



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS

VARIAÇÃO DO pH DO SUCO CELULAR DE
Opuntia ficus-indica Mill E *Cereus jamaçaru* DC NO SEMIÁRIDO
DA PARAÍBA

SIMONE GOMES DA SILVA

PATOS – PARAÍBA
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAUDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS

**VARIAÇÃO DO pH DO SUCO CELULAR DE *Opuntia*
ficus-indica Mill E *Cereus jamacaru* DC NO
SEMIÁRIDO DA PARAIBA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Sistemas Agrosilvipastoris no Semi-árido, para obtenção do título de mestre.

Simone Gomes da Silva

Orientador: Prof. Jacob Silva Souto Dr.

PATOS – PARAÍBA
2010

S586v	Silva, Simone Gomes da. Variação do pH do suco celular de <i>Opuntia ficus-indica</i> L e <i>Cereus jamacaru</i> DC. no semiárido da Paraíba. / Simone Gomes da Silva. – Patos, 2010.. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2010. "Orientação: Prof. Dr. Jacob Silva Souto". Referências. 1. Forragem. 2. Acidez. 3. Metabolismo. 4. Ácido Crassuláceo. I. Souto, Jacob Silva, orient. II. Título.. CDU 636.085:544.362
-------	---

Bibliotecário-documentalista: Bárbara Costa – CRB-15/806



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

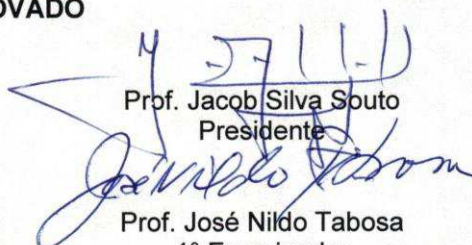
TÍTULO: “Variação do pH do suco celular de *Opuntia ficus-indica* L e *Cereus jamacaru* DC. no semiárido da Paraíba”

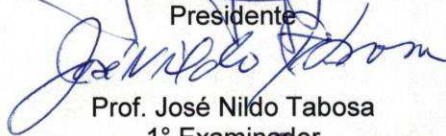
AUTORA: Simone Gomes da Silva

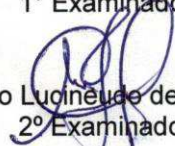
ORIENTADOR: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO


Prof. Jacob Silva Souto
Presidente


Prof. José Nildo Tabosa
1º Examinador


Prof. Antônio Lucineide de Oliveira Freire
2º Examinador

Patos - PB, 20 de agosto de 2010


Prof. Aderbal Marcos de Azevêdo Silva
Coordenador

BIOGRAFIA

Simone Gomes da Silva, filha de Sebastião Viera da Silva Filho e Sonia Maria Gomes Vieira, nasceu em 01 de abril de 1980 na cidade de Maceió, Estado de Alagoas.

Ingressou no Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, em abril de 1999, obtendo o título de Bacharel em Ciências Econômicas, Zootecnia em 13 de maio de 2010.

Em Pesquisa: atuou como pesquisador tipo DTI, bolsista do Centro Nacional de Pesquisa e Tecnologia – CNPq, condução de projeto intitulado Revitalização da Pecuária Leiteira do Estado de Alagoas – Produção da Palma Enriquecida e Desidratada - na Secretaria de Agricultura Abastecimento e Pesca do Estado de Alagoas – SEAGRI na Cidade de Maceió, Estado de Alagoas.

Em de Março de 2008 iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Sistemas Agrosilvipastoris no Semiárido, na Universidade Federal da Paraíba – UFCG, defendendo dissertação em agosto de 2010.

Aos meus estimados pais Sebastião Vieira da Silva Filho e Sonia Maria Gomes Vieira, pelo amor, sorrisos, abraços, lágrimas, despedidas, chegadas e ainda me propuseram o incentivo a escola desde a alfabetização.

As minhas avós, Maria Eulália Pereira (in memória) e Benedita Arruda, pelo apoio em minhas decisões e aconselhando-me em vários momentos de minha vida.

Aos meus irmãos e irmã, Simário, Sianes, Silvany que acreditaram em mais uma conquista acadêmica.

A minha amada sobrinha, Sofia Eulália, que Deus a ilumine na caminhada da vida, que você colha o mais doce dos frutos “o sucesso” em todos os seus objetivos.

A minha cunhada Flávia Jeane Prado, por sua amizade, apoio e cumplicidade durante minha caminhada.

A meus tios, Isabel Gomes, Patrícia Fabiana Pereira, Fábio Pereira, Rogério Daniel Pereira e Antônio Vieira, por terem compartilhado comigo os primeiros passos de minha existência. A Josias Carneiro, tio por consideração, por ter me adotado como sobrinha e sempre me incentivar a nunca desistir de meus objetivos, por mais obstáculos que se apresente em minha caminhada.

A meus primos, Cintia, Taise, Victor, Tamires, Jefferson, Fabilma, Luan, Lucas, Levi, Nicolas, Vinicius e Guilherme, por todo o carinho incondicional.

Dedico!!!

Aos meus amigos e companheiros do Curso de Mestrado, aos Professores da Pós-Graduação da UFCG, a meus familiares e a todos que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Ofereço!!!

“Sábio é o ser humano que tem coragem de ir diante do espelho da sua alma para reconhecer seus erros e fracassos e utilizá-los para plantar as mais belas sementes no terreno de sua inteligência.”

Augusto Curry

Agradecimentos

Agradeço a Deus por todas as bênçãos a cada momento desta caminhada e por ter me dado força para começar e chegar ao final de mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, irmãos, tios, primos e avó, por estarem torcendo por mim.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na pessoa do Professor Dr. Aderbal Marcos de Azevedo Silva, pela oportunidade, credibilidade e apoio moral; minha gratidão.

Ao Professor Dr. Jacob Silva Souto, pela orientação, paciência e pelo apoio irrestrito aos ensinamentos acadêmicos, compreensão e aos valiosos conselhos os quais me lembrarei durante toda minha vida.

Aos Professores Paulo Vanderlei Ferreira, Jose Nildo Tabosa e Fernando Gomes da Silva pela orientação e apoio. A todos os docentes que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFCG/CSTR, que foram fundamentais nos ensinamentos essenciais para minha formação nesta fase.

Aos funcionários da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/Patos – PB, em especial, a José de Arimatéia Crus Guedes (Ari - Secretário), que contribuíram muito para a execução dessa dissertação.

Ao Anderson Luiz Nascimento Silva, por seu apoio incondicional, por todos os momentos em que esteve presente em minha vida, pela paciência e pela amizade.

Obrigada por tudo, pelo incentivo, respeito, confiança, conselhos, IDÉIAS e pelos momentos de seriedade.

Às minhas madrinhas Quitéria Cavalcante e Genilda Santos, por todo carinho, aconselhamentos e apoio total em minha vinda à Patos.

Aos amigos, Dr^a Astéria Maria Alves, Eduardo Andrade, Sydyrley Tavares, Gelza Nayra Castro, Antonio Nilton Duarte, Ana Paula Oliveira, Ana Rita Campos, Elza Azevedo, Wandressa Castro e Augusto Oliveira, por sua simplicidade e humildade, mas principalmente, por sua amizade sincera e apoio em todos os momentos, mesmo a distancia.

A todos os companheiros de Mestrado Difávia Santana, Iere Caindre, Felipe Eduardo, Fabiana Nascimento, Petrushka Bezerra, Nilton Guedes, Rayana Medeiros, Luiza Daiana, Maria Maésia, Albimah Medeiros, Ademilson Daniel, pela dedicação, apoio e companheirismo, jamais os esquecerei obrigado pelos incentivos, que Deus os ilumine nos caminhos da vida.

Aos professores da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) Paulo Vanderlei Ferreira, Rosa Cavalcanti Lira, Afonso Marinho EspindolaFilho, José Marcelo Melo, José Teodorico de Araujo Filho, Jackes Halan de Queiroz Costa, pelo incentivo e grande amizade, cultivada ao longo destes anos.

Aos amigos de graduação Anderson, Henrique, Kelly, Kariane, Emília, Carolina, Rodolpho, Caroline, Kássia, Licianne, Nayra, Sydyrley, Fabiana e Valeria, que me apoiaram e sempre vibraram comigo.

A banca examinadora, pelas correções e sugestões oriundas de preocupações que visam melhorar o trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de estudos concedida.

Enfim, a todas as pessoas que de uma forma direta ou indireta tenha contribuído para conclusão desse trabalho.

Agradeço a todos que podem não estar aqui citados com o mesmo reconhecimento.

Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

A - LISTA DE QUADROS	i
B - LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Semiárido Brasileiro	3
2.2. Potencial Forrageiro das Cactáceas	4
2.3. Palma.....	5
2.3.1. Origem e distribuição geográfica	5
2.3.2. Características botânicas.....	6
2.3.3. Utilização na alimentação animal.....	7
2.4. Mandacaru.....	8
2.4.1. Origem e distribuição geográfica	8
2.4.2. Características botânicas.....	8
2.4.3. Utilização na alimentação animal.....	9
2.5. Plantas de Metabolismo CAM	9
2.6. Condutância Estomática	13
3. METODOLOGIA.....	16
3.1. Características gerais da área experimental	16
3.2. Solo: relevo, tipo e atributos	17
3.3. Condução Experimental.....	8
3.3.1. Palma	6
3.3.2. Mandacaru	6
3.4. Delineamento Experimental.....	8
3.5. Análise Estatística dos dados	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Análise de regressão para o mês de agosto.....	20
4.1.1. Avaliação do pH para Palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	20
4.1.2. Análise de Regressão para o mês de outubro	21

4.1.3 – Análise de Regressão para o mês de dezembro	23
4.2 – Relação entre as temperaturas interna e ambiente na Palma e Mandacaru..	24
5. CONCLUSÕES.....	26
6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	27
7.APÊNDICE	34
7.1. APÊNDICE A	
Quadros dos resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para a Palma.....	34

7.2. APÊNDICE B

Quadros dos resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para o Mandacarú	36
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabelas		Página
1	Pluviosidade (mm) ocorrida na área de estudo no ano de 2009	14
2	Atributos químicos e físicos do solo da área experimental	15
3	Esquema da análise de Variância do Experimento	17
4	Temperatura interna x Temperatura Ambiente da Palma	22
5	Temperatura interna x Temperatura Ambiente do Mandacaru	22

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Pagina
1	Semiárido Brasileiro	04
2	Medição da temperatura interna e pH na Plama	16
3	Medição do pH no mandacaru	16
4	Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de agosto na Palma.	17
5	Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de agosto no Mandacaru.	18
6	Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de outubro na Palma.	18
7	Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de outubro no Mandacaru.	19
8	Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de dezembro na Palma.	20
9	Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de dezembro no Mandacaru.	20

SILVA, S. G., **Variação do pH no sulco celular da *Opuntia ficus-indica* L. e *Cereus jamacaru* DC no semiárido da Paraíba.** 2010. 59f. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris do Semi-Árido da Paraíba).

