



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE
CLADÓDIOS DE PALMA *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck**

ULISSES DOS SANTOS PEREIRA

Pombal – PB

2022

ULISSES DOS SANTOS PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE
CLADÓDIOS DE PALMA *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de
Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como requisito
para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa

Pombal – PB

2022

P436c Pereira, Ulisses dos Santos.

Caracterização físico-química e atividade respiratória de cladódios de palma *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck / Ulisses dos Santos Pereira. – Pombal, 2022.

28 f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa”.

Referências.

1. Cactácea. 2. Cladódio. 3. Pós-colheita de palma. 4. Respiração em cladódios. I. Costa, Franciscleudo Bezerra da. II. Título.

CDU 582.661.56(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE
CLADÓDIOS DE PALMA *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck**

ULISSES DOS SANTOS PEREIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, como requisito para a obtenção
do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 26/08/2022

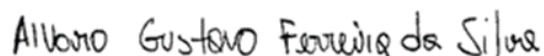
BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa
UATA / CCTA / UFCG



Examinador: Prof. Dr. Marcelo Cleón de Castro Silva
UAGRA / CCTA / UFCG



Examinador: Álvaro Gustavo Ferreira da Silva
DCAN/FEA/UNICAMP

A minha mãe, Ana Roseli dos Santos Pereira, por todo cuidado e amor incondicional em todos os dias da minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo gostaria de agradecer à Deus, pelo dom da vida, e por ter me dado forças, sabedoria e perseverança para não desistir durante minha caminhada árdua até aqui.

Aos meus pais João Carlos Ribeiro Pereira e Ana Roseli dos Santos Pereira, por todo amor, companheirismo, compreensão, incentivo e por estarem sempre presentes mesmo estando sempre distantes.

A minha irmã Taline Pereira, por todo apoio, incentivo e está presente sempre.

Os meus sobrinhos Tawan Pereira e Thaila Araujo, pelo simples fato de existirem e me fazerem melhor a cada dia por vocês, tio ama vocês.

À minha noiva Ana Paula, por ser tudo em minha vida, estando sempre ao meu lado, me dando forças, me apoiando.

Aos os irmãos que a UFCG me deu, Irlan Victor e Matheus Bernadino, Deus não poderia colocar pessoas melhores em minha vida.

Agradecer à todas amizades que fiz em Pombal, João Batista, Antares Bandeira, José Galdino, Caca, Junior, Jorge Henrique, Marcos Sousa, Segundo Araújo, Alan Carlos, Mauro Junior, Webson Caique, Marcelo Iran, Leticia Pinheiro, Maressa Isma, entre outros. Os que não citei mil desculpas, todos foram e serão importantes em minha trajetória.

À minha amiga Irmã Rute Lemos, por ser sempre presente, dividir todos os momentos, os finais de semana sozinhos, os almoços de domingo, o cuscuz com salsicha. Te amo minha “rapariga”, conte comigo sempre.

Ao meu orientador Franciscleudo Bezerra, pelo apoio e dedicação sempre, estando ao meu lado me orientando com excelência no desenvolvimento desse trabalho.

A meu supervisor de estágio, Eng. Agrônomo Pedro Kleston, pela confiança, orientação e ensinamentos. Aos agrônomos e amigos Erik Gomes e Tássio Almeida por todo conhecimento prático e teórico que compartilharam comigo durante o estágio.

Aos amigos do grupo de pesquisa, Eder Pereira, Jonnathan Nunes, Charlene Maria, Bren Carla de Medeiros, Marcio Santos e Larissa Macêdo pelo companheirismo e comprometimento de todos, levarei o conhecimento compartilhado para sempre.

Ao Mestrando Álvaro Gustavo por todo apoio e comprometimento nas inúmeras vezes que precisei, e por aceitar o convite para participar a banca examinadora, não tenho palavras para agradecer, meu muitíssimo obrigado.

PEREIRA, U. S. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE CLADÓDIOS DE PALMA** *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck 2022. 28 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.

RESUMO

As características físico-químicas em cladódios de palma *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck, apresentam variação de acordo com o estágio de desenvolvimento, primordialmente na respiração, característica determinante para a vida útil pós-colheita do tecido. Dessa forma, objetivou-se caracterizar quanto a físico-química e atividade respiratória de cladódios de palma *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck. Os cladódios foram colhidos, higienizados e selecionados quanto ao tamanho, variando de 0-4; 4-8; 8-12; 12-16 e 16-20 cm de diâmetro longitudinal. O diâmetro transversal, massa fresca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e atividade respiratória foram avaliados, em cinco repetições. Os cladódios menores obtiveram maiores teores de açúcares e maior atividade respiratória, enquanto os cladódios de maior tamanho apresentaram maiores diâmetros e maiores teores de ácido ascórbico, massa fresca e acidez titulável.

Palavras-chave: Cactácea, cladódio, pós-colheita de palma, respiração

PEREIRA, U. S. **PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND RESPIRATORY ACTIVITY OF PALM CLADODES** *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck. 2022. 23 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.

ABSTRACT

The physicochemical characteristics of cladodes of the *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck cactus show variation according to the stage of development, primarily in respiration, a determining characteristic for the post-harvest shelf life of the tissue. Thus, the objective was to evaluate the physicochemical characteristics and respiratory activity of cladodes of the palm *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck. The cladodes were harvested, sanitized and selected according to their developmental stage, ranging from 0-4; 4-8; 8-12; 12-16 and 16-20 cm in longitudinal diameter. The transversal diameters, fresh mass, pH, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid, total soluble sugars, reducing sugars and respiratory activity were evaluated in five replications. The smaller cladodes had higher levels of sugars and higher respiratory activity, while the larger cladodes had larger diameters and higher levels of ascorbic acid, fresh mass and titratable acidity.

