

FRANQUIELLE RIBEIRO DE OLIVEIRA

RENDIMENTO E ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MUCILAGEM DE
CLONES DE PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA EM DIFERENTES
CONDIÇÕES AGRONÔMICAS

Serra Talhada-PE

2018

**O
L
I
V
E
I
R
A**

**F
R**

**R
E
N
D
I
M
E
N
T
O**

E

**E
S
T
A**

·

·

·

**2
0
1
8**

FRANQUIELLE RIBEIRO DE OLIVEIRA

RENDIMENTO E ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MUCILAGEM DE
CLONES DE PALMA FORRAGEIRA OBTIDA DE DIFERENTES CONDIÇÕES
AGRONÔMICAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões

Co-orientador: Kelem Silva Fonseca

Serra Talhada-PE

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

O48r Oliveira, Franquielle Ribeiro de
Rendimento e estabilidade físico-química de mucilagem de palma
forrageira obtida de diferentes condições agronômicas / Franquielle Ribeiro
de Oliveira. - Serra Talhada, 2018.
61 f. : il.

Orientador: Adriano do Nascimento Simões
Coorientador: Kelem Silva Fonseca

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural
de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE,
2018.

Inclui referências.

1. Palma forrageira. 2. Hidrocolóide. 3. Mucilagem de Palma. I. Simões,
Adriano do Nascimento, orient. II. Fonseca, Kelem Silva, coorient. III.
Título.

CDD 631

FRANQUIELLE RIBEIRO DE OLIVEIRA

RENDIMENTO E ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MUCILAGEM DE
CLONES DE PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA EM DIFERENTES
CONDIÇÕES AGRONÔMICAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões – UAST/UFRPE

Orientador

Dr^a. Kelem Silva Fonseca – UAST/UFRPE

Co-orientador Examinador Externo

Profa. Dr^a Ellen Karine Diniz Viégas- UAST/ UFRPE

Examinador Externo

Ao meu amado filho Francisco Eduardo por ser o motivo maior para a conclusão desta jornada, ao meu querido avô Miguel Ferreira (*in memoria*) pelo o exemplo de homem. À minha mãe Maria do Socorro, minha vó Marina, meu Pai Francisco, meu irmão Francivaldo, minha cunhada Genara e ao meu esposo Eduardo pelo o amor e apoio que recebi em todos os momentos que precisei.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por ter me dado forças, pois muitas vezes a vontade de desistir existiu, mas continuei. Agradecer também por ter colocado em minha vida pessoas tão especiais às quais pude sempre contar e que me ajudaram a concluir esta etapa.

À minha família que são a minha base e meu porto seguro.

À minha grande amiga e irmã Prof^a. Marilene Lima que me deu todo incentivo, conselhos e ouvidos quando sempre precisei.

Aos meus amigos e irmãos Angélica Silva, Fred Lourêdo, Darliclécia Lopes e Eulâmpio Alves Filho que mesmo distantes sempre estiveram presentes em minha vida.

Ao meu esposo José Eduardo por sempre estar ao meu lado.

Ao meu amigo mais que especial, meu 'filhote' Jheizon Nascimento por todo companheirismo tanto profissional como pessoal.

Aos meus amigos José Raliuson Silva, Renilson Morato, Nielson Brito, Andréa de Oliveira, Maria Aparecida Morais, Alexandre Jardim, Juracy Neto, Thialla Laranjeira, Marcela Silva e George Araújo pelo o apoio e o auxílio que sempre recebi nos momentos em que precisei.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal Iago Pereira pela amizade, apoio e disposição em ajudar sempre.

Ao Núcleo de Estudos de Fisiologia e Pós-colheita (NEFP) do qual fiz parte e pude contar com o auxílio de todos os integrantes.

Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pelo o fornecimento de material vegetal e pela disposição dos integrantes em colaborar com este trabalho.

A todos os meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal por proporcionarem momentos inesquecíveis e de muitas risadas, tornando os dias mais agradáveis.

Ao meu orientador Adriano Simões pela paciência e por todo conhecimento adquirido.

À minha co orientadora Kelem Silva Fonseca pela paciência de ensinar-me e de sempre estar presente no meu dia-a-dia acadêmico e pessoal.

À todos os professores pela experiência adquirida nas disciplinas.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada pela a oportunidade de cursar o Programa de Pós-Graduação.

Cada cicatriz que temos é a confirmação de que uma ferida sara. Cicatrizes são marcas de superação que só um verdadeiro guerreiro possui.

(Autor Desconhecido)

RENDIMENTO E ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MUCILAGEM DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA EM DIFERENTES CONDIÇÕES AGRONÔMICAS

RESUMO

Recentes estudos estão evidenciando que subprodutos de palma forrageira vêm sendo aplicado na indústria de alimentos, farmacêuticas e de cosméticos. Na indústria de alimentos, a mucilagem de palma, mostrou-se promissora como componente de revestimento comestível em morango e kiwi inteiros, como também, em raízes de inhame minimamente processadas. Objetivou-se com este trabalho realizar a caracterização físico-química da mucilagem de dois clones de palma forrageira submetidas a diferentes condições de campo e métodos de extração. Os clones IPA 100004/Miúda e IPA 200205/ IPA- Sertânia de cultivo sequeiro e irrigado, foram colhidos de áreas experimentais da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra talhada (UFRPE/UAST) às 05:00 e 20:00 horas, sendo classificados em tamanho médio (100 a 230 mm) e (250 a 300 mm) respectivamente para IPA 100004/Miúda e IPA 200205/ IPA- Sertânia. Após a classificação os cladódios foram transportados para o laboratório do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. No laboratório, os cladódios foram pesados, lavados em água corrente, cortados em cubos para a remoção do parênquima aquífero. Os pedaços foram pesados e imersos em água ultrapura por 30 minutos e em solução contendo ácido cítrico à 5 %. Drenados por 10 minutos, obtendo-se a mucilagem, a qual foi acondicionada em placas de Petri e armazenadas à 5 ± 2 °C e Umidade Relativa de 85 %, por 12 dias. Foram realizadas as análises de Rendimento de mucilagem, no dia inicial, como também a cada dois dias quantificou-se o Teor de Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, pH, Teor de Potássio, Teor de Sódio e Condutividade Elétrica da mucilagem. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 7 e com três repetições, para cada estudo realizado. Sendo que no primeiro ensaio utilizou-se dois clones de palma (Miúda e IPA) dois tipos de cultivos (Sequeiro e Irrigado) e sete dias de Avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12), no segundo foi utilizado dois horários de colheita (05:00 e 20:00 horas) e sete dias de avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12), no terceiro adicionou-se ácido cítrico na mucilagem (água ultrapura e ácido cítrico) e os sete dias de avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12), e por

último, utilizou-se dois tamanhos (100 a 230 e 231 a 300 mm) de cladódios de palma forrageira e os sete dias de avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12). Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA e quando significativos, foram submetidos ao teste de Tukey à 5% de probabilidade. Em relação ao rendimento de mucilagem, o clone IPA 200205/ IPA-Sertânia de cultivo irrigado apresentou maior rendimento. No entanto, em relação ao horário de colheita, adição de ácido cítrico e tamanho de cladódio não houve diferença entre os resultados. Quanto ao teor de Sólidos Solúveis, Condutividade Elétrica, teor de Potássio e Sódio, Acidez Total Titulável e pH, houve diferença significativa entre os tratamentos. Portanto, conclui-se que a adição de ácido cítrico na extração de mucilagem de palma forrageira não proporcionou maior rendimento e diminuiu a viscosidade da mucilagem, e que a mucilagem de cladódios do clone IPA100004/ Miúda de cultivo sequeiro, colhido às 05:00 horas apresentou maior estabilidade físico-química ao longo da conservação.