RESUMO

As cactáceas são de grande importância para a região semiárida do nordeste brasileiro, por apresentar um metabolismo fotossintético mais eficiente que as gramíneas, sendo frequentemente utilizadas na alimentação de ruminantes, principalmente em vacas leiteiras. Neste sentido, o trabalho foi realizado com o objetivo de identificar o melhor momento para corte das cactáceas (*Opuntia ficu- indica* Mill e *Cereus jamacaru* DC.) com o intuito de fornecer forragem de melhor qualidade aos animais. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas foram as épocas do ano . Os dois grupos de tratamento são quantitativos, pois representam tempo e seis repetições. Os dados foram obtidos através realização das medições do pH durante um período de 24h em três épocas do ano (agosto, outubro e dezembro), assim como a temperatura interna dos cladódios (*Opuntia ficu- indica*) e haste (*Cereus jamacaru*). O presente trabalho foi realizado na fazenda Cajazeiras, localizada no município de Assunção(PB), de agosto à dezembro de 2009. A interação entre épocas do ano e horas do dia influenciou na acidez das cactáceas,. Houve efeito significativo entre os parâmetros avaliados. A acidez nos cladódios e hastes foi maior no início do período seco.

Palavras-chave: Acidez, Metabolismo Ácido Crassuláceo, Forragem.

SILVA, S. G., Variation of pH in the cell groove of *Opuntia ficus-indica* L. *Cereus jamacaru* DC and in the semiarid of Paraíba. 2010. 59f. (Dissertation - Master's Degree in Zootecnia)

ABSTRACT

The cacti are of great importance to the semiarid region of northeastern Brazil, by presenting a more efficient photosynthetic metabolism than grasses and is often used in feed for ruminants, especially dairy cows. In this sense, the study was to identify the best time to cut the cactus (*Opuntia FICU-indica* Mill and *Cereus jamacaru* DC.) in order to provide better quality forage for animals. The statistical design was completely randomized in a split plot in time, where the plots are times of the year. The two treatment groups are quantitative because they represent time and six repetitions. Data were obtained through the measurements of pH during a 24-hour period in three seasons (August, October and December) and the internal temperature of the cladodes (*Opuntia FICU-indica*) and stem (*Cereus jamacaru*). This study was conducted at Cajazeiras located in the city of Asunción (PB), from August to December 2009. The interaction between seasons and times of day influenced the acidity of the cactus. Significant effects between parameters. The acidity in the cladodes and stems was higher at the beginning of the dry season.

Keywords: Acidity, Crassulacean Acid Metabolism, Forage.

1. Introdução

A produção animal sustentável tem sido foco de pesquisa em todo o mundo, baseando-se principalmente no uso mais eficiente das pastagens, através de genótipos melhorados, uso estratégico de suplementos alimentares e promotores do crescimento. Os longos períodos de estiagem e irregularidades pluviométricas são responsáveis pela redução da capacidade de suporte das pastagens, afetando de forma qualitativa e quantitativa, a disponibilidade de forragem existente na região semiárida. Por este motivo, há uma busca constante por fontes alternativas de alimentos que apresentem adequação e aptidão à região mencionada, além de apresentar baixo custo de produção.

Pesquisas agrônômicas têm mostrado que algumas técnicas de conservação de forragem e o uso de vegetais mais adaptados a região, poderia minimizar a sazonalidade da produção de forragem no semiárido. As cactáceas, com suas características morfofisiológicas adaptados à região semiárida do Brasil, tem sido um permanente desafio ao homem ao longo dos anos, com relação a sua utilização na alimentação de ruminantes. Neste contexto, atenção especial deve ser dada à palma forrageira na alimentação de vacas leiteiras, pois possibilita altas produções de matéria seca, além de ser rica em carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais. Sendo então considerada é considerada um alimento energético, por possuir um baixo teor de FDN e exigir uma associação a uma fonte de fibra de alta efetividade.

Em épocas de secas prolongadas, as cactáceas nativas, particularmente o mandacaru e o xiquexique, sempre foram utilizadas como forma de sobrevivência de rebanhos do semiárido nordestino. Embora essas cactáceas normalmente representem importantes reservas estratégicas para manutenção dos animais nos períodos de estiagem, as informações sobre a qualidade forrageira e o potencial alimentar dessas espécies são escassas (BEM SALEM et al., 2002).

As cactáceas, ao lado de outras cactáceas alternativas, tem sido utilizadas nos períodos de seca prolongada, como um dos principais suportes forrageiros dos ruminantes (SILVA et al., 2005), além de prevenir a degradação no ecossistema. Por apresentar metabolismo CAM, essas plantas são mais eficientes que as demais, pois permanecem suculentas, por um longo período de estiagem e produzem forragem continuamente.

A utilização de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região semi-árida é uma alternativa para solucionar esses problemas. Entre as opções,

encontram-se as cactáceas, onde a palma forrageira apresenta grande vantagem por ser uma cactácea bem adaptada às adversidades climáticas da região, de fácil plantio e elevado potencial produtivo de biomassa.

A diversidade genética e os mecanismos de adaptação das plantas interagem em um complexo ecológico em que os fatores bióticos e abióticos estão intimamente correlacionados. Enquanto certas espécies vegetais se restringem a situações ecológicas específicas, outras ocupam nichos mais amplos, distribuindo-se em ambientes com características contrastantes entre si. Por vezes essas enfrentam condições extremas, que dificultam o desenvolvimento da maioria das espécies, tornando-se uma grande vantagem competitiva a superação de tais restrições.

A capacidade que as plantas CAM possuem de restringir as trocas gasosas com a atmosfera durante o dia, faz com que elas utilizem o seu conteúdo disponível d'água mais eficientemente que as plantas C₃ (WINTER et al., 2005), sendo dessa forma, um tipo de comportamento fotossintético muito comum entre as plantas de regiões áridas ou, ainda, de ambientes tropicais ou subtropicais, onde o suprimento hídrico é fortemente sazonal ou intermitente. Fatores ambientais como luminosidade excessiva, baixo suprimento hídrico ou altas temperaturas tornam a absorção diurna do CO₂ menos favorável,

Existem variações no ciclo fotossintético nas plantas CAM, como descarboxilases diferentes durante o dia, o acúmulo de ácidos cítricos, assim como o málico, no entanto, é o mecanismo CAM que apresenta a resposta de um ambiente onde mais variação na amplitude das diferentes fases desse metabolismo, o que torna difícil desenvolver uma definição adequada do mecanismo fotossintético CAM (HOLTUM, 2002).

Neste contexto, este estudo objetivou identificar o melhor momento para corte das cactáceas (*Opuntia ficus indica* Mill e *Cereus jamcaru* DC.) com o intuito de fornecer forragem de melhor qualidade aos animais.

2. Revisão de Literatura

2.1. Semiárido brasileiro

É um dos maiores, mais populosos, ocupando cerca de 74% da região nordeste e 13% do Brasil (englobando o polígono das secas), é também o mais úmidos do mundo. Fundamentalmente, caracterizado pela ocorrência do bioma da caatinga, que constitui o sertão, apresenta clima seco e quente, com chuvas que se concentram nas estações de verão e outono, com uma precipitação média 750 mm, acarretando um balanço hídrico negativo nas demais estações do ano e elevando o índice de aridez (BARBOSA, 1997; ARAUJO, 2002).

Possui uma área territorial de 969.589,4 km², abrangendo o norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os sertões da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e uma parte do sudeste do Maranhão (Figura 1), abrangendo 75% do Nordeste e 13% do Brasil (MIN, 2005).

Figura 1. Nova delimitação do semiárido brasileiro(:(Ministério da Integração Nacional, 2005)



De acordo com a classificação de Koppen, existem três tipos de clima predominante na região: o BShw – semi-árido, com curta estação chuvosa no verão e precipitações concentradas nos meses de dezembro e janeiro; o BShw' – semi-árido, com curta estação chuvosa no verão-outono e precipitações nos meses de março e abril e; o BShs' – semi-árido, com curta estação chuvosa no outono-inverno e precipitações concentradas nos meses de maio e junho.

2.2 - Potencial forrageiro das cactáceas

O Nordeste seco possui uma área total da ordem de 750.000 km², com revestimento baixo de vegetação, tipo caatinga, arbustivo-arbórea, ou arbóreo-arbustiva e muito raramente arbórea, contendo folhas miúdas e hastes espinhentas, adaptadas para conter os efeitos de uma evapotranspiração muito intensa (AB'SÁBER, 1992). Acrescenta o referido autor que, a vegetação é quase totalmente caducifólia, cinza-calcinada nos meses secos e exuberantemente verde nos meses chuvosos, com algumas intrusões de pleno xerofilismo, representado por diversas espécies ou comunidades de cactáceas, entre elas: mandacarus, coroas-de-frade, facheiros, xiquexiques e outros cardos alastrantes.

Evidentemente, as cactáceas, principalmente a palma forrageira, significam uma opção dos criadores para amenizarem a fome dos seus animais (FROTA et al., 2004). A Palma apresenta características de alta palatabilidade, produção de biomassa e resistência à seca que faz desta planta, um alimento valioso para os rebanhos desta região (SANTOS et al., 2005). É um alimento muito fornecido aos rebanhos, independente da época do ano. A sua produção é essencial para alimentação dos ruminantes, principalmente em virtude da economia em rações concentradas e pelo aumento de produtividade (LIMA et al., 2004).

2.3 - Palma

2.3.1 - Origem e distribuição geográfica

A origem da Palma forrageira *Opuntia e Nopalea* é o continente americano. O gênero *Opuntia* tem como centro de origem o México, país que a explora desde o período pré-hispânico, detendo assim a maior riqueza de cultivares (REYES-AGUERO et al., 2005).

Esta espécie, uma das plantas mais destacadas do Império Asteca, originalmente cultivada somente no continente Americano, encontra-se atualmente distribuída em todo o mundo, desde o Canadá (latitude 59°N) a Argentina (latitude 52°S), do nível do mar aos 5100 m de altitude no Peru. Da Europa, para onde foi levada desde 1520, esta cactácea mexicana se espalhou, a partir do Mediterrâneo, para a África, Ásia e a Oceania (HOFFMANN, 2001), iniciando o cultivo no Nordeste brasileiro no século XX (TEIXEIRA et al., 1999).

Existem divergências entre pesquisadores acerca da introdução da palma forrageira no Brasil (ARAUJO FILHO, 2000), acredita-se que esta se deu através dos portugueses, durante a colonização, inicialmente utilizada para a produção de corantes naturais “carmim”, apenas sendo explorada como forrageira por volta de 1915 (PESSOA, 1967).

O registro mais remoto sobre as cactáceas forrageiras, na literatura especializada do Brasil, data de 1893, em publicação de J. Barbosa Rodrigues. O autor comenta ainda, que a disseminação desta cactácea em Pernambuco, teve como fator decisivo, um decreto do interventor pernambucano, ordenando conferir prêmios aos plantadores de palma que obedecessem a critérios pré estabelecidos (espaçamento, alinhamento, ausência de falhas, bom desenvolvimento e tratos culturais) (DOMINGOS, 1963).