Keywords: Cactaceae, cladode, post-harvert palm, respiration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Semiárido	11
2.2 Palma miúda (<i>Nopalea cochenilifera</i> (L.) <i>Salm-Dyck</i>)	11
2.2.1 Origem	12
2.2.2 Utilização	12
2.2.3 Características	13
2.2.4 Respiração	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Instalação do experimento	15
3.2 Análises físico-químicas	15
3.3 Análise Estatística	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno climático que está sempre associado à deficiência hídrica. Ocorre quando a precipitação apresenta valores inferiores ao do normal climatológico, em um determinado período de tempo (BARRA, 2002). Esse fenômeno acontece frequentemente no semiárido brasileiro e os efeitos ocasionam dificuldade de acesso à água, fome, perdas das lavouras e êxodo da população rural para as cidades (MACHADO et al., 2017).

Uma opção interessante para zonas áridas e semiáridas é a palma forrageira. A palma pertence à família Cactaceae e é classificada como uma planta CAM, ou seja, ela consegue fechar seus estômatos durante o dia e abrir durante a noite, quando a temperatura é mais amena, capturando o CO₂. Com isso, ocorre uma maior eficiência no uso da água (CARVALHO FILHO, 2018).

A palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck) é uma cactácea muito utilizada na alimentação de ruminantes no Nordeste do Brasil (CARVALHO FILHO, 2018). Esta palma possui porte pequeno e caule ramificado, rica em vitaminas do complexo B e C, minerais como Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio e 17 tipos de aminoácidos, sendo considerada mais nutritiva que muitas hortaliças convencionais como a couve e a beterraba, além de ser um produto mais econômico e de extrema importância para tratamentos de saúde (NUNES, 2011). Nesse sentido, o valor nutricional de brotos de palma cv. Miúda tem despertado o interesse da comunidade científica por informações referentes ao seu potencial hortícola, com o objetivo de introduzi-las na dieta alimentar (CHIACCHIO et al., 2006).

Apesar de existirem muitas pesquisas dando ênfase à qualidade pós-colheita de palma, não há informações referentes ao comportamento metabólico da respiração em cladódios jovens nos diferentes estádios de desenvolvimento, visto que a qualidade pós colheita dos cladódios altera-se com a mudança do padrão de respiração. A taxa respiratória reflete o nível de demanda metabólica. Assim, plantas, órgãos ou tecidos jovens respiram mais rapidamente do que plantas, órgãos ou tecidos velhos, mudando drasticamente a qualidade pós-colheita de acordo com o estágio de desenvolvimento, que envolve perda de nutrientes, aceleração do processo de senescência e redução da vida de prateleira dos mesmos (VIEIRA et al., 2010).

Diante destes aspectos, objetivou-se determinar as características físico-químicas e o comportamento da atividade respiratória em cladódios da palma *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes estádios de desenvolvimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Semiárido

O semiárido Brasileiro possui características climáticas bastante marcantes, com uma precipitação pluviométrica entre 300 a 800 mm anuais, sendo concentrado nos primeiros meses, e estiagem no restante do ano. Solos com uma variada diversidade pedológica, apresentando de baixa à boa fertilidade, constituído em grande parte por rochas cristalinas (CRISPIM et al., 2016).

Os solos semiáridos da região nordeste apresentam baixa produtividade devido a alguns fatores, escassez hídrica, altas temperaturas, solos rasos, entre outros. Outro fator que influencia bastante no rendimento das lavouras é a baixa tecnificação utilizada, com isso a oferta de alimentos para alimentação humana e animal é reduzida (ANGELOTTI et al., 2017). A má distribuição das chuvas na região gera grandes prejuízos a produção agrícola, a pecuária, aos mananciais e na geração de energia elétrica, todos esses aspectos iram refletir diretamente na economia nordestina.

Portanto, as potencialidades necessitam serem exploradas para balancear as dificuldades desse bioma. O uso de cobertura morta, consócio e o cultivo de plantas perenes e/ou anuais adaptadas às condições climáticas, como a palma forrageira, são algumas das alternativas para amenizar as adversidades climáticas da região (SOUZA et al., 2019).

2.2 Palma miúda (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck)

A produção de palma forrageira no Brasil é de 3.581.469,148 toneladas em 126.925 estabelecimentos. Os estados com maiores produções em ordem decrescente são, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Rio Grande do Norte e Ceará (IBGE, 2017).

A palma cv. 'Miúda' pertence à família Cactaceae e é conhecida por ser uma planta capaz de resistir produtivamente em condições de estresse hídrico. Possui uma série de adaptações ao clima semiárido, tais como ausência de folhas, capacidade de armazenar água nos caules (raquetes), e mecanismo CAM. Esse mecanismo inverte o horário de abertura dos estômatos das plantas para ocorrer durante a noite, capturando o CO₂, o qual é sintetizado e estocado em suas células para utilização na fotossíntese no decorrer do dia seguinte com os estômatos fechados. Este processo diminui consideravelmente a perda de água pela transpiração, o que lhe confere uma alta eficiência no uso da água. Além disso, sua espessa

cutícula e a presença de uma camada de cera minimiza as perdas de água (CARVALHO FILHO, 2018).

2.2.1 Origem

A palma cv. 'Miúda' é originária do México, mas atualmente é cultivada em diversas partes do mundo (NOBEL, 2001). No Brasil, foi introduzida durante o período da colonização, destinada à criação de um tipo de cochonilha que produz um corante de alto valor, chamado de carmim (ALBUQUERQUE; SANTOS, 2005). Na região Nordeste o cultivo se deu principalmente em virtude de suas características morfológicas serem adequadas ao clima semiárido (SILVA, 2012).

Juntamente com outras espécies de cactáceas, são encontradas três espécies na região Nordeste, sendo elas: a palma 'Redonda' (*Opuntia* sp.), a palma 'Miúda' (*Nopalea cochenilifera*) e a palma 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica*). Juntas, formam a paisagem típica da região Semiárida do Nordeste, sendo encontrado nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais (SANTOS et al., 2012).

2.2.2 Utilização

As diferentes cultivares de palma se consolidaram como planta forrageira, utilizada em diferentes sistemas de produção animal. Entretanto as mesmas possuem diversas outras utilidades, alimentação humana, conservação e recuperação de solos, produção de insumos e medicamentos, cercas vivas, paisagismo, entre outras utilidades. Considerada a planta com maior exploração nas zonas áridas e semiáridas de todo o mundo, entretanto sua real dimensão produtiva ainda não foi plenamente explorada no Nordeste Brasileiro (XAVIER JÚNIOR, 2018). Contudo, essa planta é de enorme potencial produtivo e, em outros países, é aproveitada para vários outros fins, de acordo com as características culturais de cada local.