PALAVRAS-CHAVE: *Nopalea*. Hidrocolóide; Revestimento comestível. Edafoclimática;

ABSTRACT

Recent studies are showing that by-products of forage palm have been applied in the food, pharmaceutical and cosmetics industry. In the food industry, palm mucilage had shown promise as an edible coating component in whole strawberries and kiwifruit, as well as in minimally processed yam roots. The objective of this work was to perform the physical-chemical characterization of the mucilage of two forage palm clones submitted to different field conditions and extraction methods. The clones IPA 100004 / Miúda and IPA 200205 / IPA-Sertânia of dry and irrigated cultivation were collected from experimental areas of the Federal Rural University of Pernambuco / Serra Talhada Academic Unit (UFRPE / UAST) at 05:00 and 20:00 hours, being classified in medium size (100 to 230 mm) and (250 to 300 mm) respectively for IPA 100004 / Miúda and IPA 200205 / IPA-Sertânia. After classification, the cladodes were transported to the laboratory of the Graduate Program in Plant Production of the Federal Rural University of Pernambuco. In the laboratory, the cladodes were weighed, washed in running water, cut into cubes for removal of the aquifer parenchyma. The pieces were weighed and immersed in ultrapure water for 30 minutes and in a solution containing 5% citric acid. Drained for 10 minutes, the mucilage was obtained, which was packed in Petri dishes

and stored at 5 ± 2 ° C and Relative Humidity of 85%, for 12 days. The analysis of Mucilage Yield was performed on the initial day, as well as every two days the Total Soluble Solids, Total Titratable Acid, pH, Potassium, Sodium Content and Electric Conductivity of the mucilage were quantified. A completely randomized design was used in a 2 x 7 factorial scheme and with three replications, for each study. In the first trial, two clones of palm (Miúda and IPA) were used for two types of crops (Sequeiro and Irrigado) and seven days of evaluation (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12). (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12), in the third one was added citric acid in the mucilage (ultrapure water and acid citrus) and seven days of evaluation (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12), and lastly, two sizes (100 to 230 and 231 to 300 mm) of forage palm cladodes and seven days of evaluation (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12). The data were submitted to ANOVA and, when significant, were submitted to the Tukey test at 5% of probability. In relation to the mucilage yield, clone IPA 200205 / IPA-Sertânia of irrigated culture presented higher yield. However, in relation to the time of harvest, addition of citric acid and cladode size there was no difference between the results. Regarding the Soluble Solids content, Electric Conductivity, Potassium and Sodium content, Titratable Total Acidity and pH, there was a significant difference between the treatments. Therefore, it is concluded that the addition of citric acid in the extraction of forage palm mucilage did not provide higher yield and decreased the viscosity of the mucilage, and that the cladodes mucilage of clone IPA100004 / Kidney crop, harvested at 05:00 hours presented greater physical-chemical stability throughout conservation.

Keyword: *Nopal*. Hydrocolloid; Edible Coating. Edafoclimatic

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Dados meteorológicos: Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), Umidade relativa do ar (%), Velocidade do vento (m.s^{-1}) e precipitação pluvial (mm). Obtidos durante a colheita dos cladódios de palma forrageira, entre novembro do ano de 2017 e janeiro do ano de 2018 em Serra Talhada-PE. Fonte INMET.2018..... 28
- Figura 2 Fluxograma de extração e conservação por 12 dias à $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 85% de Umidade Relativa, da mucilagem de cladódio de palma forrageira clones IPA 100004/ Miúda e IPA 200205/ IPA-Sertânia do gênero *Nopalea*, obtidos de áreas experimentais de cultivo sequeiro e irrigado (UFRPE/UAST) 2018..... 30
- Figura 3 Sólidos solúveis totais (%); acidez titulável total (ácido málico g.100 mL de mucilagem); pH; condutividade elétrica (mS.cm^{-1}); teor de potássio ($\mu\text{mol K}^{+}$ mL de mucilagem) e sódio ($\mu\text{mol Na}^{+}$ mL de mucilagem) para mucilagem de palma forrageira obtida de clones Miúda e IPA cultivados em sistema de sequeiro e irrigado, conservada à $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 85% de Umidade Relativa por doze dias. (●) Miúda em sequeiro, (○) Miúda em irrigado, (▼) IPA em sequeiro, (△) IPA em irrigado (A). Correlação de Pearson em relação ao teor de Potássio e Condutividade Elétrica na mucilagem de palma forrageira de clones Miúda de sequeiro, Miúda irrigada, IPA sequeiro e IPA irrigada (B). Rendimento de mucilagem extraída de cladódios de clones Miúda e IPA cultivados em sistema de cultivo de sequeiro e irrigado (C) A mucilagem foi extraída na proporção 1:2 (1 parte de material vegetal e 2 partes de solução contendo 5% de ácido cítrico)..... 38
- Figura 4 Sólido Solúveis Totais (%); Acidez titulável total; (ácido málico g.100 mL de mucilagem) pH; Condutividade elétrica (mS.cm^{-1}); Teor de potássio ($\mu\text{mol K}^{+}$ mL de mucilagem) e de sódio ($\mu\text{mol K}^{+}$ mL de

mucilagem) em mucilagem de palma forrageira extraída do clone IPA 100004/Miúda colhida às 05:00 horas (-●-) e às 20:00 horas (-○-), mantidos por 12 dias à 5 °C (A). Correlação de Pearson entre teores de Potássio e Condutividade Elétrica, da mucilagem extraídas de palma clone IPA 100004/Miúda colhida às 05:00 e 20:00 horas (B). Rendimento de mucilagem extraída de cladódios colhidos às 05:00 e 20:00 horas (C). A mucilagem foi extraída em água ultrapura por 30 minutos na proporção de 1:2 (uma parte de material vegetal processado e 2 partes de água ultrapura).....

41

Figura 5 Sólidos solúveis totais (%); Acidez titulável total (ácido málico g.100 mL de mucilagem); pH; Condutividade elétrica (mS.cm⁻¹); Teor de potássio (μmol K⁺ mL de mucilagem) e de sódio (μmol Na⁺ mL de mucilagem) em mucilagem de palma forrageira extraída em água ultrapura (-●-) e com adição de ácido cítrico à 5% (-○-), mantidos por 12 dias à 5 °C (A). Correlação de Pearson entre teores de Potássio e Condutividade Elétrica, da mucilagem de palma clone IPA 100004/Miúda extraída em água ultrapura e com adição de ácido cítrico 5% (B). Rendimento de mucilagem de cladódios de clone IPA 100004/Miúda, extraída em água ultrapura e com adição de ácido cítrico à 5% (C). A mucilagem foi extraída em água ultrapura e com adição de ácido cítrico à 5% por 30 minutos na proporção de 1:2 (uma parte de material vegetal processado e 2 partes de água ultrapura e com ácido cítrico).....

