas variáveis avaliadas nos dois ambientes. Isso demonstra também o potencial da cultura em responder a práticas de manejo, com o objetivo de se alcançar elevadas produtividades, sendo que a resposta da cultura está na dependência do local de cultivo (Souza et al., 2017).

Em relação à produtividade de massa seca, por exemplo, em Sertânia atingiram-se valores médios de 8,18 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup>, e em São Bento do Una, 24,17 t MS ha<sup>-1</sup> 2 anos<sup>-1</sup> (Tabela 10). Reforçando esses resultados, Menezes et al. (2005) também verificaram variação na produtividade da palma de 1,8 a 15,2 t MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em 50 propriedades rurais de 11 municípios de Pernambuco e Paraíba em diferentes locais. Em outro trabalho, Amorim et al. (2015) concluíram que o número total de cladódios e o índice de área de cladódio podem ser utilizados como critérios para seleção de variedades superiores em programas de melhoramento da palma forrageira.

A contribuição relativa das 23 variáveis para a dissimilaridade genética entre os 10 genótipos de palma forrageira foi avaliada pelo método de Singh (1981) e são também apresentadas na Tabela 10. Os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, considerando a análise conjunta dos dois ambientes foram: largura dos cladódios (23,78%), número total de cladódios (13,92%), teor de matéria seca (12,29%), produtividade de massa seca (7,20%), número de cladódios de quinta (6,66%) e terceira ordem (6,35%). Essas seis variáveis juntas foram responsáveis por 70,20% da diversidade genética entre os genótipos.

É válido notar que, entre as variáveis mais importantes para a divergência genética, estão presentes a produtividade (PMS), uma variável da qualidade da forragem (MS) e variáveis morfológicas (LC e NC). É importante conhecer a contribuição das variáveis resposta na divergência genética porque essa informação poderá orientar os trabalhos de melhoramento genético para o maior desempenho das variedades cultivadas.

A análise da contribuição relativa para a diversidade genética (S<sub>j</sub>) também mostrou que a variável largura de planta (LP) foi passível de descarte (Tabela 10), por não alterar o padrão de agrupamento obtido com todas as variáveis (Cruz, 2006).

## CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética nos genótipos de palma forrageira avaliados;

O clone orelha de elefante mexicana foi o mais divergente geneticamente e apresentou elevado potencial para obtenção de novas combinações gênicas;

O efeito ambiental foi mais intenso no valor nutritivo dos clones de palma forrageira;

As variáveis largura dos cladódios, número total de cladódios e teor de matéria seca devem ser incluídas em estudos de melhoramento genético da palma forrageira por serem importantes para a divergência genética dos clones.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANA, R. G.; MANGOLIN, C. A.; SILVA, M. M. F. P. Somaclonal variation in *Cereus peruvianus* Mill. (Cactaceae): its potential to generate new varieties and broaden the species's genetic basis. **Journal of Basic & Applied Genetics**, v.21, n.1, p.33-42, 2010.

ALMEIDA, E. S. **Diagnóstico da pecuária leiteira dos municípios de Batalha, Major Izidoro e Craíbas do Estado de Alagoas**. Rio Largo, UFAL, 2012. 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias.

ANKOM TECHNOLOGY. Analytical methods, Acid Detergent Fiber Method (A200). Method 5. Disponível em: <[https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method\\_5\\_ADF\\_A200.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_5_ADF_A200.pdf)>, acesso em: 09 fev. 2018c.

ANKOM TECHNOLOGY. Analytical methods, Ashing Procedure. Service Procedure 034. Disponível em: <[https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/AS034\\_Ashing\\_Procedure.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/AS034_Ashing_Procedure.pdf)>, acesso em: 09 fev. 2018a.

ANKOM TECHNOLOGY. Analytical methods, Neutral Detergent Fiber Method (A200). Method 6. Disponível em: <[https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method\\_6\\_NDF\\_A200.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_6_NDF_A200.pdf)>, acesso em: 09 fev. 2018b.