O broto da palma tem apresentado em média 91% de água, 5% de carboidratos totais, 1,5% de proteína, 4% de fibra e alguns minerais. Também contém quantidades moderadas de vitamina C (10-15 mg/100 g) e o precursor da vitamina A, o β -caroteno (LOPES, 2007). Comparando o valor nutritivo da palma forrageira com algumas olerícolas como tomate, pimentão, vagem, quiabo, chuchu e couve-flor, comprovou que os brotos de palma apresentaram valores superiores de Fe (2,8 mg/100g) e Ca (200 mg/100g).

2.2.3 Características

Nopalea cochenilifera (L.) Salm - Dick é uma espécie do gênero *Nopalea*, da família *Cactaceae*, subfamília *Opuntioideae*, ordem *Caryophyllales*, classe *Magnoliopsida*, divisão *Magnoliophyta* e reino *Plantae* (ANOOP et al., 2012). Possui porte pequeno e caule ramificado. Sua raquete pesa cerca de 350 g, possui quase 25 cm de comprimento, forma acentuadamente obovada (ápice mais largo que a base) e coloração verde intenso brilhante. As flores são vermelhas e sua corola permanece meio fechada durante o ciclo. O fruto é uma baga de coloração roxa (SILVA, 2015).

Com a evolução da *Nopalea cochenillifera* ao longo dos anos, a mesma desenvolveu cladódios capazes de realizar fotossíntese, e folhas que se tornaram espinhos, o que a permite fotossintetizar em ambos os lados dos cladódios. Estes, por sua vez, se posicionam no dossel em um ângulo mais ereto, diminuindo a interceptação de luz das plantas (NOBEL, 1980).

A suculência dessa planta se dá pela grande capacidade de armazenamento de água das células do parênquima. A grande espessura de sua cutícula, e uma camada de cera mais espessa, possibilita a esta planta pequenas perdas de água. Suas raízes são rasas e concentradas em mais de 90% nos primeiros 20 cm de solo. São adaptadas para captar rapidamente água oriunda de chuvas irregulares, pouco volumosas. As raízes apresentam-se densas e bem distribuídas num raio de 1,5 m da base da planta (CARVALHO FILHO, 2018).

Os estômatos aparecem uniformemente de ambos os lados da superfície do caule. O sistema radicular é composto de raízes carnosas e superficiais, com uma distribuição horizontal, cuja disposição pode depender do solo e do manejo da cultura. Uma das características marcante é seu caule modificado, expandido em estruturas suculentas verdes, denominadas cladódios. É uma espécie domesticada há muitos séculos e é propagada pelas sementes ou vegetativamente.

2.2.4 Respiração

A respiração é um processo celular por meio do qual a célula libera energia. Nesse processo ocorre uma oxidação de substratos orgânicos (açúcares, lipídios ou proteínas), levando a produção de substâncias mais simples necessárias para a biossíntese celular, energia para diversas atividades celulares e liberação de gás carbônico. É um processo que envolve uma série de reações que levam a produção de compostos intermediários, aminoácidos, pigmentos

fotosintéticos, celulose, fitohormônios, e inúmeras outras biomoléculas essenciais as células (VIEIRA et. al, 2010).

A atividade respiratória é dividida em respiração de crescimento e de manutenção. A respiração de crescimento fornece a energia utilizada na conversão de açúcares em unidades estruturais que produzem os novos tecidos e reflete o nível de demanda metabólica, ou seja, tecidos jovens respiram mais rapidamente pelo fato de as células estarem em processos de divisão e de alongamento. As plantas tem capacidade de respirar por todos os seus órgãos, das raízes até as folhas. Mas, essa respiração ocorre com mais intensidade em órgãos que apresentam maior desenvolvimento, afinal esses precisam de maior quantidade de energia para a sintetização do material orgânico (PEIXOTO, 2020).

Quando a planta ou órgão aproxima-se da maturidade, o crescimento e as demandas metabólicas a ele associadas também decrescem. Por outro lado, a respiração de manutenção é necessária para sustentar o funcionamento e a reposição dos tecidos já presentes. A absorção iônica, carregamento do floema, renovação de proteínas e lipídios, transporte ativo de íons e respiração alternativo são exemplos de respiração de manutenção (VIEIRA et. al., 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação do experimento

Quatrocentos cladódios maduros (secundários, terciários e quaternários) de palma “Miúda” (*Nopalea cochenilifera* (L.) *Salm-Dyck*), com 19 meses de idade, foram obtidos a partir do experimento realizado na UFCG campus de Pombal (7°12’58.67” de latitude sul e 35°54’35.71” de longitude Oeste). Os cladódios maduros colhidos foram cultivados na Fazenda experimental professor Rolando Enrique Rivas Castellón (6°48’45” de latitude Sul e 37°55’43” de longitude Oeste), a uma altitude de 190 m e cerca de 38km de Pombal, Paraíba, Brasil. A calda bordalesa foi aplicada para prevenção de doenças fúngicas e controle de pragas. Os cladódios foram plantados em 342 m² na posição vertical, no sentido Leste-Oeste, em delineamento de blocos casualizados, distribuídos em quatro blocos com 19 x 9 m, contendo 5 parcelas experimentais. As parcelas foram formadas por quatro linhas de plantio, com cinco plantas espaçadas por 0,5 m, totalizando vinte parcelas experimentais com 4 repetições. O espaçamento entre linhas, parcelas e blocos foram de 1,6; 1,6 e 2,0 m, respectivamente. A irrigação foi realizada via gotejamento, com vazão de 2,2 litros por hora, e com espaçamento de 0,5 m entre gotejadores. Foi realizada duas vezes por semana, durante 30 minutos no final do dia.

Cladódios jovens oriundos do cultivo dos cladódios maduros foram utilizados para o presente estudo. Os cladódios foram colhidos manualmente entre às 05:00 e 07:00 h da manhã, selecionados de acordo com a aparência (ausência de injúrias mecânicas) e nos tamanhos (0 a 4; 4 a 8; 8 a 12; 12 a 16; e, 16 a 20 cm).