44

Figura 6 Sólidos Solúveis Totais (%); Acidez Titulável Total (ácido málico g.100 mL de mucilagem); pH; Condutividade Elétrica (mS.cm⁻¹); Teor de Potássio (μmol K⁺ mL de mucilagem) e Teor de Sódio (μmol Na⁺ mL de mucilagem) em mucilagem de palma forrageira extraída do clone IPA 100004/Miúda de tamanho 100 a 230 mm (-●-) e de 231 a 300 mm (-○-), mantidos por 12 dias à 5 ± 2 °C e 85% Umidade Relativa (A). Correlação de Pearson entre teores de Potássio e Condutividade Elétrica, da mucilagem extraídas de palma clone IPA 100004/Miúda do tamanho

de 100 a 230 mm e de 231 a 300 mm (B). Rendimento de mucilagem extraída de cladódios de 100 a 230 mm e de 231 a 300 mm de comprimento (C). A mucilagem foi extraída em água ultrapura por 30 minutos na proporção de 1:2 (uma parte de mucilagem e duas partes de água)..... 47

Figura 7 Resposta da Análise de Componentes Principais dos tratamentos em relação a mucilagem obtida a partir de diferentes clones de palma forrageira, cultivados em sistemas de cultivos distintos, colhidos em diferentes horários e avaliados diferentes tamanhos de cladódios..... 54

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Valor do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clones IPA100004/Miúda e IPA 200205/IPA-Sertânia cultivados sistema de produção em sequeiro e irrigado, conservada à 5 ± 2 °C e 85% UR °C por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total contendo; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K+) e teor de sódio (Na+)..... 37
- Tabela 2 Valores do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clone IPA 100004/Miúda, obtida de cladódios colhidos às 05:00 e 20:00 horas na proporção de 1:2 (uma parte de mucilagem e duas partes de água), conservada em temperatura à 5 ± 2 °C e 85% Umidade Relativa por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K+) e teor de sódio (Na+)..... 40
- Tabela 3 Valor do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clone IPA 100004/Miúda, obtida em água ultrapura e com adição de ácido cítrico à 5%, conservada à 5 ± 2 °C e 85% UR °C por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total contendo; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K+) e teor de sódio (Na+)..... 43
- Tabela 4 Valor do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clone IPA 100004/Miúda, obtida de dois tamanhos de cladódios (100 a 230 mm ; 231 a 300 mm) na proporção de 1:2 (uma parte de mucilagem e 2 partes de água), conservada à 5 ± 2 °C e 85% Umidade Relativa, por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis

totais; ATT - acidez titulável total; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K+) e teor de sódio (Na+)..... 46

Tabela 5 Disposição dos tratamentos em relação a Análise de Componentes Principais, para a mucilagem de palma forrageira, obtida a partir de diferentes clone e sistema de cultivos, horário de colheita, adição de ácido cítrico e tamanho de cladódios..... 53

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1. Cultura da Palma Forrageira e Importância para o Semiárido	21
2.2. Produtividade da Palma Forrageira	22
2.3. Fator de Impacto da Palma Forrageira	22
2.4. Importância da Mucilagem de Palma Forrageira	23
2.5. Revestimento Comestível.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Influência do tipo de cultivo na estabilidade físico-química de mucilagem extraída de cladódios de clones IPA 100004/Miúda e IPA-200205/IPA-Sertânia.....	27
3.1.2. <i>Caracterização das áreas de colheita</i>	27
3.1.3. <i>Obtenção de Cladódios de Palma Forrageira e Processamento para Obtenção de Mucilagem</i>	28
3.1.4. <i>Análises</i>	31
3.1.5. <i>Delineamento Estatístico e Análise Estatística</i>	33
3.1.6. <i>Estudo do horário de colheita na composição físico-química de mucilagem de cladódio de clone IPA 100004/Miúda</i>	33
3.1.7. <i>Delineamento Experimental e Análise Estatística</i>	34
3.2. Uso do ácido cítrico na extração de mucilagem de cladódio de clone IPA 100004/Miúda.....	34
3.2.1. <i>Delineamento Experimental e Análise Estatística</i>	34
3.3. Avaliação do tamanho do cladódio de palma forrageira do clone IPA 100004/Miúda para extração de mucilagem.....	34
3.3.1. <i>Obtenção de Cladódios de Palma e Disposição dos Tratamentos</i>	34
3.3.2. <i>Processamento dos cladódios para obtenção de mucilagem</i>	35
4. RESULTADOS.....	35
4.1. Cultivo em sequeiro de clones de palma forrageira incrementou os teores de alguns fitoquímicos na mucilagem	35
4.2. Cladódios do clone IPA 100004/Miúda colhidos no horário de 05:00 horas apresenta um potencial para extração de mucilagem	39
4.3. Adição de ácido cítrico na extração de mucilagem, modificou a composição físico-química e rendimento	42

4.4. Cladódios de 100 a 230 mm de comprimento foram mais adequados para obtenção de mucilagem do clone IPA 100004/Miúda	45
5. DISCUSSÃO	48
6. CONCLUSÕES	55
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira *Nopalea cochenillifera* (L) Salm Dyck (Taylor et al., 2002) é uma planta que pertence à família das Cactáceas, a qual apresenta um metabolismo diferenciado referente à absorção de CO₂ e perda de água (Chiacchio et al., 2006). Devido ao seu Metabolismo Ácido das Crassuláceas, a planta da palma forrageira abre seus estômatos apenas durante a noite e os fecha durante o dia, evitando assim a perda de água, uma vez que tanto a água como o CO₂ têm a mesma via de difusão, dessa forma, a palma forrageira consegue manter uma alta eficiência do uso da água (Taiz; Zeiger, 1998). O que é considerado um fator de grande importância quando se trata de regiões áridas e semiáridas. Por essa razão, a palma forrageira é de grande importância para as regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, uma vez que esta espécie apresenta adaptação principalmente em relação as condições hídricas (Santos et al., 2006).

No México, a utilização da palma forrageira se dá principalmente para a produção de frutos e de nopalitos (cladódios jovens), os quais são destinados para a alimentação humana e também animal (Sáenz; Sepúlveda; Matsuhira, 2004). Além disso, a palma forrageira apresenta potencial para a indústria alimentícia na produção de revestimento comestível (Del- Valle et al., 2005; Allegra et al., 2017), na construção civil (Ventolà et al., 2011), na indústria cosmética, farmacêutica (Trombetta et al., 2006; Ammar et al., 2015; Lorenzo et al., 2017) e como biorremediação na purificação de água contaminada (Nharingo; Moyo 2016; Vecino et al., 2016).

A mucilagem de palma forrageira é considerada um hidrocolóide, rica em polissacarídeos não amiláceos (Nava et al., 2018), de alto peso molecular (Matsuhira et al., 2006) e sua composição principal consiste em açúcares como arabinose, galactose, xilose (Trachtenberg; Mayer, 1981). Também foi verificado a presença de carbonato de cálcio na forma disponível para o corpo humano (Padilla et al., 2016). Essa característica tem atraído um segmento da indústria alimentícia envolvendo elaboração de biofilmes comestíveis. Pois, de uma forma geral, os biofilmes comestíveis podem ter como base polímeros como polissacarídeos, proteínas e lipídeos, no qual são obtidos de diferentes fontes, incluindo industrializados. Por apresentar propriedades filmogênicas, altas propriedades elásticas e pH ligeiramente ácido (Padilla et al., 2016), bem como biodegradabilidade e atoxidade (Prajapati et al., 2013), a mucilagem de palma forrageira acrescida de plastificantes, apresenta potencial para a elaboração de filmes comestíveis, sendo considerada uma alternativa sustentável para a produção de embalagens de

alimentos, em substituição às embalagens plásticas derivadas de petróleo (Gheribi et al., 2018).