AMORIM, P. L.; MARTUSCELLO, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. T.; CUNHA, D. N. F. V.; JANK, L. Morphological and productive characterization of forage cactus varieties. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.230-238, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n326rc>

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Meteorologia, histórico pluviométrico. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>, acesso em: 09 jan. 2017.

BURTON, R. R.; BOWDEN, J. M.; TOBIN, M. D. Epidemiology and genetic epidemiology. In: BALDING, D. J.; BISHOP, M.; CANNINGS, C. (Eds.). **Handbook of Statistical Genetics**, 3th edition, v.1. John Wiley & Sons, England, 2007. p.1112 – 1140.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

CRUZ, C. D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 175p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, v.2. 3.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014. 668p.

CUNHA, J. T. S. F. **Avaliação de progênies do clone de palma Orelha de elefante africana (*Opuntia undulata* Griffithis)**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017. 69f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017. [http://ww4.ppgz.ufrpe.br/sites/ww4.ppgz.ufrpe.br/files/documentos/jeska\\_thayse\\_da\\_silva\\_fernandes.pdf](http://ww4.ppgz.ufrpe.br/sites/ww4.ppgz.ufrpe.br/files/documentos/jeska_thayse_da_silva_fernandes.pdf)

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4a ed. – Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330p. Disponível em: [http://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/livroPDF.aspx?cd\\_livro=203](http://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/livroPDF.aspx?cd_livro=203). Acesso em: 25 abr. 2018.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. The Ronald Press Company, New York, 1960. 365p.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

FERREIRA, C. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, J. A. A.; LIRA, M. A.; MOLICA, S. G. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000700004>

LAS CASAS, G.; ZINGALE, N.; DISTEFANO, G.; CARUSO, M.; NICOLOSI, E.; GENTILE, A.; LA MALFA, S. Genetic diversity in *Opuntia* spp. cultivated for forage production. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.19, p.1-10, 2017.

[http://www.jpacd.org/downloads/Vol19/1\\_JPACD19\\_2017\\_1\\_10\\_Genetic\\_diversity\\_in\\_Opuntia\\_Las\\_Casas\\_et\\_al.2017.pdf](http://www.jpacd.org/downloads/Vol19/1_JPACD19_2017_1_10_Genetic_diversity_in_Opuntia_Las_Casas_et_al.2017.pdf)

LIMA, N. C. **Avaliação de unidades demonstrativas de palma forrageira (*Nopalea e Opuntia*) no estado de Pernambuco**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/handle/tede2/6849>

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. A palma forrageira na pecuária do semi-árido. In: GOMIDE, C. A. M.; RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N.; ALMEIDA, S. A.; SÁ, J. L.; SÁ, C. O. (Eds). **Alternativas alimentares para ruminantes**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.17-33. 206 p.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 230p.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma forrageira em propriedades rurais. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2.ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.129-141.

MOORE, J. E.; MOTT, G. O. Recovery of residual organic matter from in vitro digestion of forages. **Journal of Dairy Science**, v.57, n.10, p.258-1259, 1974. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)85048-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)85048-4)

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

NEDER, D. G.; COSTA, F. R.; EDVAN, R. L.; SOUTO FILHO, L. T. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.13, n.3, p.203-207, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-70332013000300009>

NOBEL, P. S.; BOBICH, E. G. Environmental biology. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2002. p.57-74.