3.2 Análises físico-químicas

Os cladódios foram triturados em liquidificador com água destilada em uma proporção 1:1 para a obtenção do extrato aquoso. O extrato obtido foi analisado, em quintuplicata, quanto aos seguintes parâmetros:

- **Diâmetro:** o diâmetro transversal (DT) foi determinado com a utilização de paquímetro digital, profissional em aço 150mm (Mtx, 316119). Os resultados foram expressados em centímetros (cm).

-**Massa fresca (MF):** obtida com a utilização de balança semianalítica com precisão de 0,01g (SSR 600-Bel). Os resultados foram expressos em gramas (g).

-Sólidos solúveis (SS): determinados com refratômetro digital (Hanna, Hi96801) com compensação automática de temperatura, a partir do extrato oriundo dos cladódios jovens. Os resultados foram expressados em porcentagem (%).

-Potencial Hidrogeniônico (pH): especificado por leitura direta do extrato em potenciômetro de bancada digital (Digimed, DM-22).

-Acidez titulável (AT): determinada por titulação com NaOH 0,1 N utilizando fenolftaleína alcoólica 1,0%, como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem do ácido málico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

-Razão sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT): razão obtida a partir dos valores de sólidos solúveis e da acidez titulável.

-Ácido Ascórbico (AA): um grama do extrato dos cladódios de palma foi adicionado a 49 mL de ácido oxálico 0,5% e titulado com solução de Tillmans até atingir coloração rosa conforme método (365/IV) descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

-Açúcares solúveis totais (AST): os açúcares solúveis foram determinados pelo método da Antrona (YEMM; WILLIS, 1954). Cerca de 0,1 g de massa fresca foi macerado em 3 mL de água destilada e completado o volume para 100 mL; o extrato filtrado em papel filtro e uma alíquota de 100 µL do extrato diluído mais 900 µL de água destilada e 2000 µL de Antrona foram utilizados para reação em água fervente, por 3 minutos, seguido de resfriamento, em água com gelo, até temperatura ambiente. As leituras das amostras foram em espectrofotômetro (SP-1105) a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.

-Açúcares redutores (AR): Com adaptações foram estimados de acordo com Miller (1959). Foi pesado 1,0 de da amostra, macerada e posteriormente diluída em 50 mL de água destilada, após repouso, foi filtrada em filtro de papel tomadas em tubos de vidro os reagentes seguindo a mesma ordem da curva padrão. Foi adicionado a amostra, a água e o DNS a 1%. Em seguida os tubos foram levados a banho-maria a 100 °C por 5 minutos, deixado retornar a temperatura ambiente sobre bancada, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro (SP-1105) na absorvância de 540 nm.

- Respiração: a taxa respiratória $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de massa fresca foi determinada de acordo com Crispim et al. (1994) e com adaptações conforme descrição por Silva et al. (2017). Os cladódios de palma foram acondicionados no interior de potes plásticos com tampa, com capacidade para 750 ml, por 6 horas, permanecendo sob uma bancada em temperatura ambiente controlada (24 ± 1 °C e $32 \pm 2\%$ UR). Dentro dos recipientes, foi adicionado recipiente contendo

NaOH 0,5 N, para fixar o CO₂ produzido na respiração. Para evitar trocas gasosas com o meio, as tampas dos recipientes foram vedadas com silicone. Após o tempo de 6 horas, a solução de NaOH foi acrescido de três gotas do indicador fenolftaleína e 10 ml de BaCl₂ 0,2 N, em um erlenmeyer e submetidos à titulação com ácido clorídrico a 0,1 N. O cálculo final da taxa respiratória foi expresso em mg CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ de massa fresca.

3.3 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), comparados pelo teste de Tukey com nível de 5% de probabilidade e à Análise de Correlação de Pearson utilizando o software AgroEstat® (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2015). Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada com os dados centrados na média utilizando o software PAST 4.08 (HAMMER ET al., 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade respiratória dos cladódios de palma “Miúda” diminuiu consideravelmente nos tamanhos 1 ao 4 (0 a 16 cm) e se estabilizou nos últimos (16 a 20 cm) (Figura 1).

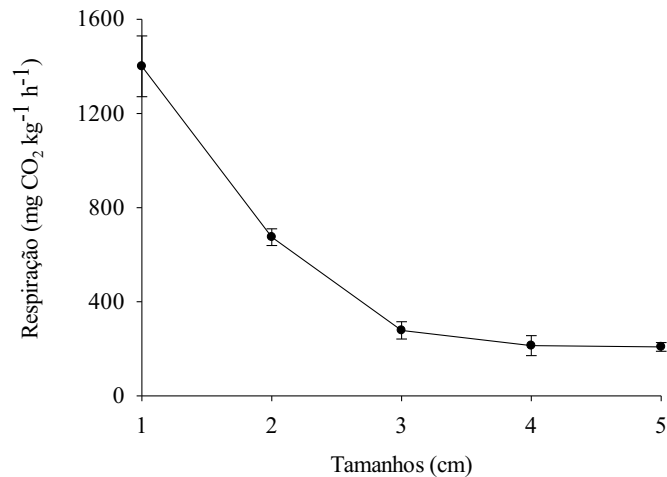


Figura 1. Atividade respiratória de cladódios da *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes estádios de desenvolvimento.

A atividade respiratória (Figura 4) diminui com o crescimento dos cladódios (Figura 4A) por causa dos processos de transformação oriundos da maturação. Durante a maturação, as taxas de CO₂ e O₂ sofrem alteração, em que se aumenta a quantidade de gás carbônico e diminui a quantidade de oxigênio presente no tecido vegetal. Esses elementos estão diretamente ligados aos processos de transpiração e respiração (PIGOZZI et al., 2020). Quanto maior a taxa respiratória (maior concentração de O₂), maior a degradação do vegetal. (RENATO et al., 2018).