A utilização da mucilagem de palma forrageira de *Opuntia ficus indica*, como revestimento comestível, manteve maior firmeza, maior teor do ácido ascórbico e pectina de fatias de kiwi durante cinco dias de armazenamento à 5 °C (Allegra et al., 2016 e Allegra et al., 2017), como também manteve maior firmeza de morangos inteiros (Dell-Valle et al., 2005). Em outro estudo, Espino-Diaz et al. (2010) estudou as propriedades do filme de mucilagem de palma sob diferentes pH e com ou sem adição de cálcio. Estes autores confirmaram que a mucilagem de *Opuntia ficus-indica* tem a capacidade de formar filmes comestíveis em pH entre 4 e 8, sendo necessário adicionar plastificante para melhorar a mecânica propriedades dos filmes obtidos.

Os revestimentos comestíveis citados utilizando mucilagem de palma, têm sido aplicados em frutas inteiras e em processadas para minimizar a desidratação, retardar perda de firmeza, e queda de alguns componentes fitoquímicos, como por exemplo, o ácido ascórbico. Além de garantir brilho e estender a qualidade do vegetal. O uso em produtos minimamente processado, ainda são escassos os trabalhos, além dos trabalhos de (Del-Valle et al. 2015; Morais, 2016; Allegra et al. 2017). O agravante para algumas raízes minimamente processadas é o escurecimento, o qual é um desafio ainda maior, pois, além do revestimento ter propriedades de barreira a vapor de água, deve ter também barreira para O₂, um dos substratos para ativar rotas bioquímicas envolvidas no escurecimento (Gupta; Corpas; Palma, 2013), ao mesmo tempo não resultar em anaerobiose.

Para conferir uma maior durabilidade aos produtos minimamente processados, o uso de biofilmes ou revestimentos comestíveis se torna uma alternativa. A produção de filmes comestíveis pode ser feita a partir de materiais que apresentem características como: a capacidade de formação de filme, boa capacidade de aderência à superfície do produto, resistência e que não interfira nas características organolépticas do produto minimamente processado (Bourtoom, 2008). Entretanto a depender do clone (Rodriguez-Gonzales et al., 2014); estágio de maturação ou idade fisiológica ou do tipo do cultivo; adição de coadjuvantes para formulação do revestimento, pode apresentar alterações em suas propriedades reológicas, como, por exemplo, a viscosidade, conseqüentemente o revestimento comestível produzido pode apresentar alterações (Padilla et al., 2016; Kim et al., 2013).

Assim, objetivou-se realizar a caracterização físico-química da mucilagem de dois clones de palma forrageira submetidas a diferentes condições de campo e métodos de extração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura da Palma Forrageira e Importância para o Semiárido

Considerada como cacto, a palma forrageira pertence à família das Cactáceas (Taylor et al., 2002), é uma planta que apresenta crescimento rápido, nativa do México, e foi introduzido no nordeste do Brasil no final do século XIX. As principais espécies cultivadas são *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, especialmente nos estados brasileiros de Alagoas, Pernambuco e Paraíba (Santos et al., 2016). Foi nessas áreas que a planta recebeu a denominação de “palma forrageira” (que significa “forragem de palma”) e tem sido usada como forragem para bovinos e caprinos durante a estação seca. Além disso, devido a sua adaptabilidade às condições ambientais da região e suas características anatômicas e morfofisiológicas, a palma forrageira vem sendo largamente cultivada, principalmente nas bacias leiteiras do Estado do Nordeste, sendo também o Estado do Sergipe uma das áreas de maior cultivo (Melo et al., 2014).

A região do Semiárido brasileiro, se caracteriza por sua rusticidade e potencial de produção em condições de pouca disponibilidade de água, com isso a palma forrageira tornou-se um relevante recurso para a alimentação animal, tendo alta capacidade de oferta de forragem quando comparada à vegetação nativa da Caatinga (Oliveira et al., 2011; Sales et al., 2009). A palma ainda apresenta tolerância à seca, alto valor energético (Tosto et al., 2007), sendo uma planta rica em carboidratos não-fibrosos, 61,79% (Wanderley et al., 2002), nutrientes digestíveis totais, 62% (Melo et al., 2003) e teor de água, alta aceitabilidade, elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca, 75% e palatabilidade (Ferreira et al., 2009), é uma planta rústica, de fácil propagação, longeva e apresenta alta eficiência de uso de água por possuir Metabolismo Ácido das Crassuláceas- CAM.

2.2. Produtividade da Palma Forrageira

De acordo com Oliveira Júnior et al. (2009) a produção de fitomassa da palma pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo, as condições edafoclimáticas, ou seja, baixa precipitação e alta evaporação pode causar estresse na planta, reduzindo assim, a sua produtividade. A escolaridade do produtor que pode influenciar no manejo incorreto, o que leva também à uma baixa produtividade. O acesso ao crédito rural que dificulta a implantação de tecnologias que visam aumentar a produtividade da palma forrageira. A disponibilidade de mão de obra e assistência técnica, idade da planta, genótipo e espaçamento utilizados, mecanização, custos de aquisição e disponibilidade de insumos, níveis e fontes de adubos, tratos culturais, pragas, doenças, sistema de cultivo e entre outros, são fatores que podem acarretar em uma menor produção de fitomassa de palma forrageira.

Entretanto, mesmo com todos esses fatores que dificultam uma melhor produtividade, as produções anuais de fitomassa de palma forrageira já alcançaram até 20t de matéria seca ha⁻¹ano⁻¹ em condições de sequeiro (Santos et al., 2000).

Outros estudos já mostraram que a produtividade de palma forrageira já atingiu média anual em campos de cultivos no semiárido de Pernambuco e Paraíba, uma média 74 t de peso úmido ha⁻¹, sem irrigação (Menezes et al., 2005). Foi verificado também que em condições de irrigação a palma forrageira já produziu até 45 a 50 toneladas de matéria seca ha⁻¹ ano⁻¹, o que representou um rendimento muito alto em comparação com a maioria das outras culturas (Nobel, 1995).

Estima-se existirem no Nordeste aproximadamente 500 mil ha cultivados com palma forrageira, constituindo-se numa das principais forrageiras para o gado leiteiro, bem como, para a pecuária de pequeno porte na época seca (Lira et al., 2006).

2.3. Fator de Impacto da Palma Forrageira

A produtividade da palma forrageira é foco de muitos estudos, no entanto, outros trabalhos como, por exemplo, o de Abreu et al (2018), buscaram investigar a qualidade da carne de ovinos alimentados com palma forrageira e verificaram que a qualidade da carne foi melhor quando comparada com a carne dos animais que obtiveram a dieta com

farelo de trigo, sendo esse mais um fator de impacto positivo para a utilização da palma forrageira como base para a alimentação animal.

Além disso, outro fator de impacto em relação a palma forrageira está relacionado com a sua utilização também na alimentação humana.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura FAO (2017), a palma forrageira oferece muitas possibilidades para ser utilizada no combate à fome em muitas regiões do mundo, ainda foi orientado pela FAO que políticas públicas sejam elaboradas, nas áreas onde é produzida a palma, para ajudar as associações a melhorar os resultados produtivos e econômicos, auxiliando na geração de inovações de cadeia de valor com o intuito de elevar o nível de competitividade da economia e o bem-estar das pessoas que vivem nesses territórios (FAO, 2017; Vila Nova, 2018).

2.4. Importância da Mucilagem de Palma Forrageira

Praticamente toda a palma produzida em cultivos no Brasil é destinada exclusivamente para a alimentação animal (Silva et al., 2014). Porém em outros países como, por exemplo, México, Estados Unidos, e Japão a utilização da palma forrageira é voltada também para a alimentação humana, sendo que a produção da palma forrageira se dá principalmente para a geração de frutos e cladódios jovens denominados de nopalitos (Sáenz; Sepúlveda; Matsuhira, 2004).