PAIXÃO, S. L.; LIRA, M. A.; MELO, A. C. L.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, I.; CAVALCANTE, M. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira no município de São Bento do Una. **Revista Científica de Produção Animal**, v.13, n.1, p.28-32, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v13n1p28-32>

PEÑA-VALDIVIA, C. B.; LUNA-CAVAZOS, M.; CARRANZA-SABAS, J. A.; REYES-AGÜERO, J. A.; FLORES, A. Morphological characterization of *Opuntia* spp.: a multivariate analysis. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.10, p.1-21, 2008. <http://jpacd.org/?modulo=JS&ID=11>

PÉREZ-MOLPHE-BALCH, E.; SANTOS-DÍAZ, M. S.; RAMÍREZ-MALAGÓN, R.; OCHOA-ALEJO, N. Tissue culture of ornamental cacti. **Scientia Agricola**, v.72, n.6, p.540-561, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0012>

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. v.11. Piracicaba: FEALQ, 2002. 390p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 565p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dick. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1947-1957, 1994. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4253/1544>

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; BUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15528/2166>

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR; FERREIRA, M. A.; CUNHA, M. V. Palma forrageira. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Eds.). **Plantas forrageiras**. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p.459-493.

SILVA, A. R.; DIAS, C. T. S. A cophenetic correlation coefficient for Tocher's method. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.6, p.589-596, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600003>.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; SILVA, S. M. S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v.73, n.2, p.184-191, 2014a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.017>

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.1-9, 2007.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijgpb&volume=41&issue=2&article=010>

SOUZA, T. C.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; CUNHA, M. V.; LIMA, L. E.; SILVA, R. R. Productivity and nutrient concentration in

FERRAZ, A. P. F. Avaliação de clones de palma forrageira ...

spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.4, p.555-560, 2017.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119054185025>

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os clones de palma forrageira IPA-100421 "Sel. 21-6", IPA-100418 "Sel. 21-7", IPA-100419 "Sel. 21-13", IPA-100420 "Sel. 21-21", F21 e a Orelha de elefante mexicana são mais indicados para o Agreste e Sertão de Pernambuco, por apresentam maior rendimento produtivo, apesar de ocorrer redução das características biométricas das plantas de uma colheita para outra.

O município de São Bento do Una apresenta clima mais favorável ao cultivo da palma forrageira, ainda que se trate de uma cultura de reconhecida tolerância a períodos de estiagem, na cidade de Sertânia, os genótipos apresentaram desempenho inferior. Por outro lado, a produtividade de forragem da palma diminui de uma colheita para outra, independente do ambiente de cultivo, provavelmente devido à ausência de adubação a cada colheita.

Quanto ao ataque das cochonilhas, a incidência dos insetos não variou com a precipitação, temperatura ou umidade relativa do ar local, embora ocorra maior incidência de cochonilha de escama em São Bento do Una, enquanto as plantas cultivadas em Sertânia são mais atacadas pela cochonilha do carmim.

Os clones 13 e 21, apesar de também terem sido atacados pela cochonilha de escama, o nível de infestação é inferior aos demais clones de palma avaliados, o que indica maior potencial destes materiais genéticos para controle das cochonilhas. Entretanto, os clones F8, F21 e clone IPA 20 devem, sempre que possível, ser evitados, pelo risco de ataques por ambas as cochonilhas. Em contrapartida, a cochonilha do carmim não infesta os clones Orelha de elefante mexicana, IPA Sertânia e a palma Miúda.

De modo geral, o valor nutritivo da palma forrageira é mais estável que as características morfológicas e produtivas das plantas.

Foi verificado ainda a existência de diversidade genética entre os genótipos de palma forrageira avaliados, o que indica possibilidade de melhoramento. Dentre os clones avaliados, a variedade Orelha de elefante mexicana foi o mais divergente geneticamente e, por isso, apresenta grande potencial para inclusão em programas de melhoramento genético da cultura;

As variáveis largura dos cladódios, número total de cladódios e teor de matéria seca são mais importantes para a divergência genética entre os clones de palma forrageira avaliados.

É válido destacar que há a necessidade de estudos complementares quanto ao desempenho das novas variedades em outras práticas de manejo, como diferentes níveis de adubação e distintas intensidades e intervalos de corte. Além disso, é preciso avaliar o desempenho animal com as novas variedades.