Visando um prolongamento de vida de prateleira, a taxa de respiração deve estar bem reduzida, mantendo apenas as atividades essenciais dos vegetais. Nesses moldes, a reserva armazenada é gasta lentamente, aumentando o tempo de pós-colheita do vegetal (GOYETTE et al., 2012). Alguns fatores podem influenciar diretamente na atividade respiratória. Local de armazenamento ou estocagem, composição gasosa e temperatura são considerados os principais fatores que podem influenciar na atividade respiratória dos vegetais (MANGARAJ et al., 2011).

A respiração é considerada o principal processo fisiológico das plantas, ocorrendo a oxidação das substâncias orgânicas nas mitocôndrias e nos sistemas enzimáticos das células. Para manter a atividade respiratória acontecendo mesmo no período de pós-colheita, o vegetal

usa suas reservas de substrato que foram acumuladas durante o processo de crescimento e maturação (CHITARRA, 2005). Essa atividade pode ser afetada por fatores internos e externos. Nos internos os vegetais de maneira geral, diferem muito uns dos outros, em estágio de maturação, composição química e genótipo. Já nos fatores externos podemos levar em conta a composição atmosférica, umidade relativa e estresse físico (SALTVEIT, 2016).

Os valores do diâmetro transversal e a massa fresca aumentaram com o desenvolvimento dos cladódios (Figura 2).

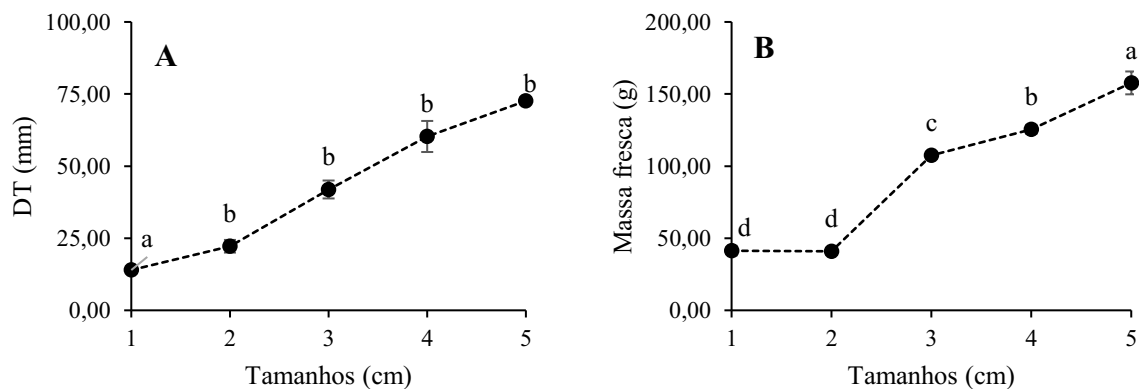


Figura 1. Diâmetro transversal (DT) e massa fresca (MF) de cladódios da *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes tamanhos de desenvolvimento.

DT (Figura 2A) e MF (Figura 2B) aumentam com o desenvolvimento dos cladódios por causa da absorção de água e nutrientes durante o ciclo de crescimento do cladódio. Conforme avançam os estágios de desenvolvimento, os cladódios aumentam de tamanho e de massa. No entanto, alguns fatores podem interferir nos diâmetros e no conteúdo de massa fresca, retardando seu desenvolvimento, como as condições edafoclimáticas e disponibilidade de nutrientes e água (DALASTRA et al., 2018).

Os valores de pH, os teores de SS e razão SS/AT reduziram, enquanto os teores de AT aumentaram com o desenvolvimento dos cladódios (Figura 3).

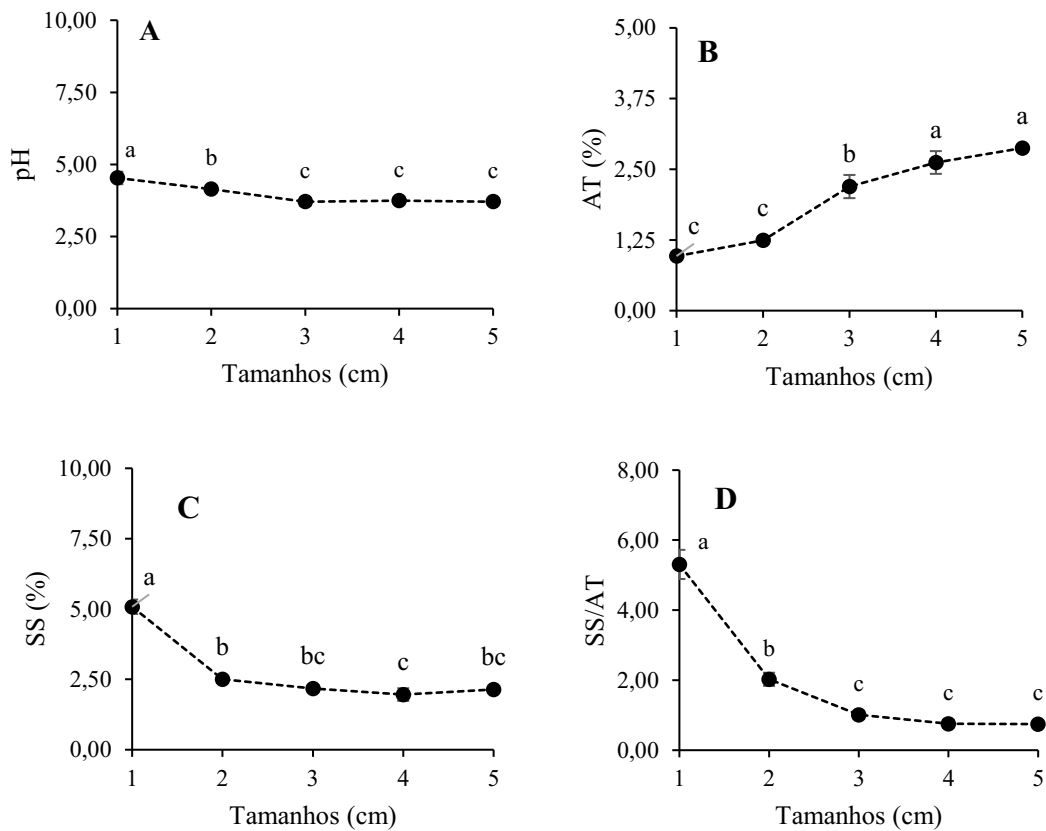


Figura 3. Potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e razão SS/AT de cladódios da *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes tamanhos de desenvolvimento.