Além disso, a utilização de subprodutos da palma forrageira, como a mucilagem, está sendo de muito interesse em diversas áreas, como por exemplo, na indústria alimentícia na produção de revestimento comestível (Del- Valle et al., 2005; Allegra et al., 2017) bem como na produção de estabilizantes e emulsificantes (Quinzio et al., 2018), na construção civil como liga para argamassas (Ventolà et al., 2011), na indústria cosmética, farmacêutica como revestimentos de comprimidos e até mesmo como fitoterápicos (Trombetta et al., 2006; Ammar et al., 2015; Lorenzo et al., 2017) e como biorremediação na purificação de água contaminada (Nharingo; Moyo 2016; Vecino et al., 2016).

São considerados hidrocolóides, os polímeros de carboidratos que são formados por mais de um tipo de monossacarídeo, e estes quando são hidratados apresentam aparência mucilaginosa e transparente, podendo ser obtidos de sementes ou exsudados

de partes de plantas, como por exemplo, a mucilagem da palma forrageira, que é um hidrocolóide, obtido dos cladódios, que são ramos verdes e achatados com forma e função semelhante a uma folha, sendo característicos das cactáceas e vulgarmente conhecido como folha. A mucilagem é rica em polissacarídeos não amiláceos, ou seja, não contém amido (Nava et al., 2018), e apresenta um alto peso molecular (Matsuhiro et al., 2006) sendo a sua composição principal de açúcares como arabinose, galactose, xilose (Trachtenberg; Mayer, 1981). Também foi verificada a presença de carbonato de cálcio na forma disponível para o corpo humano (Padilla et al., 2016).

A mucilagem de palma forrageira por apresentar propriedades filmogênicas e elásticas (Padilla et al., 2016), pode ser usada para a elaboração de revestimento comestível, além disso, devido a sua biodegradabilidade e atoxidade (Prajapati et al., 2013), e quando acrescida de plastificantes, a mucilagem de palma forrageira, apresenta maior potencial para a elaboração de filmes comestíveis, sendo assim considerada uma alternativa sustentável também para a produção de embalagens de alimentos, em substituição às embalagens plásticas derivadas de petróleo (Gheribi et al., 2018).

2.5. Revestimento Comestível

Na indústria alimentícia o emprego de revestimento ou coberturas comestíveis ou biorrevestimentos como também são denominados, na conservação de frutas em condição de pós-colheita, ou intactas ou minimamente processadas, tem sido indicado como uma tecnologia emergente e de grande potencial, principalmente para aplicações sobre frutas de origem tropical (Assis; Britto, 2014).

Muitos são os estudos que visam a utilização de tecnologias mais práticas e de baixo custo para a produção dos produtos minimamente processados, tecnologias como embalagens inteligentes, revestimentos, ou até mesmo temperaturas mais adequadas para conservação refrigerada (Moraes et al., 2008; Soares et al., 2011; Botrel et al., 2010).

O uso de biofilmes ou revestimentos comestíveis, vêm sendo utilizados com o intuito de minimizar as trocas gasosas do material vegetal, bem como garantir uma maior durabilidade dos mesmos (Villadiego et al., 2005).

A definição de revestimento comestível pode ser entendida como sendo uma fina camada de material comestível que é depositada sob o alimento, tendo como finalidade estender a vida de pós-colheita de frutas e hortaliças, minimizando as injúrias causadas

durante o processo de corte e descasque do processamento mínimo, tendo ainda como objetivo inibir ou reduzir a migração de umidade, a difusão de oxigênio, dióxido de carbono e de aromas, pois atua como uma barreira semipermeável (Krochta; Mulder Johnston, 1997).

Em alimentos minimamente processados, as etapas de corte e descasque são responsáveis pela ruptura dos tecidos, como consequência, as principais manifestações fisiológicas provenientes dessas rupturas são o aumento na velocidade de respiração, e em alguns casos, a produção do etileno (Varoquaux e Wilwy, 1997), devido isso se obtêm o amadurecimento ou deterioração mais rápido do alimento minimamente processado.

Depois da glicólise para que a respiração dos vegetais continue seu fluxo normal é imprescindível a presença do oxigênio, para a sucessão do Ciclo de Krebs e para a Cadeia de Transporte de Eletrões, pois é o oxigênio o aceptor final de elétrons.

A atuação do revestimento comestível compara-se a uma atmosfera modificada, uma vez que, seu desempenho é retardar a respiração, ou seja, diminuir os níveis de oxigênio e aumentar os níveis de dióxido de carbono (Sisler e Wood, 1988), consequentemente, também será reduzida a produção de etileno, hormônio esse que depende do O₂ para ser produzido. A produção de etileno também está relacionada com as injúrias mecânicas causadas pelo o processamento mínimo.

A utilização do revestimento comestível também é fundamental na conservação de frutos inteiros, além de conferir uma maior durabilidade, proporciona um aspecto visual atrativo (Assis, Britto, 2014).

Villadiego et al, (2005), afirmaram que muitos alimentos necessitam de condições atmosféricas específicas para manter sua qualidade durante a estocagem, e para assegurar uma composição de gases constante dentro da embalagem é necessário que o material da embalagem apresente uma barreira aos gases e ao vapor de água.

Os revestimentos comestíveis não dependem somente do material em si, mas também dependem do produto a ser revestido, cujas características fisiológicas têm papel relevante nas condições de conservação (Assis; Britto, 2014).

Embora o emprego de revestimentos comestíveis ou biofilmes, ainda seja um processo em desenvolvimento, tem apresentado resultados bastante significativos, sendo assim uma prática que visa auxiliar na conservação de produtos perecíveis e, principalmente, produtos minimamente processados, cujo tempo de prateleira é consideravelmente reduzido em função do próprio processamento aos quais esses são submetidos (Assis; Britto, 2014).

Para comprovar a eficiência do uso de revestimento comestível Santos et al (2011), avaliando tomate concluíram que os frutos recobertos com película de fécula de mandioca a 3% apresentaram melhor aparência do que os frutos revestidos com filme de polietileno e os frutos (sem revestimento). Ainda verificaram que a perda de massa do tomate com a película foi menor quando comparado com os frutos sem revestimento.

Outra condição que os revestimentos comestíveis podem proporcionar é a formação de barreira ou resistência natural ao ataque bacteriano e de alguns insetos, como, por exemplo, a zeína do milho, que além de conferir cobertura insípida, dura e transparente, ainda apresenta uma estabilidade em altas temperaturas e calor (Krochta; Mulder Johnston, 1997).

Resultado semelhante ao de Soares et al (2011) utilizando revestimento a base de amido de mandioca e quitosana, comprovou que este tipo de revestimento apresenta característica antimicrobiana, sendo uma alternativa para aumentar a vida útil dos frutos de goiaba.

Fontes et al (2008), também verificou que o uso de solução conservadora e películas comestíveis ou biofilmes, reduziu o processo respiratório e a produção de etileno em maçã quando comparadas ao tratamento controle.

Diversos biopolímeros têm sido avaliados na formulação dessas coberturas como por exemplo, os polissacarídeos como o amido de milho, fécula de mandioca, pectina e carragenana; as proteínas como gelatina e glúten de trigo e os lipídeos, como por exemplos, as ceras e ácidos graxos (Pavlath et al., 2009). Além desses, a mucilagem de palma forrageira vem apresentando resultados promissores em relação à revestimento comestível, como avaliado por Allegra et al., (2016) que usou revestimento comestível à base de mucilagem de palma forrageira do gênero *Opuntia* em kiwis fatiados e verificaram que a firmeza dos frutos, bem como o teor de ácido ascórbico foi mantida com o revestimento.