Segundo Chagas (1976), a palma forrageira foi introduzida no Nordeste brasileiro pelo sueco Herman Lundgren, por volta de 1877, opinião compartilhada por vários pesquisadores (VIANA, 1969; ANDRADE, 1990; SANTOS, 1992). Os primeiros esforços para a disseminação da palma no semiárido nordestino se deram por volta de 1930. Seu cultivo foi disseminado da Bahia ao Piauí, durante a seca de 1932.

Dotada de mecanismos fisiológicos que a torna uma das plantas mais adaptadas às condições ecológicas das zonas áridas e semiáridas do mundo, a palma forrageira se adaptou com relativa facilidade ao semiárido do Nordeste brasileiro.

Santos et al. (1997) afirmaram que são três os cultivares de palma mais plantados no Nordeste: redonda, gigante e miúda. Santos et al. (1994) observaram que um material gerado pelo programa de melhoramento do acordo IPA/UFRPE, vem se destacando como mais produtivo que os demais, com uma superioridade em torno de 50%, quando comparado com a palma gigante. Este material foi identificado como IPA-20.

2.3.2 - Características botânicas

Pertencente à Família Cactáceas, Divisão *Embryophyta*, Subdivisão *Angiospermae*, Classe *Dicotyledoneae*, Subclasse *Archiclamideae*, Ordem *Opuntiales*, possui cerca de 130 gêneros e 1500 espécies, das quais 300 são do gênero *Opuntia* Mill (MOHAMED-YASSEEN et al., 1996). No Nordeste do Brasil são cultivadas duas espécies, conhecidas como *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill e *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm Dyck (FARIAS et al., 2005). A espécie *Opuntia ficus-indica*, também é conhecida como palma graúda, palma-da-índia, palma-grande, palmatória, palma redonda, palma-santa, palma sem espinho, palma-azedo, cactus-burbank, figo-da-índia, figueira-da-barbaria, figueira-da-índia, figueira-do-inferno, figueira-moura e tuna-de-castilha (ARAÚJO FILHO, 2000). O gênero *Opuntia*, bem como o *Nopalea* são os mais importantes devido a sua utilidade para o homem (VALDEZ & OSORIO, 1997). Dentre os gêneros desta família provavelmente este é, o que teve maior sucesso nos processos de distribuição, dispersão e multiplicação. O êxito ecológico e do ponto de vista evolutivo pode ser atribuído à forte associação com os animais durante a reprodução (REYES-AGUERO et al., 2006).

A palma forrageira se caracteriza geralmente pela presença de aréolas com pelos e espinhos e caule suculento. O órgão tipo caule, conhecido como cladódio é tipicamente oblongo a espatulado-oblongo, com 30 a 40 cm de comprimento e alguns maiores de 70-80 cm e com 18-25 cm de largura (SUDZUKI-HILLS, 2001).

2.3.3 – Utilização na Alimentação Animal

A utilização da *Opuntia* na alimentação animal foi ganhando espaço sobretudo nos estados do Nordeste brasileiro, principalmente em Alagoas, Pernambuco, Paraíba, onde a planta aclimatou-se bem, apresentando uma boa produção de massa verde. No entanto, a palma não pode ser fornecida aos animais exclusivamente, pois apresentam limitações quanto ao valor protéico e de fibra, não atendendo às necessidades nutricionais do rebanho (SILVA & SANTOS, 2006).

Nessas regiões, principalmente por sua alta resistência à estiagem, aliada à alta palatabilidade, alta produção de biomassa e tolerância à salinidade, tem crescido a importância da palma forrageira na alimentação dos rebanhos. A palma é uma forrageira importante também nas regiões semi-áridas do Nordeste Brasileiro. É uma forrageira que contém em média, 90% de água, que contribui para aliviar a sede dos rebanhos, principalmente na época seca (VIANA, 1969).

A composição química da palma forrageira varia segundo a espécie, cultivar e idade do cladódio (SANTOS et al, 1989). Pode ser considerada como material de valor nutritivo elevado e persistente, de alta digestibilidade e alto teor de minerais (SANTOS et al., 1998).

O conteúdo protéico da palma forrageira é considerado baixo, uma vez que para o crescimento e desenvolvimento de microrganismos ruminais, a dieta do animal deve conter níveis em torno de 6% a 7% de proteína bruta (REIS et al., 2004). Em pesquisa realizada no norte do México, observou uma variação ampla nos teores de proteína bruta de seis espécies de *Opuntia*, sendo os percentuais mais baixos observados em *O. rasteira* (2,8%) e os mais elevados em *O. ficus-indica* registrando valores de 5,1% (FARIAS et al. 2000). Constatou-se um percentual médio de proteína bruta igual a 4,6.

Embora seja considerado um alimento volumoso, a palma apresenta baixos níveis de carboidratos fibrosos e altos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e alto coeficiente de digestibilidade da matéria seca (MS) (WANDERLEY et al., 2002). Caracterizando-se como um alimento energético. Tal fato pode ser parcialmente responsável pelos distúrbios digestivos e pelos baixos teores de gordura do leite, observadas em vacas alimentadas com palma e concentrado. A esses problemas, somam-se a redução da ruminação quando se utiliza a palma isoladamente na alimentação dos ruminantes, principalmente com relação a

vacas em lactação, havendo necessidade de fornecer adequada quantidade de fibra proveniente de silagem, feno ou palhada. (OLIVEIRA, 1996).

2.4 - Mandacaru

2.4.1 – Origem

Cereus jamacaru, xerófila colunar nativa da região semi árida brasileira, utilizada como forrageira comestível e ornamental, apresenta ampla distribuição na vegetação nordestina.

Lima (1996), afirmou que o mandacaru desenvolve-se nas áreas mais secas da região semi-árida do Nordeste, em solos rasos, em cima de rochas e se multiplicam regularmente, cobrindo extensas áreas da caatinga, mas podem ocorrer em outros ambientes. Ocorrendo principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia.

Entre outras cactáceas nativas da caatinga, o mandacaru, tem sido utilizado nos períodos de seca prolongada, como um dos principais suportes forrageiros dos ruminantes (SILVA et al., 2005).

2.4.2 - Características botânicas

Pertencente a família das Cactáceas, Divisão: *Embryophyta*, Subdivisão: *Angiospermea*, Classe: *Dicotyledoneae*, Sub-classe: *Archiclamideae*, Ordem: *Caryophyllales*. Para a espécie mandacaru, Hill (1958) apresentou pelo *Índex Kewensis* o nome de *Cereus jamacaru* DC. O gênero ***Cereus***, através de sua espécie *Cereus jamacaru* DC., é talvez, o cacto colunar mais conhecido das caatingas, denominado pela população de Mandacaru, Cardeiro e Mandacaru de boi (SANTOS, 1993).

Gomes (1977), afirmou que o mandacaru é um importante e gigantesco cacto colunar, de troncos multiramificados, com os artículos fortemente costados, providos de espinhos amarelados de até 20 cm de comprimento. As flores são grandes, brancas, noturnas e numerosas. Os frutos são grandes (com cerca de 12cm de comprimento), vermelhos, com polpa branca provida de muita semente, comestível embora sem sabor, assemelhando-se ao fruto da Palma.

2.4.3 – Utilização na Alimentação Animal

O mandacaru é uma das principais cactáceas da Caatinga, de porte arbóreo, juntamente com o facheiro, o xique-xique e a palmatória. Estas quatro espécies são endêmicas da Caatinga (PRADO, 1991), é provável que estas duas últimas espécies tenham outros usos além de forrageiras, mas, ao que se sabe, elas tem sido usadas apenas com este fim.

Como forrageiras, por apresentarem o metabolismo fotossintético do tipo CAM (SALISBURY & ROSS, 1978), são de baixa produtividade, embora a eficiência no uso da água seja alta. São produzidas sem custo, mas, a pouca disponibilidade de fitomassa, a eliminação dos espinhos, e o transporte para o cocho, principalmente quando coletadas dentro da caatinga, oneram o seu uso, e por isto, só são usadas nas secas prolongadas. As suas qualidades nutritivas estão na alta aceitabilidade, no alto teor de carboidratos solúveis, no baixo teor de fibra, e conseqüentemente, na alta digestibilidade. Lima (1996) encontrou para mandacaru e facheiro a DIVMS de 66,7 e 72,5 %, respectivamente. Tidas como forrageiras, estas cactáceas nativas, apresentam teores relativamente baixo de matéria seca e de proteína, entretanto, são em sua maioria superiores ao da palma, cactácea introduzida de maior expressão em área plantada e de uso forrageiro no Nordeste, conhecida e denominada por muitos, como sendo um concentrado energético aquoso.

Cavalcanti & Resende (2004), avaliando a utilização das plantas nativas da caatinga por pequenos agropecuaristas em cinco comunidades da Bahia e de Pernambuco, registraram que o mandacaru é utilizado por 46,52% deles, enquanto o facheiro é utilizado por 12,28%, o xiquexique por 10,51% e a coroa-de-frade por 6,96%, para alimentação dos animais no período de seca.

2.5 Plantas de Metabolismo CAM

As plantas possuem adaptações fisiológicas para se instalar e sobreviver em diferentes condições ambientais. A combinação destas duas características pode lhes dar uma maior eficiência, como o ganho de carbono por longos períodos de tempo sob condições adversas e alocação de recursos suficientes para sobreviver (ACKERLY & REICH, 1999). As cactáceas apresentam vários mecanismos (morfológicos, fisiológicos e

bioquímicos) de resistência à seca, permitindo-lhes sobreviver em regiões áridas, semi-áridas ou de microhabitats.

As cactáceas ocorrem principalmente em áreas áridas, e apresentam várias características morfológicas, bioquímicas e reprodutivas, como a presença de suculentos caules fotossintéticos, espinhos, raízes contráteis e flores que se abrem geralmente à noite, além de possuírem frutos bem atrativos para organismos polinizadores e dispersores de sementes (GIBSON & NOBEL, 1986). A maior parte das cactáceas realiza a fotossíntese através do metabolismo do ácido crassuláceo. As hastes têm tecido fotossintético altamente desenvolvidos, que lhes permite conservar a água e os nutrientes para sobreviver por longos períodos de seca (NOBEL, 1988).

São cobertas por uma cutícula espessa e impermeável que as protege evitando a perda de água através da transpiração. Os estômatos se abrem predominantemente à noite, reduzindo a transpiração (LÜTTGE, 2002), porém, essas plantas podem permanecer com seus estômatos fechados por um tempo indeterminado, em caso de extrema escassez de água. Este mecanismo é tipicamente, porém não exclusivamente, associados a plantas que habitam as regiões com disponibilidade de águas sazonais (CUSHMAN, 2001). Este mecanismo é o seu seguro de vida para casos extremos.