A variação nos valores do pH e AT podem ser explicadas pelo aumento de ácidos orgânicos presentes na reserva durante todo o ciclo de crescimento. Esses ácidos são considerados essenciais para os vegetais e sua sobrevivência, essencialmente no período de pós-colheita (RINALDI et al., 2017). Baixos valores de pH são interessantes para fins tecnológicos do ponto de vista microbiológico, pois dificulta o desenvolvimento microbiano, aumentando assim o período de vida útil do alimento (SILVEIRA et al., 2019).

Os teores de SS (Figura 3C) reduziram com o desenvolvimento dos cladódios devido ao efeito de diluição oriundo do crescimento e também devido ao consumo de açúcares durante o desenvolvimento fisiológico. Os SS são componentes nutricionais bastante utilizados no processo de respiração celular, em que é produzido água, dióxido de carbono e ácidos orgânicos (ANTUNES et al., 2017). A razão SS/AT (Figura 3D) diminui durante o processo de desenvolvimento, apresentando seus menores valores no maior tamanho (entre 16 a 20 cm). Essa redução pode ser explicada pelo aumento da acidez e a redução dos sólidos solúveis. Esse

comportamento infere que, provavelmente, os cladódios de menores diâmetros têm sabor mais suave (>SS), enquanto os cladódios de diâmetros maiores têm sabor mais ácido (>AT) (SOUZA et al., 2018).

De modo global, os teores de AST e AR diminuíram, enquanto os teores de AA aumentaram com o desenvolvimento dos cladódios (Figura 4).

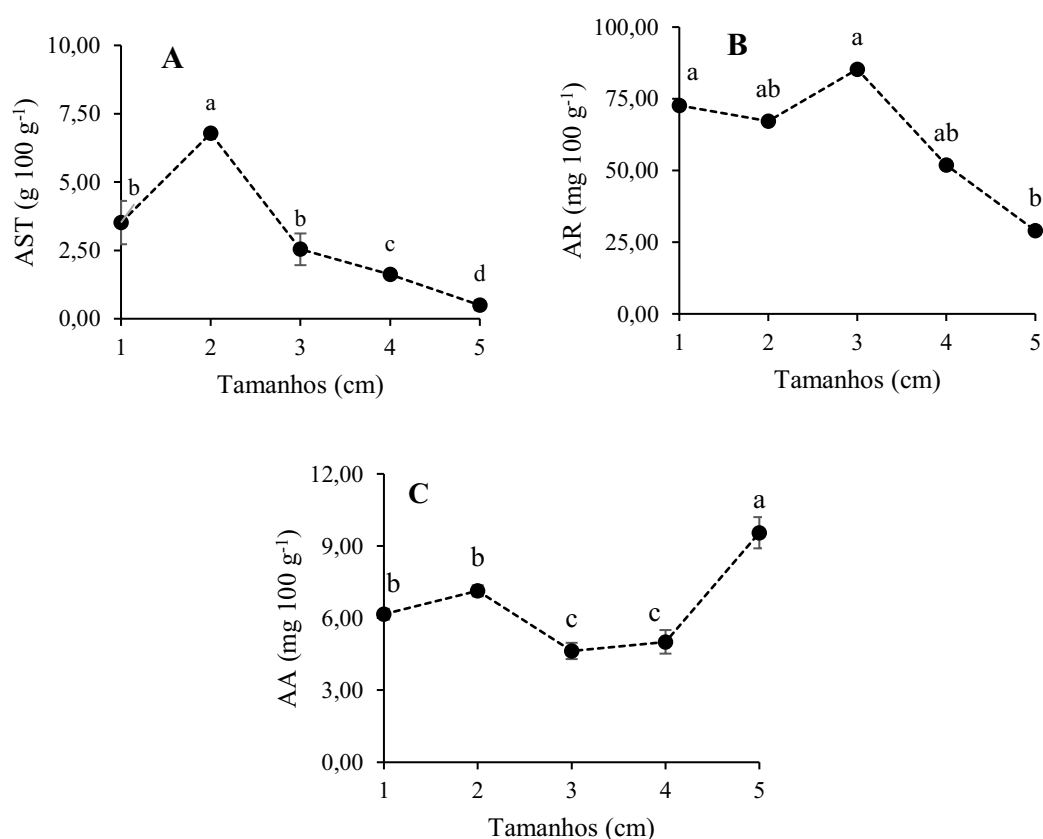


Figura 3. Açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e ácido ascórbico (AA) de cladódios da *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes tamanhos de desenvolvimento.

Os teores de AST diminuem devido ao consumo e degradação dos açúcares presentes nos tecidos durante o processo de crescimento e desenvolvimento dos cladódios. Os açúcares são uma fonte de reserva de energia dos vegetais e são consumidos durante o processo de divisão e multiplicação celular (Antunes et al., 2017). Os AR são açúcares simples que têm como sua principal característica atribuir o sabor doce mais acentuado aos frutos e hortaliças, tornando mais fácil a comercialização dos mesmos de forma natural ou até mesmo depois de processados (processados ou minimamente processados). A redução nos teores de AR durante

o processo de maturação ou até mesmo quando armazenados por longos prazos podem ser atribuídos à sua composição, ao metabolismo, ao consumo de carboidratos no processo de respiração e à perda durante os processos bioquímicos que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento (CORDEIRO et al., 2015).

A crescente nos teores de AA (Figura 4C) pode ser explicado pelo caráter antioxidante do ácido ascórbico. A ação antioxidante serve de proteção para o vegetal após os danos causados durante o processo de colheita e cicatrização no tecido vegetal (IZUEGBUNA et al., 2019). Quanto maior a maturidade fisiológica dos cladódios, maior é a sua resistência quando submetidos a estresse (SILVA et al., 2018), essa alta concentração de ácido ascórbico nos cladódios de maior tamanho indica um comportamento necessário para o prolongamento de vida útil na pós-colheita (SOUZA et al., 2018).

A estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas da palma “Miúda” em diferentes estádios de maturação está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Correlação de Pearson entre os parâmetros analisados nos cladódios da *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes tamanhos de desenvolvimento.