Del-Valle et al., (2005) analisando a mucilagem como revestimento comestível em morangos, comprovaram o potencial uso dessa mucilagem, uma vez que a mesma não afetou as características organolépticas do produto, e também prolongou o tempo de vida útil do mesmo, sendo estas atribuições um dos requisitos para o processamento mínimo de frutas e hortaliças.

Outros trabalhos já realizados como, por exemplo, de Nascimento Neto et al (2016) compararam e comprovaram que os revestimentos feitos à base de mucilagem de

palma atuaram como incrementos eficazes no brilho e na redução da desidratação dos frutos de mamão Havaí.

Contudo, percebe-se que a mucilagem da palma forrageira é algo promissor e cabe mais pesquisas para avaliar o potencial dessa mucilagem como revestimento comestível, bem como, a sua aplicação em produtos minimamente processados, visando uma alternativa de baixo custo para a indústria de alimentos e segurança alimentar para o consumidor.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Influência do tipo de cultivo na estabilidade físico-química de mucilagem extraída de cladódios de clones IPA 100004/Miúda e IPA-200205/IPA-Sertânia

3.1.2. Caracterização das áreas de colheita

Os cladódios de palma forrageira foram coletados em duas áreas, uma em sequeiro e outra irrigada, da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada. A área de cultivo sequeiro foi instalada em janeiro de 2014, com espaçamento de 1 m entre fileiras e 0,4 m entre plantas. Foi realizada uma adubação no momento da instalação da área, os tratos culturais foram realizados quando necessários. Quanto a área de cultivo irrigado, foi instalada em 20 de janeiro de 2016, com espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. Realizou-se apenas duas adubações. Em relação à capina, foi realizada manualmente quando houve necessidade.

As colheitas dos cladódios no cultivo de sequeiro foram realizadas em novembro e dezembro do ano de 2017. Enquanto os cladódios oriundos do cultivo irrigado, as colheitas foram realizadas em janeiro de 2018 (Figura 1). Os dados de Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar, Velocidade do vento e Precipitação Pluvial estão na figura 1.

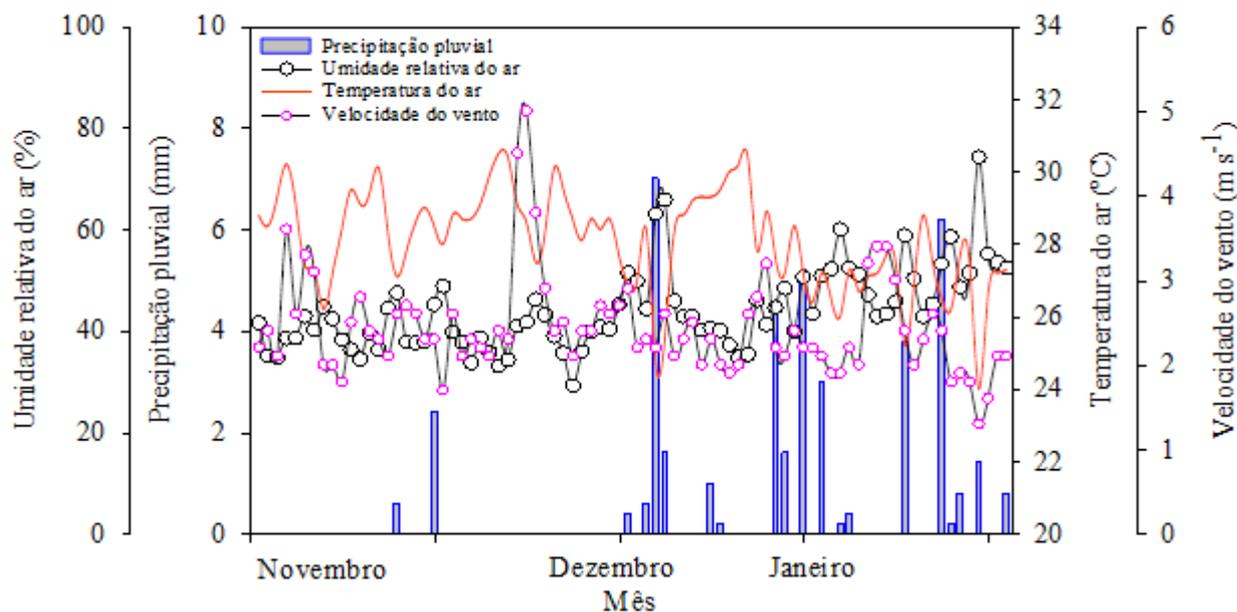


Figura 1. Dados meteorológicos: Temperatura do ar (°C), Umidade relativa do ar (%), Velocidade do vento (m.s^{-1}) e precipitação pluvial (mm). Obtidos durante a colheita dos cladódios de palma forrageira, entre novembro do ano de 2017 e janeiro do ano de 2018 em Serra Talhada-PE. Fonte INMET 2018.

3.1.3. Obtenção de Cladódios de Palma Forrageira e Processamento para Obtenção de Mucilagem

Os cladódios do clone IPA 100004/Miúda e IPA 200205/ IPA-Sertânia do gênero *Nopalea* obtidos das áreas experimentais, foram transportados para o Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Foi realizada a separação dos cladódios de acordo com o tipo de clone, ou seja, os cladódios foram separados em clone Miúda e clone IPA. Após a separação, os cladódios foram pesados, lavados em água corrente e em seguida foi realizada a retirada das extremidades dos cladódios.

Cortes longitudinais foram feitos com a finalidade de eliminar a epiderme e obter a região interna (parênquima aquífero) do cladódio, após isso, foi feito mais um corte para a obtenção do formato de cubo. Em seguida, foi realizada mais uma pesagem do cladódio já processado. Após a pesagem, os pedaços contendo o parênquima aquífero foram acondicionados em sacos de poliéster com zíper e imersos em água ultrapura a 30 °C por 30 minutos, em seguida foi realizada a drenagem por 10 minutos, obtendo-se assim a mucilagem de palma forrageira.

A mucilagem obtida foi acondicionada em placas de Petri, as quais, foram envolvidas com filme plástico de PVC com espessura de 8 μm e mantidas a 5 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ por 12 dias, com a Umidade Relativa de 85% (Figura 2).

Separação dos clones Miúda e IPA



Pesagem inicial



Lavagem e cortes longitudinais e cubos



Pesagem dos cladódios processados



Imersão em água a 30 °C e extração da mucilagem



Acondicionamento em placas de Petri



Manutenção da mucilagem a 5 ± 2 °C e 85% UR



Figura 2. Fluxograma de extração e conservação por 12 dias à 5 ± 2 °C e 85% de Umidade Relativa, da mucilagem de cladódio de palma forrageira clones IPA 100004/

Miúda e IPA 200205/ IPA-Sertânia do gênero *Nopalea*, obtidos de áreas experimentais de cultivo sequeiro e irrigado (UFRPE/UAST) 2018.

A mucilagem obtida foi mantida à 5 ± 2 °C por 12 dias. No dia 0 foram realizadas as análises físico-químicas como Rendimento, teor de Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, pH, teor de Potássio, teor de Sódio, Condutividade Elétrica e Estabilidade físico-química. Para os demais dias de avaliação, exceto Rendimento, as demais análises foram aos 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias, totalizando sete dias de avaliação.