O metabolismo CAM aparentemente evoluiu de forma independente em 30 famílias diferentes de plantas e, provavelmente, tem uma origem polifilético (CORNEJO & SIMPSON, 1997). Em seu período evolutivo, as plantas aperfeiçoaram os mecanismos de regulação de abertura de seus estômatos, diminuindo assim a perda de água, perda essa inevitável, pois durante o processo de transpiração, os estômatos se abrem para que haja trocas gasosas atmosférico. A transpiração envolve a evaporação da água que se encontra dentro dos órgãos fotossintéticos (cladódios e caules), cujos espaços internos se saturam de vapor de água. Espécies CAM podem responder ao ambiente ajustando a sua expressão como já que apresentam uma alta plasticidade, dependendo da espécie (DODD et al., 2002). Os fatores ambientais que podem afetar o metabolismo CAM são temperatura, radiação e o estado de hidratação do tecido, entre outros fatores (DODD et al., 2002).

O denominador comum em todas as espécies com CAM é que o CO₂ atmosférico, não está efetivamente disponível durante o dia para essas plantas, pois a captura do CO₂ durante o dia causaria uma excessiva perda de água. A via CAM é uma resposta adaptativa a uma maior eficiência no uso da água (LÜTTGE 2002).

A relação entre a captação do CO₂ e a perda diária de água é conhecida como eficiência no uso de água, que é uma medida da quantidade de água para produzir produtos fotossintéticos e, portanto, biomassa vegetal. Nas plantas que não possuem o mecanismo CAM, a troca de gases para a realização da fotossíntese é realizada durante o dia, processo contrário aos que ocorrem com as cactáceas. Este mecanismo tem sido estudado extensivamente nas crassuláceas, embora não tenha sido reconhecido primeiramente nas cactáceas (SARH, 1992). Este é um mecanismo fotossintético concentrador de CO₂, selecionado em resposta a aridez de ambientes terrestres e a limitação de disponibilidade do CO₂ em ambientes aquáticos (KEELY, 1998).

Nas plantas CAM, o CO₂ absorvido durante a noite é utilizado na carboxilação do fosfoenolpiruvato (PEP) pela ação da enzima PEP carboxilase (PEPC), dando origem ao oxalacetato (OAA) (CHOLLET et al., 1996). Por ação da malato desidrogenase (MDH), o OAA formado é convertido em malato, o qual é rapidamente transportado para o vacúolo juntamente com íons H⁺, causando a acidificação noturna, típica das plantas CAM. Durante o dia, ocorre a descarboxilação do malato e a fixação do CO₂ pela enzima ribulose bifosfato carboxilase oxigenase (RUBISCO), ocasionando uma diminuição do conteúdo desse ácido nos tecidos foliares (CUSHMAN & BOHNERT, 1999).

A descarboxilação do malato pode ser realizada por dois complexos enzimáticos distintos, dependendo da espécie analisada (CHRISTOPHER & HOLTUM, 1996). Nas espécies do tipo CAM-ME, a descarboxilação do malato é realizada diretamente pelas enzimas málicas (NAD-ME ou NADP-ME), enquanto que nas plantas do tipo CAM-PEPCK esta se dá pela ação conjunta da MDH e da PEP carboxicinase (PEPCK) (DITTRICH et al., 1973).

As plantas que apresentam o mecanismo CAM possuem um armazenamento limitado de ácido málico como fonte de CO₂ para realização da movimentação de elétrons (BARKER & ADAMS, 1997) e sua resposta fotossintética depende da magnitude do fluxo de fótons fotossintético (FFF; 400-700 nm), assim como a radiação que absorve durante o dia (ADAMS & DEMMIG-ADAMS, 1996). Algumas mudanças em suas características são observadas em resposta a luz excessiva, entre as quais estão o aumento da dissipação de energia térmica, redução na fotossíntese e mudanças na emissão de fluorescência da clorofila (BARKER & ADAMS 1997).

Além das plantas CAM terem evoluído de forma independente entre as angiospermas, pode ter existido uma evolução independente entre diferentes gêneros,

mesmo dentro da mesma família (MARTIN & WALLACE, 2000). Isso explicaria as variações nos padrões de metabolismo CAM entre espécies e por correlação filogenética poderia descrever a similaridade entre as espécies, devido à sua história evolutiva (MARTINS & HANSEN, 1996). Algumas espécies, classificadas como CAM facultativa, possuem a capacidade de mudar de C₃ para CAM, dependendo das condições ambientais (microhabitat) e estilo de vida (MARTIN & WALLACE, 2000). Além disso, a mudança das espécies C₃ para CAM prolonga o período de sua atividade, crescimento e reprodução. As plantas CAM tendem a ser nativas de regiões áridas e semi-áridas ou microhabitats que sofrem secas periódicas.

A magnitude da contribuição da CAM para a fixação de carbono total é altamente variável e depende de fatores, genotípicos e ontogenético, que afetam os atributos bioquímicos e fisiológicos de plantas do mesmo modo que depende das condições ambientais, tais como a temperatura e a intensidade da luz, e o estado água na planta (DODD et al., 2002).

A quantidade de luz que uma planta CAM recebe geralmente afeta o equilíbrio entre a fixação de CO₂ e o acúmulo de ácidos orgânicos (LÜTTGE, 2004), a abertura dos estômatos (NOBEL & HARTSOCK, 1983), e em algumas espécies C₃, em resposta ao fotoperíodo e escassez de água, comportam-se como CAM facultativa (DE MATTOS et al., 1999), pois a capacidade de mudar a rota fotossintética está relacionada ao déficit hídrico (DODD et al., 2002), ao habitat, dependendo das condições ambientais, estão relacionados até mesmo a uma evolução (MARTIN & WALLACE, 2000).

Mesmo que as cactáceas sejam consideradas plantas CAM emblemático, algumas pesquisas têm mostrado que, em suas fases iniciais, as cactáceas, comportam-se como uma planta de mecanismo fotossintético C₃, ao invés de CAM. Particularmente nas cactáceas colunares, o mecanismo CAM tem sido relatada em todas as espécies estudadas, e nenhum caso de C₃ foi documentado (NOBEL, 2002). No entanto, Altesor *et al.* (1992) descobriram que algumas cactáceas em fase inicial de desenvolvimento, apresentam tipicamente o mecanismo fotossintético de plantas C₃, e posteriormente, mudam para CAM, embora não esteja claro se isto é devido ao estresse, uma mudança do desenvolvimento programado, ou ambos (KEELEY & RUNDEL, 2003).

Algumas espécies de cactáceas se estabelecem abaixo da copa de arbustos e espécies arbóreas, se beneficiam da proteção contra luz solar direta, altas temperaturas, reduzindo déficit hídrico, e da maior disponibilidade de nutrientes (FLORES & JURADO,

2003). No entanto, dada as variações sazonais na fenologia das espécies de cactácea, a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) que as plantas recebem pode mudar consideravelmente ao longo do ano. Assim, as plantas crescem entre a luz necessária para realizar a fotossíntese e a luz excessiva, o que pode ser prejudicial.

Um acúmulo de ácido málico no citosol inibe rapidamente a formação de mais ácido málico; para tanto, o ácido málico se desloca, juntamente com outros ácidos orgânicos formados durante a noite, para os vacúolos, onde são armazenados. Esse incremento noturno de ácidos orgânicos explica o aumento do sabor amargo que se nota durante a noite (observado por Benjamim Heyne) e é o princípio do teste para determinar a capacidade das opuntias e de outras plantas CAM à captação noturna do CO₂ atmosférico (NOBEL, 1988).

O estabelecimento fotossintético das plantas CAM, requer um grande número de enzimas, transportadores e proteínas acessórias; assim sendo, a indução desse tipo de comportamento fotossintético é uma das mais complexas adaptações metabólicas em resposta aos estresses abióticos (CUSHMAN & BORLAND, 2002). Além disso, um nível similar de complexidade também tem sido demonstrado no que tange ao controle da intensidade de expressão desse metabolismo fotossintético, envolvendo uma considerável gama de fatores ambientais, fitormônios e mensageiros secundários (TAYBI et al., 2002).

2.6 – Condutância Estomática

A água é um importante constituinte do protoplasma celular (podendo atingir até 95% do peso da planta), participa diretamente de inúmeras reações químicas, funciona como solvente e meio de transporte dos nutrientes e produtos diversos, é indispensável para a manutenção da turgescência; e devido ao seu alto calor específico é responsável pela estabilidade térmica da planta, além de regular a abertura e fechamento dos estômatos (AWAD E CASTRO, 1983).

O consumo hídrico das culturas é parâmetro de fundamental importância porque condiciona as atividades fisiológicas e metabólicas das plantas (AZEVEDO et al., 1993). As relações da planta, clima, água e solo são complexas, envolvendo muitos processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos. Neste contexto, a água desempenha papel essencial na contribuição, manutenção e preservação das condições vitais da planta (LACERDA, 1997).

Vários processos da planta podem ser influenciados pelo estresse hídrico, dentre eles o potencial de água na folha, resistência estomática, transpiração, fotossíntese, temperatura da cultura e murchamento da folha (FERNANDES E TURCO, 2003). A característica principal nas relações de água na planta é o balanço interno de água, pois este controla os processos fisiológicos, a quantidade e a qualidade do crescimento. O estresse de água atua no crescimento, modificando a anatomia, a morfologia, a fisiologia e a bioquímica vegetal (CAMPOS et al., 1992).

A intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO₂, o teor de nitrogênio da folha e a umidade do solo são fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais (MARENCO & LOPES, 2005). O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha. Dessa forma, o funcionamento dos estômatos e a área foliar influenciam a produtividade do vegetal. O primeiro fator porque controla a absorção de CO₂ e o segundo porque determina a interceptação de luz.

O potencial de água da folha indica o seu estado energético, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo – planta – atmosfera (BERGONCI *et al.*, 2000) de modo que, variações no potencial hídrico da folha podem afetar a assimilação do carbono da planta. Isto porque, se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese. Presume-se que nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminua a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (OREN *et al.*, 1999). O nível mínimo que o potencial hídrico pode atingir durante os horários de transpiração intensa depende tanto de fatores genéticos como de fatores ambientais (p. ex., pré-aclimatação a situação de estresse). Contudo, em situação de baixa disponibilidade de água no solo as plantas reduzem a perda de água ao reduzir a condutância estomática. Para favorecer a turgescência celular em situações de estresse hídrico, ocorrem ajustes no metabolismo celular, por exemplo, via o acúmulo de substâncias orgânicas, tais como a prolina, o que contribui para a osmorregulação (SILVA *et al.*, 2004). Assim, a queda na condutância estomática deve ser a causa mais provável da redução da fotossíntese nos horários do meio dia.

A literatura reporta que a deficiência hídrica afeta, primeiramente o aparato estomático, provocando o fechamento dos estômatos, porém, quando as plantas passam por

ciclo de seca, elas podem desenvolver certa resistência à falta de água, mantendo a transpiração por períodos mais longos (LARCHER, 2004).