	DL	DT	SS	AT	SS/AT	pH	AA	AST	AR
MF	0,988*	0,981*	-0,666	0,986*	-0,763	-0,868	0,261	-0,878**	-0,654
DL	1	0,995*	-0,758	0,997*	-0,838	-0,907**	0,268	-0,803	-0,678
DT		1	-0,724	0,986*	-0,804	-0,866	0,325	-0,807	-0,746
SS			1	-0,765	0,990*	0,921**	-0,056	0,252	0,340
AT				1	-0,845	-0,922**	0,188	-0,811	0,393
SS/AT					1	0,965*	-0,080	0,384	0,393
pH						1	-0,017	0,580	0,370
AA							1	-0,134	-0,760
AST								1	0,536
AR									1

(*) indica diferença a nível de $p < 0,01$ e (**) a $p < 0,05$. Ausência de asteriscos indica que os parâmetros não diferem significativamente.

Os pares de parâmetros com coeficientes de correlação positivos e valores de P significativos tendem a aumentar juntos. Para os pares com coeficientes de correlação negativos e valores de P significativos, uma variável tende a diminuir enquanto a outra aumenta. Pares com valores de P não significativos não possuem relação significativa.

A massa fresca aumenta concomitantemente com o aumento nos diâmetros DL e DT, e vice versa. Estes, por sua vez, aumentam juntos. Por outro lado, os AST podem diminuir com

o aumento na massa fresca, ou o contrário. A acidez pode diminuir com o aumento em DL e DT. SS/AT aumenta com o aumento do pH, que é inversamente proporcional a AT, e vice versa. As demais variáveis não apresentaram correlação significativa.

A Análise de Componentes Principais (PCA) dos cladódios jovens de palma *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes tamanhos de desenvolvimento está apresentada na Figura 5.

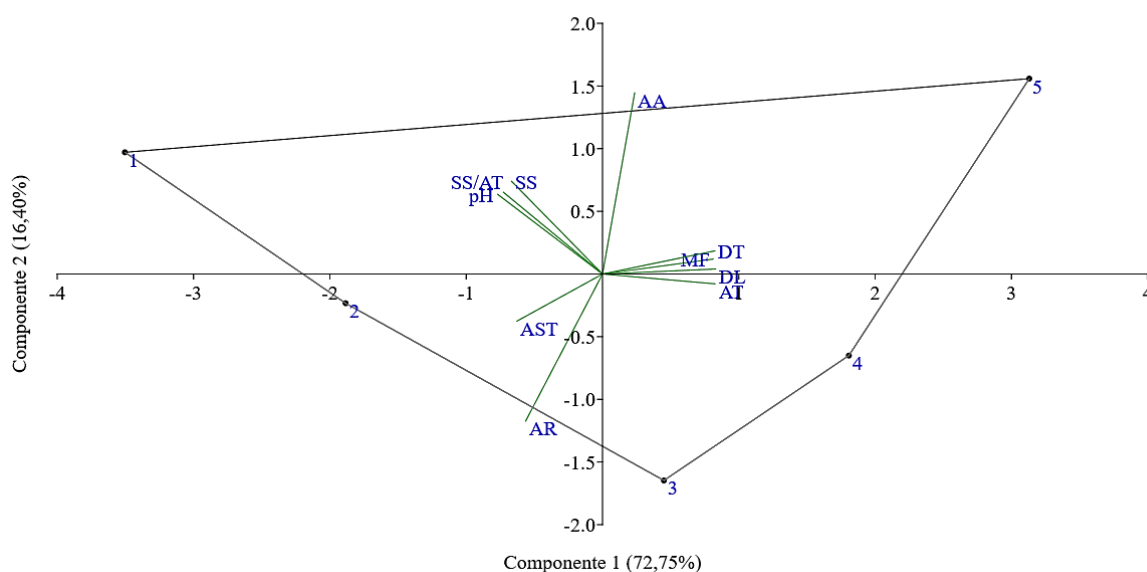


Figura 5. PCA entre os parâmetros analisados dos cladódios da *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck em diferentes tamanhos de desenvolvimento.

Os pontos representam os diferentes tamanhos de desenvolvimento e os vetores representam os parâmetros analisados. O módulo de cada vetor, e sua proximidade, indica o quanto cada parâmetro representa um cladódio de determinado tamanho. O componente principal 1 explica 72,75% das variações entre amostras, enquanto o componente principal 2 explica 16,40% das variações. Os cladódios de tamanho 1 (0 a 4 cm) são representados por possuírem maiores teores de SS, pH e maior relação SS/AT, portanto, esses cladódios podem possuir sabor com maior suavidade. Os cladódios de tamanho 2 (4 a 8 cm) são representados principalmente por maiores teores de açúcares, o que implica em maiores aplicações industriais. Os cladódios de tamanho 4 (12 a 16 cm) possuem maior DL e maiores teores de AT, ou seja, são mais longas e mais ácidas em relação às demais. Os cladódios de tamanho 3 (8 a 12 cm) está em uma posição intermediária entre os parâmetros que representam os tamanhos 2 e 4. Por

fim, os cladódios de tamanho 5 (16 a 20 cm) possuem os maiores teores de massa fresca (maior rendimento), DT e AA.

5. CONCLUSÃO

Os cladódios da variedade de palma forrageira *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm – Dick apresenta variabilidade físico-química quando analisados seus diferentes estádios de desenvolvimento. Os maiores cladódios (16 a 20cm) apresentaram maior conteúdo de massa fresca, menor taxa de respiração, que possivelmente será convertido em maior vida útil pós-colheita. Os menores tamanhos podem ser mais palatáveis devido aos maiores teores de açúcares, assim sendo mais recomendados para alimentação humana.