3.1.4. Análises

a) Rendimento

O rendimento foi obtido por meio do peso da mucilagem, dividido pela soma do peso da palma processada acrescido à água utilizada na extração. Sendo usada a seguinte equação de acordo com Piati, Malacarene, Gall, (2015) e os resultados foram expressos em porcentagem.

Equação 1.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Mucilagem (g)}}{\text{Palma processada (g)} + \text{Água adicionada (g)}} * 100$$

Em que:

- Mucilagem = o peso da mucilagem em gramas
- Palma processada = peso da palma processada em gramas
- Água = peso da água em gramas, utilizada na extração da mucilagem.

b) Sólidos Solúveis

O teor de Sólidos Solúveis Totais foi determinado por refratometria, em que um mililitro de mucilagem foi inserido em um refratômetro de bancada modelo ABBE analógico, sendo os resultados expressos em porcentagem de sólidos solúveis.

c) Acidez Total Titulável

A Acidez Total Titulável, foi determinada de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985), por titulação com NaOH (0,1 M) adicionando-se duas gotas do indicador fenolftaleína. Os resultados foram expressos em gramas de ácido málico em 100 ml de solução de extrato.

Para obtenção dos valores de acidez foi utilizada a equação (Equação2).

Equação 2.

$$Att = \frac{n * N * Eq}{V * 10}$$

Em que:

n= volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação

M= molaridade da solução de hidróxido de sódio (0,1M)

Eq= Equivalente gramas do ácido málico (67,04)

V= volume de amostra utilizado (10 ml)

d) pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi realizado utilizando o pHmetro de bancada modelo PHS-3E. Foi imerso o sensor do eletrodo na mucilagem acondicionadas nas placas de Petri, obtendo-se assim a leitura do pH.

e) Teor de Potássio e Sódio

Foram utilizados tubos de ensaio com 100 µL de mucilagem diluídos em água, na proporção 1:50 (1 parte de mucilagem e 50 partes de água) com um volume final de 5 mL. Em seguida foi filtrado e as leituras foram realizadas em fotômetro de chama modelo B-462 MICRONAL. Os valores foram expressos em µmol K⁺ por mL de mucilagem.

f) Condutividade Elétrica

Foi medida utilizando um condutivímetro modelo PHS-12 DW, o sensor do aparelho foi mergulhado na mucilagem. Os resultados foram expressos em mS.cm^{-1} de mucilagem.

g) Estabilidade Físico-química

A estabilidade foi calculada baseando-se no valor inicial e final de cada variável avaliada, sendo expressa em porcentagem.

$$\begin{array}{l} \text{Di} \rightarrow 100\% \\ \text{DF} \leftarrow x \end{array}$$

Em que:

- Di= valor do dia inicial
- DF= valor do dia final

3.1.5. Delineamento Estatístico e Análise Estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial $2 \times 2 \times 7$ sendo dois sistemas de cultivo (sequeiro e irrigado), dois clones de palma forrageira (IPA 100004/Miúda e IPA-200205/IPA-Sertânia) e sete dias de avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10, e 12 dias) com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey à 5 % de probabilidade pelo programa estatístico R versão 3.4.4. Os gráficos foram elaborados utilizando o programa Sigmaplot 10.0.

3.1.6. Estudo do horário de colheita na composição físico-química de mucilagem de cladódio de clone IPA 100004/Miúda

Cladódios de 100 a 230 mm de comprimento do clone IPA 100004/Miúda foram colhidos às 5:00 e 20:00 horas, processados, obtido mucilagem e conservado semelhante à figura 2 com adaptações do horário de colheita.

A mucilagem obtida foi mantida à 5 ± 2 °C por 12 dias, sendo que nos dias 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 foram realizadas as mesmas análises físico-químicas do tópico 1.

3.1.7. Delineamento Experimental e Análise Estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 7 sendo dois horários de colheita (05:00 e 20:00 horas) e sete dias de avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10, e 12 dias) com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey à 5 % de probabilidade pelo programa estatístico R versão 3.4.4. Os gráficos foram elaborados utilizando o programa Sigmaplot 10.0.

3.2. Uso do ácido cítrico na extração de mucilagem de cladódio de clone IPA 100004/Miúda

Cladódios de 100 a 230 mm de comprimento do clone IPA 100004/Miúda, colhidos às 5:00 horas, foram processados e submetidos a adição de ácido cítrico (5%). Os cladódios processados foram deixados imersos por 30 minutos em solução contendo ácido cítrico (5%) para obtenção de mucilagem. A mucilagem obtida, foi mantida à 5 ± 2 °C por 12 dias, semelhante ao tópico 1. Sendo realizadas as mesmas análises físico-químicas nos dias 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12.

3.2.1. Delineamento Experimental e Análise Estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 7 sendo a adição ou não de ácido cítrico (5%) e sete dias de avaliação (0, 2, 4, 6, 8, 10, e 12 dias) com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey à 5 % de probabilidade pelo programa estatístico R versão 3.4.4. Os gráficos foram elaborados utilizando o programa Sigmaplot 10.0.

3.3. Avaliação do tamanho do cladódio de palma forrageira do clone IPA 100004/Miúda para extração de mucilagem

3.3.1. Obtenção de Cladódios de Palma e Disposição dos Tratamentos

Os cladódios do clone IPA 100004/Miúda do gênero *Nopalea* foram obtidos de áreas experimentais da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Após a colheita, os cladódios foram transportados para o Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Os cladódios foram separados e classificados em dois grupos, cladódios de tamanho de 100 a 230 mm e cladódios de tamanho 231 a 300 mm de comprimento.

3.3.2. Processamento dos cladódios para obtenção de mucilagem

Os cladódios foram pesados, lavados em água corrente e em seguida foi realizada a retirada das extremidades dos cladódios. Cortes longitudinais foram feitos com finalidade de eliminar a epiderme e obter a região interna (parênquima aquífero) do cladódio, após isso, foi feito mais um corte para obtenção do formato de cubo (Figura 2).

4. RESULTADOS

4.1. Cultivo em sequeiro de clones de palma forrageira incrementou os teores de alguns fitoquímicos na mucilagem

De acordo com os dados obtidos, foi observado que o cultivo irrigado proporcionou maiores rendimentos de mucilagem significativamente para o clone IPA 200205/ IPA-Sertânia, quando comparado com o mesmo clone em cultivo sequeiro e com o clone IPA100004/Miúda de ambos os cultivos (Figura 3-C).

Observou-se ainda que houve interação tripla entre os fatores: sistema de cultivo, clones de palma forrageira e dias de conservação para sólidos solúveis e condutividade elétrica (Tabela 1). Para pH, Acidez Total Titulável e Teor de Potássio e Sódio observou-se interações duplas (Tabela 1).

Foi evidenciado que a mucilagem dos clones IPA 100004/Miúda e IPA 200205/IPA-Sertânia, quando cultivados em sistema de cultivo de sequeiro, apresentaram diferença em relação ao teor de Sólidos Solúveis quando comparados com o cultivo irrigado. Observou-se também que em relação ao cultivo e os clones quando comparados, o clone IPA 100004/Miúda apresentou maior teor de Sólidos Solúveis ao longo da conservação que o clone IPA 200205/IPA-Sertânia nos cultivos de sequeiro (Figura 4-A).

Em relação ao valor da Condutividade Elétrica, observou-se que a mucilagem de clones cultivados em sistema sequeiro apresentaram diferença quando comparados com os clones cultivados em sistema irrigado, sendo que a mucilagem do clone IPA 100004/Miúda apresentou maior valor de condutividade elétrica no sistema de cultivo sequeiro, nos dias 0, 2, 6 e 10 (Figura 3-A).