A queda da condutância estomática ao longo do dia pode ser atribuída ao aumento do déficit de pressão de vapor da folha, à diminuição do potencial hídrico da folha ou ao efeito combinado de ambos os fatores, sem excluir o efeito da irradiância (COSTA & MARENCO, 2007). Com relação aos efeitos do Potencial hídrico e pressão de vapor da folha, não deixa claro, se a condutância estomática é responsiva ao potencial hídrico da folha, ou se a condutância estomática responde mais rapidamente a variação na umidade do ar como um mecanismo de resposta antecipada, para evitar a perda de água excessiva (RASCHKE, 1979).

Naves-Barbiero et al., (2000) observaram que o potencial hídrico da folha é Máximo pela manhã, porém, diminui até atingir valores mínimos entre 13h:00 e 15h:00, aumentando a turgidez da folha ao final da tarde. A baixa correlação entre a fotossíntese, a condutância estomática e o potencial hídrico das folhas, confirma que tanto a fotossíntese como a condutância estomática, são parâmetros da planta que responde simultaneamente a um conjunto de fatores que interagem de forma coordenada, mas altamente complexa (COSTA & MARENCO, 2007). Enquanto a baixa concentração de CO₂ e a alta irradiância, estimulam diretamente a abertura dos estômatos, a baixa umidade e a transpiração excessiva, causam diminuição no potencial hídrico foliar, o que pode levar ao fechamento dos estômatos (MARENCO et al., 2006).

Uma baixa correlação entre fotossíntese e condutância estomática pode indicar a ausência da uniformidade na abertura dos estômatos na superfície das folhas, manchas estomáticas, observada por Marenco et al. (2006), tornando complexa, e não linear a relação entre fotossíntese e condutância estomática (POSPISILOVA & SANTRUCEK, 1994).

Assim, a taxa de crescimento de uma espécie é determinada não apenas pela capacidade de assimilação do carbono, mas por uma série de fatores como, taxa de respiração, eficiência na translocação de assimilados e a superfície foliar da planta, que interage de forma complexa, cujo resultado final é o acúmulo de biomassa (MARENCO & LOPES, 2005).

3 - Material e Métodos

3.1 - Características gerais da área experimental

O experimento foi conduzido em condição de campo, no período de agosto a dezembro de 2009 na Fazenda Cajazeiras, localizada no município de Assunção. O município está localizado na microregião Cariri Ocidental paraibano (Figura 2), com altitude de 574 metros, Latitude 07°04'28" SGR e Longitude 36°43'52" WGR (IBGE, 2000).



Figura 2: Cidade de Assunção em destaque (IBGE, 2000)

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Bsh-tropical, ou seja, quente e seco, com precipitações pluviométricas bastante irregulares, e maior concentração de chuvas nos meses de fevereiro a maio, pluviosidade média de 522mm, temperatura média variando de 15 a 28 °C (IBGE, 2000). A vegetação predominante da região é caatinga hiperxerófila. Os dados pluviométricos referentes ao ano do experimento foram obtidos no escritório regional da EMATER de Assunção – PB e encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Pluviosidade (mm) ocorrida na área de estudo no período de jan/2009.

ÍNDICES PLUVIOMETRICOS (mm)													
ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2009	12,0	76,0	57,0	225,9	170,1	34,0	50,0	51,6	0,0	0,0	0,0	29,0	705,6

Fonte: Dados obtidos no escritório regional da EMATER – Assunção PB, 2010

3.2 - Solo: relevo, tipo e atributos

O solo da área experimental foi classificado como PLANOSSOLO, de textura arenosa e profundidade média de dois metros. Os atributos químicos e físicos do solo, determinados em amostra composta obtida na camada 0-20 cm, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Atributos Químicos e Físicos do Solo da Área Experimental (Assunção, 2010)

Atributos Químicos												
Prof.	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	V	M.O
(cm)	(1:2,5)	mg.dm ⁻³	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	%	g.kg ⁻¹
0 -20	6,30	1,03	0,26	1,33	1,47	0,04	0,08	1,93	3,1	5,03	61,63	2,32

Atributos Físicos								
Prof.	Areia	Silte	Argila	Densidade Aparente	Densidade Real	Porosidade Total	Argila Natural	Classe Textural
(cm)	.....	g.kg ⁻¹	.....	.....	kg.m ⁻³	m ³ .m ⁻³	g.kg ⁻¹	
0 -20	913	61	26	1,4	2,6	46,2	2,6	Arenoso

*Resultados obtidos no Laboratório de Análise de Solos e Água / UFCG, Campus de Campina Grande.

3.3 - Condução Experimental

Paralelamente ao experimento de variação de pH das cactáceas, foi conduzido um experimento com adubação orgânica, onde foi utilizado esterco de caprino, e espaçamento 1,80m x 0,10m, com um total de 200 plantas por parcela, PARA A PALMA, sendo o mandacaru nativo.

3.3.1 – Palma

Para o preparo da área experimental, realizou-se uma gradagem com grade de arrasto, e os sulcos foram abertos com arado de aiveca.

O plantio da palma foi realizado em fevereiro de 2009, sendo que raquetes foram enterradas até 1/3 de seu comprimento, em condições de sequeiro, de modo adensado, em sistema de superposição de raquetes.

Foram realizadas observações bimestrais (agosto, outubro e dezembro/2009) com temperaturas médias diárias de 23°, 27° e 26° respectivamente, em seis cladódios no que se refere ao pH do suco celular, temperatura interna dos cladódios.

Para isso, foi feita uma incisão na parte superior dos cladódios, onde foi introduzido um pHmetro portátil de bolso Hanna Checker®, a cada duas horas por um período único

de 24 horas (09h00 as 09h00) da manhã do dia seguinte, em cada época avaliada. Ao se introduzir o pHmetro, aguardou-se ate a estabilização da leitura.

Para estimativa da temperatura interna dos cladódios utilizou-se termômetro digital portátil tipo Espeto Equitherm®, semelhante à metodologia da leitura de pH, assim como a temperatura ambiente no mesmo período.

A cada observação realizada, o pHmetro portátil e o termômetro, foram devidamente limpos, retirando-se os excessos de suco celular, com água destilada (Figura 1)



Figura 3: Detalhe da determinação do pH e temperatura do cladódio da palma forrageira.em Assunção – PB,(SILVA, S.G 2009)

3.3.2 - Mandacaru

As plantas utilizadas localizavam-se avulsas na área próxima ao plantio da palma forrageira. Após localizar a planta, retirou-se os espinhos da haste da mesma obtendo-se assim os dados relativos a pH do suco celular (Figura. 2).



Figura 4: Detalhe da determinação do pH e temperatura da haste do mandacaru. em Assunção – PB,(SILVA, S.G 2009)

3.4 – Delineamento experimental

Para um melhor ajuste estatístico, foram utilizados apenas seis avaliações, realizadas a cada quatro horas (01h00, 05h00, 09h00, 13h00, 17h00 as 21h00).

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas foram as épocas do ano (início, meio e fim do período seco), e as subparcelas foram os períodos de avaliação (seis). Os dois grupos de tratamento são quantitativos, pois representam tempo (dias e horas respectivamente), com seis repetições. Cada parcela foi representada por uma planta (palma/mandacaru), os dados das variáveis foram obtidos das mesmas plantas, tanto nas épocas do ano, como nos períodos de avaliação dentro de cada época do ano.

3.5 – Análise Estatística dos Dados

A análise dos dados foi realizada por meio do programa computacional SisVar 5.3, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (MG) (FERREIRA, 2007).

Inicialmente, os resultados coletados foram submetidos à análise de variância e a significância dos fatores de variação (épocas do ano, horas do dia e a interação entre eles). As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Na tabela 5, é mostrado o esquema de análise de variância do experimento.

Tabela 5. Esquema da Análise de Variância para os Experimentos Palma (*Opuntia ficus indica*) e Mandacaru (*Sereus jamacaru DC.*)

Causa de Variação	Graus de Liberdade
Épocas	(2)
R. Linear	1
R. Quadrática	1
Resíduo	15
Parcelas	17
Período	(5)
R. Linear	1
R. Quadrática	1
R. Cúbica	1
R. 4º Grau	1
R. 5º Grau	1
Interação Épocas x Períodos	10
Resíduo	75
Total	107

4. Resultados e Discussão

4.1 – Análise de Regressão para o mês de agosto

Os resumos das análises de variância encontram-se nos quadros de 1 a 4 (Apêndice A e Apêndice B).

Notou-se que, para a o mês de agosto, a interação entre os fatores hora do dia e pH não foi significativo ($p > 0,05$). Fez-se análise de variância de regressão para o fatores, sendo discutido o efeito de 5º grau que apresentaram contribuição significativa com R^2 igual a 100%.

4.1.1 – Avaliação do pH para Palma (*Opuntia ficus-indica*)

As relações entre as variáveis (hora do dia / pH) estão representadas das figuras de 3 a 8.

✓ Palma

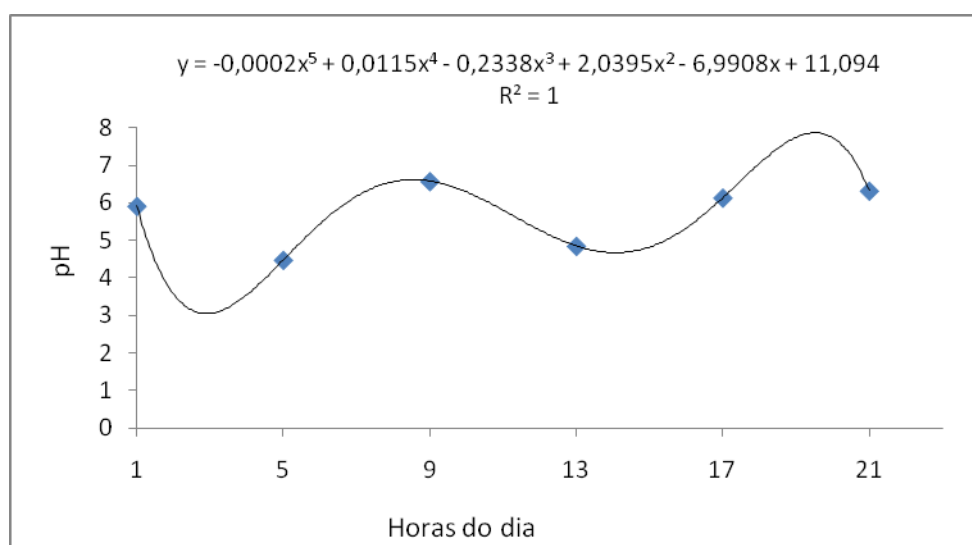


Figura 3. Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de agosto.

A análise de regressão aplicada para pH na palma durante 24h no mês de agosto, mostrou significância para o efeito 5º grau, ou seja, o pH apresentou uma variação durante o período de 24h. O pH máximo foi de 6,32 observado as 21h. Observou-se que as 5h, o suco celular no cladódio, encontrava-se com um pH ácido de 4,47.