REFERÊNCIAS

- 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.
- ANDRADE, A. P.; COSTA, R. G.; SILVA, D. S.; LACERDA, A. V. A caatinga como suporte forrageiro: desafios para exploração sustentável. Semiárido e o manejo dos recursos naturais: Uma proposta de uso adequado do capital natural. Fortaleza: **Imprensa Universitária**, 2010, v. 1, p. 81-105.
- ANGELOTTI, F.; FERNANDES JUNIOR, P. I.; SA, I. B. Mudanças climáticas no semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, 2011, 6, 1097-111.
- ANOOP A. S.; RANA, M. K.; PREETHAM, S. P. Cactus: A medicinal food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 5, p. 530 – 536, 2012.
- ANTUNES, A.M.; CARVALHO, P.; CAMPOS, A. J.; BRITO, G. H. M. Cucumis melo L. minimamente processado e armazenado em diferentes embalagens. **Revista Espacios**, v. 38; n. 51, p. 1-9, 2017. 03 jul. 2022.
- BARBERA, G. História e importância econômica e agroecologia. In: Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: **SEBRAE/PB**, 2001. p.1-3.
- BARRA, T. S; COSTA, J. M. N.; RAO, T. V. R.; SIDDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; NETO, F. S. D. Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.6, n.2, p.266-272, 2002.
- CARVALHO F. R. V. **Sombreamento e adubação nitrogenada influenciando o acúmulo de biomassa em palma forrageira *Napolea cochenilifera (L.) Salm – Dick***. 2018. 75 f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo/AL, 2018.
- CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma Forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido Baiano. **Bahia Agrícola**. v.7, n.3, p. 39-49, 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. **Lavras: UFLA**. 2005, 785p.
- CORDEIRO, M. H; SILVA, J. M.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. Caracterização física química e nutricional da pitaia-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

SOUSA, E. P. R.; COSTA, F. B.; SILVA, J. L.; NASCIMENTO, A. M.; SILVA, A. G. F.; ALCÂNTARA, C. M. Atividade respiratória e qualidade físico-química de frutos de Juazeiro. **Research, Society and Development**. v. 9, n.7, e380974315, 2020.

CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N.; SILVA, E. V.; QUEIROZ, P. H. B. A questão da seca no semiárido nordestino e a visão reducionista do estado: a necessidade da desnaturalização dos problemas socioambientais. **Revista de Educação Ambiental**, Edição Especial V CBAAAGT Vol. 21, n.2, 2016.

DALASTRA, G.M.; ECHER, M. M.; COUTINHO, P. W. R.; KLOSOWSKI, E. S. Características produtivas de cultivares de tomateiro italiano em função de tipos de poda. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 398-404, 2018.

GOYETE, B.; VIGNEAULT, C.; RAGHAVAN, V.; CHARLES, M. T. M-T.Hyperbaric Treatment on Respiration Rate and Respiratory Quotient of Tomato. **Food Bioprocess Technol**, v.5, p. 3066-3074. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. IBGE. **Resultados preliminares produção de palma forrageira no Brasil**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?lo%20calidade=0&tema=76582. Acesso em: 21 de jun. de 2022.

LOPES, E. B. Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no In: VI Congresso Internacional de Palma e Cochonilha e VI Encontro Geral da FAOACTUSNET. João Pessoa, **EMEPA/FAEPA**, 130 p, 2007.

MACHADO, T. T. V.; DIAS, J. T.; SILVA, T. C. Evolução e avaliação das políticas públicas para a atenuação dos efeitos da seca no semiárido brasileiro. **Revista Gaia Scientia**, v. 11(2): 84-103, 2017.

MAN GARAJ, S.; GOSWAMI, T. K. Modeling of Respiration Rate of Litchi Fruit under Aerobic Conditions. **Food and Bioprocess Technology**. V 4, pages 272-281. 2011.

NOBEL, P. S. Interception of photosynthetically active radiation by cacti of different morphology. **Oecologia**, v. 45, n. 2, p. 160 – 166, 1980.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Traduzido por **SEBRAE/PB**:2001, p. 36-48.

NUNES, C. S. Uso e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, Mossoró – RN, v.6, n.1, p. 58 – 66, 201

PEIXOTO, C. P. Princípios de Fisiologia Vegetal, Teoria e Prática. **PoD Editora**. 2020. Disponível em:<Livro-FISIOLOGIA-VEGETAL-site.pdf (podeditora.com.br)>. Acesso em: 05 de mai. 2022.

- RENATO, N.S.; SEDIYAMA, G. S.; SILVA, J. B. L.; PEREIRA, E. G. Modelo fotossintético para simulação da produtividade do milho em condições de temperatura e CO₂ elevados. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n.4, p.1067-107, 2018.
- RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food**. 2017.
- SALTVEIT, M. E.; GROSS, K. C.; WANG, C. Y.; Respiratory metabolism. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Washington, DC: **U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service**, p. 68-75. 2016
- SANTOS, T. C.; JUNIOR, N. J. E.; PRATA, A. P. N. Frutos da Caatinga de Sergipe utilizados na alimentação humana. **Scientia Plena**. Vol. 8, n. 4, 2012.
- SILVA, C.C.F.; 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.
- SILVA, J. A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química**. 2012. 78 f. tese de doutorado - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga/BA, 2012.
- SILVA, J.L.; COSTA, F. B.; NASCIMENTO, A. M.; SOUSA, F.F.; SANTOS, K. P. Taxa respiratória de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenado sob temperatura ambiente. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 343-347, 2017.
- SILVA, L. R.; SILVEIRA, M.R.S.; PEREIRA, R. C. A.; BEZERRA, M.G. A. Composição físico-química e bioativa dos frutos de *Passiflora tenuifolia* Killip (maracujá-alho). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 24, n. 1, 2019.
- SOUZA, A.G.; CARVALHO, J.; ANAMI, J. M. Refrigeração e ácido ascórbico na conservação de cebolinha-verde minimamente processada. **Agropecuária Catarinense**, v. 31, n. 2, p. 58-62, 2018.
- SOUZA, M. S.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; JUNIOR, G. N. A.; ALVES, H. K. M. N. Practices for the improvement of the agricultural resilience of the forage production in semiarid environment: **a review**. **Amazonian Journal of Plant Research**, 3(4), 417-430. 2019
- VIEIRA, E. L. Manual de fisiologia vegetal. São Luís: **Editora EDUFMA**. p230. 2010.
- XAVIER JÚNIOR, O. S. **Desempenho agrônômico de clones de palma forrageira em função do tipo de adubo orgânico**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST), Serra Talhada-PE. 2018.