✓ Mandacaru

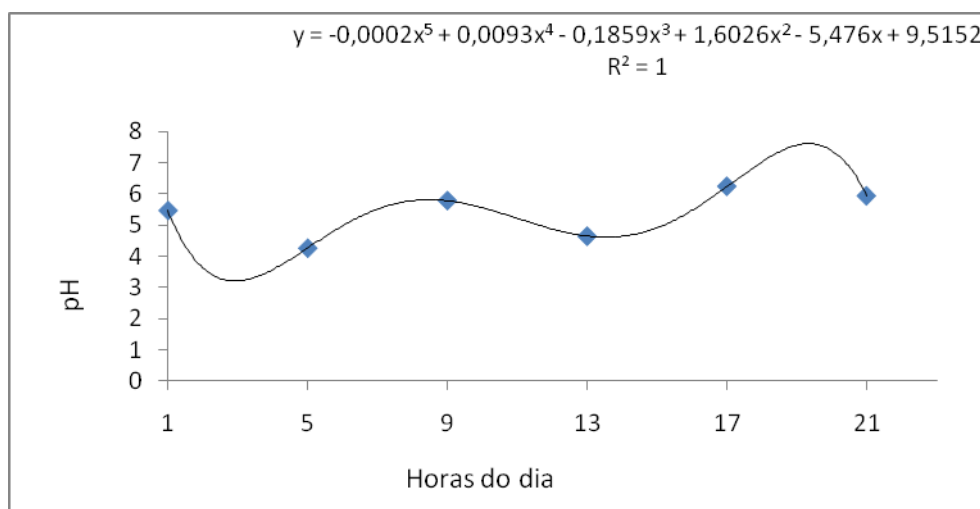


Figura 4. Variação do pH na haste do Mandacaru durante o dia no mês de agosto.

A análise de regressão aplicada para pH no Mandacaru durante 24h no mês de agosto, mostrou significância para o efeito 5º grau, ou seja, o pH apresentou uma variação durante o período de 24h. O pH máximo foi de 6,23 observado as 17h00. Observou-se que as 5h00, o suco celular na haste, encontrava-se com um pH ácido, de 4,26.

4.1.2 – Análise de Regressão para o mês de outubro

Nas figuras 5 e 6 está representada a relação entre as variáveis hora do dia e pH.

✓ Palma

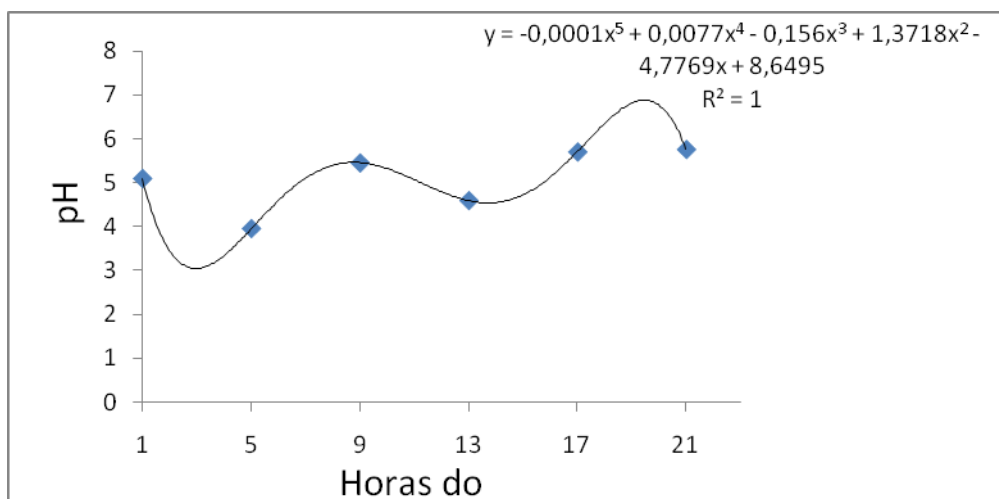


Figura 5. Variação do pH no cladódio durante o dia no mês de outubro.

A análise de regressão aplicada para pH na palma durante 24h no mês de outubro, mostrou significância para o efeito 5º grau, ou seja, o pH apresentou uma variação durante

o período de 24h. Com pH máximo de 5,76 observado as 21h00. Observou-se também, que as 5h00, o suco celular no cladódios, encontrava-se com um pH de 3,94(ácido).

✓ Mandacaru

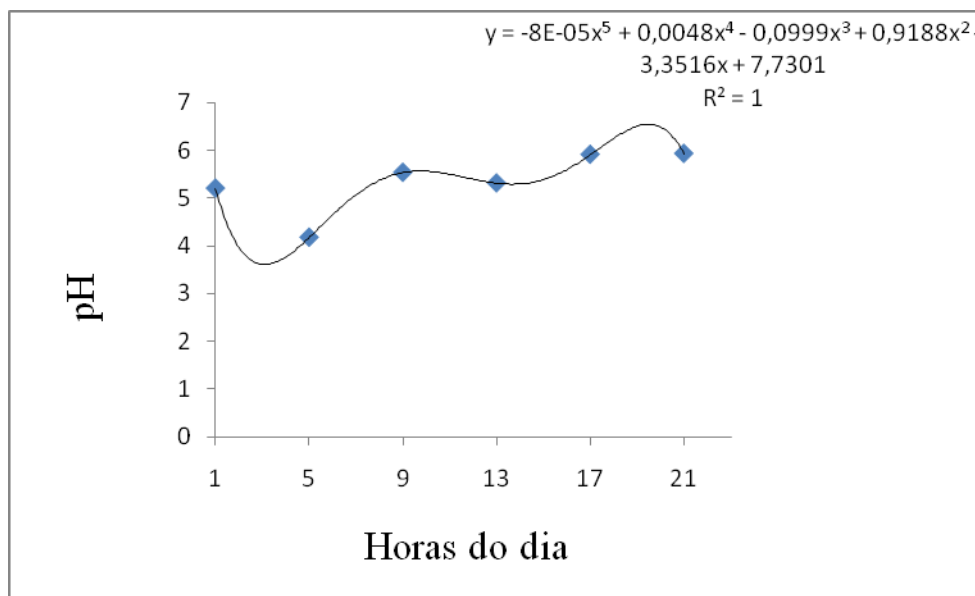


Figura 6. Variação do pH na haste do Mandacaru durante o dia no mês de outubro.

Para o mês de outubro, aplicou-se a análise de regressão aplicada para pH no mandacaru durante 24h. Apresentando significância para o efeito 5º grau, ou seja, o pH apresentou uma variação durante esse período, onde o máximo chegou à 5,93 observado as 21h00. As 5h00, observou-se que o suco celular na haste do mandacaru, encontrava-se com um pH ácido (4,17) respectivamente.

4.1.3 – Análise de Regressão para o mês de dezembro

✓ Palma

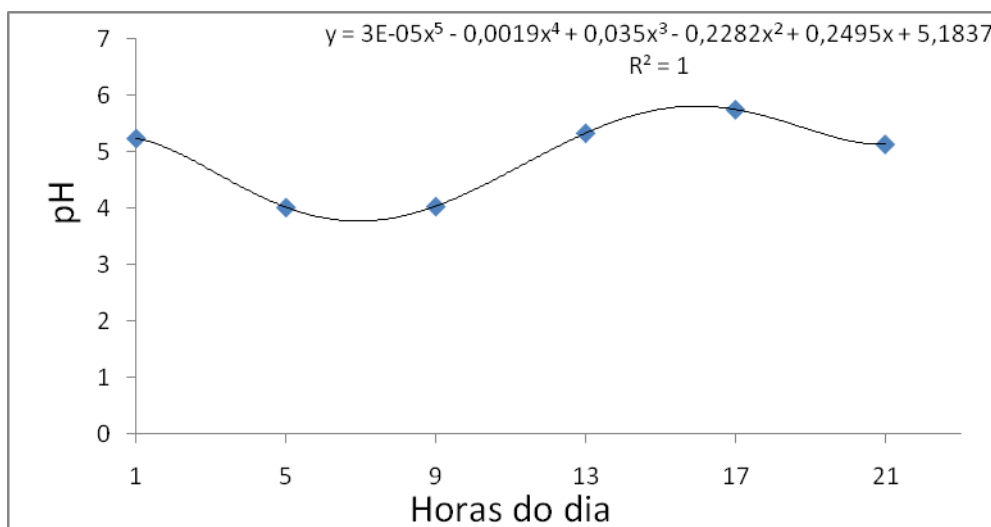


Figura 7. Variação do pH no cladódios durante o dia no mês de dezembro.

A análise de regressão aplicada para pH na palma durante 24h no mês de dezembro, mostrou significância para o efeito 5º grau, ou seja, o pH apresentou uma variação durante o período de 24h. O pH máximo foi de 5,93 observado as 21h00. Observou-se ainda, que as 5h00, o sulco celular no cladódio, encontrava-se com um pH ácido, de 4,02 respectivamente.

✓ Mandacaru

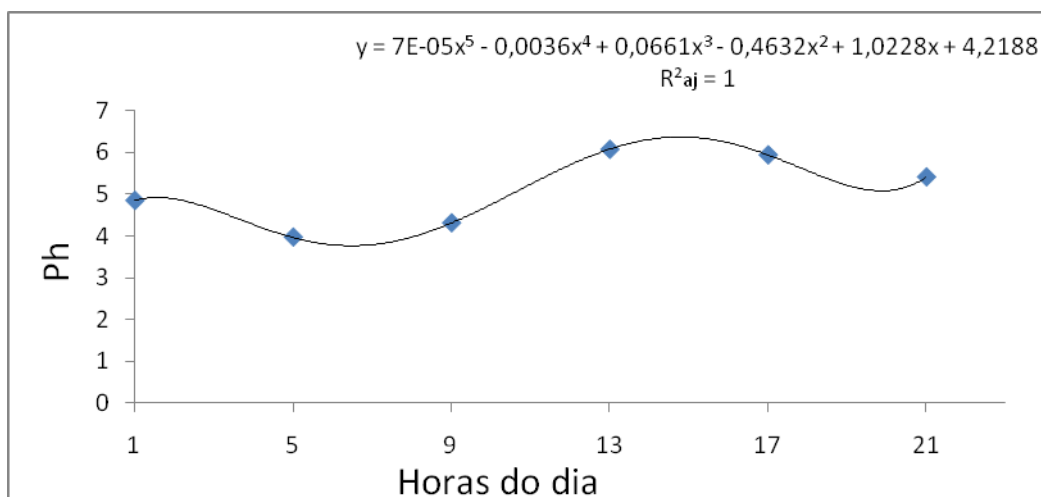


Figura 8. Variação do pH na haste do Mandacaru durante o dia no mês de dezembro.

Para o mês de dezembro, a análise de variância da regressão, aplicada para o pH no mandacaru, mostrou significância para o efeito 5º grau, ou seja, o pH apresentou uma variação

durante o período de 24h. O pH máximo foi observado as 21:00h (5,93). Observou-se que as 5:00h, o sulco celular na haste, encontrava-se com um pH ácido (4,17).

Algumas cactáceas, nas primeiras semanas de desenvolvimento, podem apresentar o mecanismo fotossintético C3, posteriormente mudando esse mecanismo para o CAM, produzindo os ácidos orgânicos durante a noite, diminuindo essa produção durante o dia (WINTER & SMITH, 1996; LUTTGE, 2004). A quantidade de luz interceptada pelas plantas interfere em seu desenvolvimento, no entanto as plantas que apresentam o metabolismo CAM não apresenta desvantagem em seu desenvolvimento, conseqüentemente não afetadas na produção desses ácidos orgânicos (SKILLMAN et al.,2005).

Esses resultados corroboram com Nobel (1988), mostrando uma maior acidez nas primeiras horas do dia. A assimilação de CO₂ aumenta linearmente com o aumento da luz fotossinteticamente ativa. O acúmulo dos ácidos orgânicos durante a noite, é conseqüência da luz interceptada durante o dia anterior (LUTTGE, 2004).

4.2 – Relação entre as temperaturas interna e ambiente na Palma e Mandacaru

Nas tabelas 3 e 4, estão representadas as temperaturas nos cladódios e hastes, assim como a temperatura ambiente. As avaliações foram realizadas nas mesmas plantas nos três períodos.

Tabela 3: Temperatura Ambiente x Temperatura Interna no Cladódio

Hora/Época	AGOSTO DE 2009		OUTUBRO DE 2009		DEZEMBRO DE 2009	
	TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. °C	TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. °C	TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. °C
01:00	20	18	21	19	23	21
05:00	20	18	20	18	23	20
09:00	22	28	25	30	29	34
13:00	30	35	32	37	34	41
17:00	25	23	29	27	30	28
21:00	23	21	21	20	24	22

Tabela 4: Temperatura Ambiente x Temperatura Interna na Haste do Mandacaru

Hora/Época	AGOSTO DE 2009		OUTUBRO DE 2009		DEZEMBRO DE 2009	
	TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. °C	TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. °C	TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. °C
01:00	20	17	21	19	23	21
05:00	20	17	20	18	23	20
09:00	22	25	25	28	29	31
13:00	30	29	32	35	34	36
17:00	25	23	29	25	30	28
21:00	23	19	21	19	24	22

Verificou-se que, nos horários mais quentes do dia, as 9h00 e 13h:00, a temperatura interna dos cladódios foi maior que a externa, neste período, essas plantas estão com seu mecanismo de defesa acionado, ou seja, os estômatos estão fechados, evitando a perda de água pela respiração. Estes resultados comprova que a temperatura do ar durante o dia, em geral é maior que a noite, com o acréscimo da temperatura há uma redução da umidade do ar, provocando a evaporação na água presente nos tecidos (Sampaio 2005).

5. Conclusões

Os resultados obtidos nesse estudo permitiram concluir que:

- O período mais indicado para o corte das cactáceas que poderá ser fornecidas aos animais é o final da tarde, pois neste período, ela se encontra com uma menor acidez, e conseqüentemente mais palatável.
- À medida que, a temperatura ambiente aumentou, nos meses estudados, o suco celular dos cladódios da palma forrageira e hastes do mandacaru tornaram-se mais ácidos.

6. Referencias Bibliográficas

ACKERLY, D. D.; REICH, P. B. Convergence and correlations among leaf size function in seed plants: a comparative test using independent contrasts. **American Journal of Botany**, V. 86, p. 1272 – 1281, 1999.

AB'SABER, A. N. Os sertões: a originalidade da terra. **Ciência Hoje**, p. 4-14, 1992.

ADAMS, W. W. III, B. OSMOND, AND T. D. SHARKEY. Responses of two CAM species to different irradiances during growth and susceptibility to photoinhibition by high light. **Plant Physiology**, v. 83, p. 213–218, 1987.

ADAMS, W. W. I., AND B. DEMMIG-ADAMS. Energy dissipation and the xanthophylls cycle in CAM plants. In WINTER, K.; SMITH J. A. C. [eds.], **Crassulacean Acid Metabolism: Biochemistry, Ecophysiology and Evolution**, p. 97-114. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. 1996

ALBUQUERQUE, S. S. C.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V.; *et al.* Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) Cv. Gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, 2002.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris**. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 2002. 18p. (Embrapa-CNPC. Circular Técnica).

ARAÚJO FILHO, J. T. **Efeitos da adubação fosfatada e potássica no crescimento da palma forrageira** (*Opuntia ficus-indica* Mill.) - Clone IPA -20. 2000. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

BARKER, D. H., AND W. W. ADAMS III. The xanthophyll cycle and energy dissipation in differently oriented faces of the cactus *Opuntia macrorhiza*. **Oecologia**, v. 109, p. 353–361, 1997.

BEN SALEM, H. ; NEFZAOU, A. *Opuntia* ssp. – a Strategic Fodder and Efficient Tool to Combat Desertification in the Wana Region. In: MONDRAGON-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZALÉZ, S. E. (Ed.) **Cactus (*Opuntia* Spp.) as forage**. n.169. Roma: FAO, 2002. p.73-90.

BRAVO-HOLLIS, H. **Las cactáceas de México**. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1978.

CHOLLET, R.; VIDAL, J.; OLEARY, M.H. Phosphoenolpyruvate carboxylase: A ubiquitous, highly regulated enzyme in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 47, p. 273-298, 1996.

CHRISTOPHER, J.T.; HOLTUM, J.A.M. Patterns of carbon partitioning in leaves of Crassulacean acid metabolism species during deacidification. **Plant Physiology**, v. 112, p. 393-399, 1996.

CORNEJO, D. O. & B. B. SIMPSON. Analysis of form and function in North American columnar cacti (tribe Pachycereae). **American Journal of Botany** v.84, p.1482-1501, 1997.

COSTA, B. M. C.; MENDONÇA, C. A. G.; CALAZANS, J. A. M. **Forrageiras arbóreas e suculentas para a formação de pastagens**. Cruz das Almas: IPEAL, 1973, p. 15-19 (Circular Técnico, 34).

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

CUSHMAN, J. C.. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. **Plant Physiology** v. 127, p. 1439–1448, 2001.

CUSHMAN, J.C.; BORLAND, A.M. Induction of Crassulacean acid metabolism by water limitation. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 295-310, 2002.

DE MATTOS, E. A.; B. HERZOG, & U. LUTTIGE. Chlorophyll fluorescence during CAM-phases in *Clusia minor* L. under drought stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, p. 253–261, 1999.

DE MATTOS, E. A. y U. Lüttge. Chlorophyll fluorescence and organic acid oscillations during transition from CAM to C₃-photosynthesis in *Clusia minor* L. (Clusiaceae). **Annals of Botany**, v. 88, p 457–463, 2001

DITTRICH, P.; CAMPBELL, W.H.; BLACK, C.C. Phosphoenolpyruvate carboxykinase in plants exhibiting Crassulacean acid metabolism. **Plant Physiology**, v. 52, p. 357-361, 1973.

DODD, A. N., A. M. BORLAND, R. P. HASLAM, H. GRIFFITHS, AND K MAXWELL. Crassulacean acid metabolism: plastic, fantastic. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 569–580, 2002.

DRENNAN, P.M.; NOBEL, P.S. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO₂ concentrations. **Plant Cell and Environment**, v. 23, p. 767-781, 2000.

EHLERINGER, J. R. Y MONSON, R. K. Evolutionary and ecological aspects of photosynthetic pathway variation. **Annual Review Ecology System**, v 24, p. 411-439, 1993

EINHORN, K. S., E. ROSENQVIST Y J. W. LEVERENZ. Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions: implications for forest regeneration? **Oecologia**,v. 140, p. 241–251, 2004.

FARIAS, I., LIRA, M. A., SANTOS, D. C., et al., Efeito da frequência e intensidade de corte em diferentes espaçamentos na cultura da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), em consórcio com o soro granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 6, n. especial, p.169-183, 1989

FARIAS, I.; SANTOS, D.C. dos; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; et al. (eds). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 81-103.

FLORES, C. A. V. **Produccion, industrializacion y comercializacion del nopal como verdura em México**. CIESTAAM - UACH. Chapingo, México, 1994. 18p.

GIBSON, A. C. Y P. S. NOBEL. **The Cactus Primer**. Cambridge: Harvard University Press, Cambridge 286 pp, 1986

GOMES, R. P. **Forragens fartas na seca**. 4. ed. São Paulo : Nobel, 1977. 233p.

GREGORY, R.A. & FELKER, P. Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting *opuntia* forage clones. **Journal of Arid Environments**, v. 22, p. 323-331: 1992.

GRIFFITHS, H., AND J. A. C. SMITH. Photosynthetic pathways in the Bromeliaceae of Trinidad: relations between life-forms, habitat preference and the occurrence of CAM. **Oecologia**, v. 60, p. 176–184, 1983.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000

HILL, A. W. **Index Kewensis: Plantarum Phanerogamarum**, Supplementum decimum. Oxford: University Press, 1958. p.48.

HOFFMANN, W. Etnobotânica. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 12-19.

HOLTUM, J. A. M. Crassulacean acid metabolism: plasticity in expression, complexity of control. **Functional Plant Biology**, v. 29, p.657 – 661, 2002.

KEELEY, J.E. Y S.C. KEELEY. Crassulacean acid metabolis (CAM) in high elevation tropical cactus. **Plant Cell and Environment. Mexico**, v. 12, p.331-336, 1989.

KEELY, J. E. Cam Photosynthesis in submerged aquatic plants. **The Botonical Review**, v. 64, p. 121 – 175, 1998.

KLUGE, M. Y J. BRULFERT. Crassulacean acid metabolism in the genus *Kalanchoë*: ecological, physiological and biochemical aspects. In: K. Winter and J. A. C. Smith. Eds. **Crassuladcean acid metabolism: biochemistry, ecophysiology and evolution**. Springer, Berlin. 1996

LERDAU M. T., N.M. Holbrook, H.A. Mooney, P.M. Rich y J.L. Whitbeck. Seasonal patterns of acid fluctuations and resource storage in the arborescent cactus *Opuntia excels* in relation to light availability and size. **Oecologia**,v 92, p. 166-171, 1992

- OLIVEIRA, E.R. Nutrição de caprinos e ovinos no nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 3., 1990, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: CCA/UFPB, 1990. p. 94-107.
- OLIVEIRA, F. R., Alternativas de alimentação para a pecuária no semiárido nordestino. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 6, 1996, Natal. **Anais...** Natal: Simpósio Nacional de Produção Animal, 1996, p. 127-147.
- OSMOND, C.B. Crassulacean acid metabolism - Curiosity in context. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 29, p. 379-414, 1978.
- PESSOA, A. S. **Cultura da palma forrageira**. Recife: SUDENE / Divisão de documentação. 98 p., 1967. 98p. (Agricultura, 5)
- REYES-AGUERO J. A.; AGUIRRE-RIVERA J. R.; HERNANDEZ H. M. Notas sistemáticas e descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L)Mill. (cactaceae). Colegio de Pos-graduados. Texcoco, México. **Agrociência**, v. 39, n. 4. p.395-909, 2005.
- REIS, R. A.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; FREITAS, D. *et al.* Suplementação protéica energética e mineral em sistemas de produção de gado de corte nas águas e nas secas. In.: Pecuária de corte intensiva nos trópicos. 1ª ed. Piracicaba: **FEALQ**, 2004, v1, p. 171-226.
- REYES-AGUERO, J.A.; AGUIRRE-RIVERA, J.R.; VALIENTE-BANUET, A.Reproductive biology of *Opuntia*: A review. **Journal of Arid Environments**, v. 64, n. 4, p. 549-585, 2006.
- SALISBURY, F. B. & ROSS, C. W. **Plant Physiology**. Wadsworth, 1978. p. 361 - 366.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; **A Palma Forrageira no Nordeste Brasileiro**. Recife, PE. 2005, 49p.
- SANTOS, M.V.F. **Composição química, armazenamento e avaliação de palma forrageira, (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenilifera* Salm Dyck) na produção de leite em Recife, PE**. 1989, 124f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1989.
- SANTOS, M.V.F. dos. *et al.* Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante,redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill) e miúda (*Nopalia cochonillifera* Salm Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SANTOS, F. A. R., **Morfologia polínica de cactáceas das caatingas**. Recife, 1993. 116f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Departamento de Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco 1993.
- SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; NASCIMENTO, M.M.A. do; LIRA, M. de A.; TABOSA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 12, p. 1947-1957, 1994.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.de A.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M.V.F.dos; ARRUDA G .P. de. **A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill. E *Nopalea cochinillifera*, Salm Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização.** Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recife-PE. IPA, 1997. 23p. (IPA. Documentos, 25).

SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; et al., Adensamento e frequências de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 35, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 512-514.

S.A.R.H. 1992. Dirección General de Política Agrícola. **Reunión Nacional del Sistema-Producto Nopal y Tuna.** México, 1992. p. 13-15

SILVA, J. G. M.; SILVA, D. S.; FERREIRA, M. A.; LIMA, G. F. C.; MELO, A. A. S.; DINIZ, M. C. N. M. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl.) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1408-1417, 2005.

SILVA, C.C.F. da; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. *Revista Eletrônica de Veterinária*, v. 7, n. 10, p. 1- 13, 2006. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Consultado em 16 de setembro de 2008.

SISVAR 3.5, Universidade Federal de Lavras (MG), 2008.

SUDZUKI, F., MUÑOZ, C Y BERGER, H. **El cultivo de la tuna** (Cactus Pear). Departamento de reproducción Agrícola. Universidad de Chile, 1993. 42p

SUDZUKI-HILLS, F. Anatomia e fisiologia. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira.** Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 28-34.

TEIXEIRA, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; PEREZ, J.R.O.; TRINDADE, I.A.C.M.; MORON, I.R. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* (L.) Lyons- Cactáceae) em bovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 179-186, 1999.

VALDEZ, C.A.F.; OSORIO, G.A. *Opuntia*- based ruminant feeding systems in México.1997. Disponível em [http://www. Jpacd.org](http://www.Jpacd.org). Consultado em 07 de Agosto de 2009.

TING, I.P. Crassulacean Acid Metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 36, p. 595-622, 1985.

VALDEZ, C.A.F.; OSORIO, G.A. *Opuntia*- based ruminant feeding systems in México. 1997. Disponível em <http://www. Jpacd.org>. Consultado em 05 de novembro de 2009.

VIANA, O. J., Pastagem de cactáceas nas condições Nordeste. *Zotecnica*, v. 7, n. 2 p. 55-69, 1969.

VERCOE, J. E. Pastures for prosperity. 5. The role of animal Science. **Trop. Grasslands**, v.30, n.1, p.58-72, 1996.

WANDERLEY, W.L. *et al.* Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 273-281, 2002.

WINTER, K. e SMITH, J.A.C. Crassulacean acid metabolism: current status and perspectives. In: WINTER, K.; SMITH, J.A.C.. Eds. **Crassulacean acid metabolism: biochemistry, ecophysiology and evolution**. Springer, Berlin. 1996.

WINTER, K.; ARANDA, J.; HOLTUM, J.A.M. Carbon isotope composition and water-use efficiency in plants with crassulacean acid metabolism. **Functional Plant Biology**, v. 32, p. 381-388, 2005.

7 Apêndices

7.1 Apêndice A Quadro dos resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para o pH na *Opuntia ficus - indica*.

Quadro 1 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH na palma em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	12,66809	6,33404	77,552 **
R. Linear	1	10,3360	154,488	154,488**
R. Quadrática	1	4.6556	69,585	69,585**
Resíduo	15	1,22511	0,08167	
Parcelas	17	13,8932		
Período	(5)	35,7012	7,1403	106,722**
R. Linear	1	10,3360	154,488	154,488**
R. Quadrática	1	4.6556	69,585	69,585**
R. Cúbica	1	7.5188	112,380	112,380**
R. 4º Grau	1	1.8288	27,335	27,335**
R. 5º Grau	1	11.3620	169,823	169,823**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	16,8033	1,6803	25,115**
Resíduo	75	5,01788	0,06691	
Total	107	71,41567		

Quadro 2 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH na palma no mês de agosto em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	12,66809	6,33404	77,552 **
R. Linear	1	23,971	23,971	35,829**
R. Quadrática	1	17,021	17,021	25,442**
Resíduo	15	1,22511	0,08167	
Parcelas	17	13,8932		
Período	(5)	35,7012	7,1403	106,722**
R. Linear	1	23,971	23,971	35,829**
R. Quadrática	1	17,021	17,021	25,442**
R. Cúbica	1	2,391	2,391	3,574 ns
R. 4º Grau	1	22,750	22,750	34,004**
R. 5º Grau	1	151, 220	151, 220	226,022**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	16,8033	1,6803	25,115**
Resíduo	75	5,01788	0,06691	
Total	107	71,41567		

Quadro 3 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH na palma no mês de outubro em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	12,66809	6,33404	77,552 **
R. Linear	1	51,748	51,748	77,346**
R. Quadrática	1	14,357	14,357	21,459**
Resíduo	15	1,22511	0,08167	
Parcelas	17	13,8932		
Período	(5)	35,7012	7,1403	106,722**
R. Linear	1	51,748	51,748	77,346**
R. Quadrática	1	14,357	14,357	21,459**
R. Cúbica	1	10,255	10,255	15,328**
R. 4º Grau	1	8,514	8,514	12,726**
R. 5º Grau	1	67,386	67,386	100,720**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	16,8033	1,6803	25,115**
Resíduo	75	5,01788	0,06691	
Total	107	71,41567		

Quadro 4 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH na palma no mês de dezembro em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	12,66809	6,33404	77,552 **
R. Linear	1	30,464	30,464	45,533**
R. Quadrática	1	15,235	15,235	22,771**
Resíduo	15	1,22511	0,08167	
Parcelas	17	13,8932		
Período	(5)	35,7012	7,1403	106,722**
R. Linear	1	30,464	30,464	45,533**
R. Quadrática	1	15,235	15,235	22,771**
R. Cúbica	1	105,474	105,474	157,649**
R. 4º Grau	1	7,872	7,872	0,118 ns
R. 5º Grau	1	4,176	4,176	6,243*
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	16,8033	1,6803	25,115**
Resíduo	75	5,01788	0,06691	
Total	107	71,41567		

7.1 Apêndice B Quadro dos resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para o pH no *Cereus jamacaru* DC.

Quadro 1 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH no mandacaru em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	1,89152	0,9457	6,097 *
R. Linear	1	19,7450	19,7450	236,279**
R. Quadrática	1	1,10744	1,10744	13,252**
Resíduo	15	2,3267	0,1551	
Parcelas	17	4,21824		
Período	(5)	38,2468	7,6494	91,536**
R. Linear	1	19,7450	19,7450	236,279**
R. Quadrática	1	1,10744	1,10744	13,252**
R. Cúbica	1	11,8350	11,8350	141,642**
R. 4º Grau	1	1,5224	1,5224	18,218**
R. 5º Grau	1	4,0370	4,0370	48,308**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	14,6451	1,4645	17,525**
Resíduo	75	6,2675	0,0836	
Total	107	63,3777		

Quadro 2 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH no mandacaru no mês de agosto em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	1,89152	0,9457	6,097 *
R. Linear	1	4,3432	4,3432	51,973**
R. Quadrática	1	1,6240	1,6240	19,434**
Resíduo	15	2,3267	0,1551	
Parcelas	17	4,21824		
Período	(5)	38,2468	7,6494	91,536**
R. Linear	1	4,3432	4,3432	51,973**
R. Quadrática	1	1,6240	1,6240	19,434**
R. Cúbica	1	1,5939	1,5939	19,074**
R. 4º Grau	1	0,1200	0,1200	1,436 *
R. 5º Grau	1	10,2169	10,2169	122,261**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	14,6451	1,4645	17,525**
Resíduo	75	6,2675	0,0836	
Total	107	63,3777		

Quadro 3 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH no mandacaru no mês de outubro em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	1,89152	0,9457	6,097 *
R. Linear	1	6,3985	6,3985	71,568**
R. Quadrática	1	0,3483	0,3483	4,168 *
Resíduo	15	2,3267	0,1551	
Parcelas	17	4,21824		
Período	(5)	38,2468	7,6494	91,536**
R. Linear	1	6,3985	6,3985	71,568**
R. Quadrática	1	0,3483	0,3483	4,168 *
R. Cúbica	1	1,9516	1,9516	23,354**
R. 4º Grau	1	1,4098	1,4098	16,871**
R. 5º Grau	1	2,4714	2,4714	29,575**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	14,6451	1,4645	17,525**
Resíduo	75	6,2675	0,0836	
Total	107	63,3777		

Quadro 4 Resultados parciais da ANOVA da regressão polinomial para pH no mandacaru no mês de dezembro em função das horas do dia.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Épocas	(2)	1,89152	0,9457	6,097 *
R. Linear	1			
R. Quadrática	1			
Resíduo	15	2,3267	0,1551	
Parcelas	17	4,21824		
Período	(5)	38,2468	7,6494	91,536**
R. Linear	1	9,5040	9,5040	113,731**
R. Quadrática	1	0,0012	0,0012	0,021 ns
R. Cúbica	1	10,8841	10,8841	130,245**
R. 4º Grau	1	0,0008	0,0008	4,356*
R. 5º Grau	1	0,0000	0,0000	19,865**
Desvio de Regressão	0	0,0000	0,0000	0,0000
Interação Épocas x Períodos	10	14,6451	1,4645	17,525**
Resíduo	75	6,2675	0,0836	
Total	107	63,3777		