Foi observado que Teor de Potássio da mucilagem foi maior para os clones cultivados em sistema sequeiro. Em relação ao pH e Acidez Total Titulável da mucilagem, observou-se que os valores foram próximos em relação ao tipo de clone e tipo de sistema de cultivo, sendo essas variáveis estáveis ao longo da conservação (Figura 3-A).

Observou-se que a correlação entre o teor de potássio e a condutividade elétrica foi maior para o clone IPA10004/Miúda em cultivo sequeiro (Figura 3-B).

Tabela 1. Valor do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clones IPA100004/Miúda e IPA 200205/IPA-Sertânia cultivados sistema de produção em sequeiro e irrigado, conservada à 5 ± 2 °C e 85% UR °C por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total contendo; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K^+) e teor de sódio (Na^+).

FV	GL	Quadrado Médio					
		SST	ATT	pH	CE	K	Na
Cultivo	1	16,96*	0,11220 *	1,96*	24,39*	43898536,2*	307,0*
Clones	1	2,25*	0,00443 ^{NS}	0,05052 ^{NS}	6,11*	191869,2 ^{NS}	11307,7 ^{NS}
Dias	6	1,12*	0,01153 *	0,07174*	0,64582*	66958,3 ^{NS}	768,9 ^{NS}
Cultivo x clones	1	2,95*	0,01574 *	0,00252 ^{NS}	8,76*	2519921,4*	307,0 ^{NS}
Cultivo x dias	6	1,16*	0,00415 *	0,09183*	0,55428 *	82399,9 ^{NS}	600,3 ^{NS}
Clones x dias	6	0,47123*	0,00350 *	0,03471 ^{NS}	0,11897*	76951,1 ^{NS}	768,9 ^{NS}
Cultivo x clone x dias	6	0,88542*	0,00158 ^{NS}	0,01210 ^{NS}	0,86055*	179379,2 ^{NS}	600,3 ^{NS}
Resíduos	56	0,06176	0,00072	0,01814	0,12308*	222107,5	648,0
Total	83						

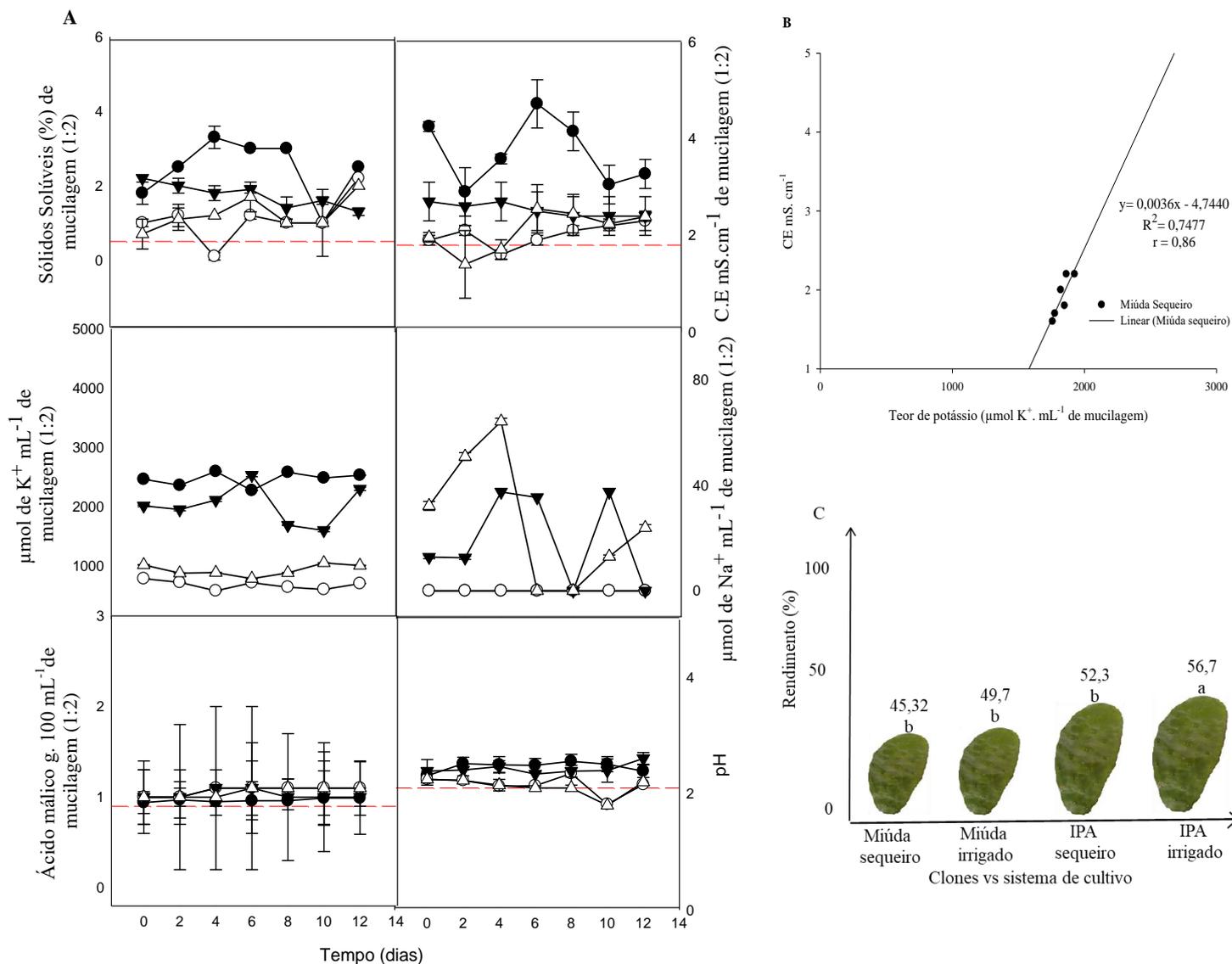


Figura 3. Sólidos solúveis totais (%); acidez titulável total (ácido málico g.100 mL de mucilagem); pH; condutividade elétrica (mS.cm^{-1}); teor de potássio ($\mu\text{mol K}^+ \text{ mL}$ de mucilagem) e sódio ($\mu\text{mol Na}^+ \text{ mL}$ de mucilagem) para mucilagem de palma forrageira obtida de clones Miúda e IPA cultivados em sistema de sequeiro e irrigado, conservada à 5 ± 2 °C e 85% de Umidade Relativa por doze dias. (●) Miúda em sequeiro, (○) Miúda em irrigado, (▼) IPA em sequeiro, (△) IPA em irrigado (A). Correlação de Pearson em relação ao teor de Potássio e Condutividade Elétrica na mucilagem de palma forrageira de clones Miúda de sequeiro, Miúda irrigada, IPA sequeiro e IPA irrigada (B). Rendimento de mucilagem extraída de cladódios de clones Miúda e IPA cultivados em sistema de cultivo de sequeiro e irrigado (C) A mucilagem foi extraída na proporção 1:2 (1 parte de material vegetal e 2 partes de solução contendo 5% de ácido cítrico).

4.2. Cladódios do clone IPA 100004/Miúda colhidos no horário de 05:00 horas apresenta um potencial para extração de mucilagem

Verificou-se que os cladódios colhidos às 05:00 horas apresentou rendimento semelhante de mucilagem quando comparado com o rendimento de mucilagem obtida de cladódios colhidos às 20:00 horas (Figura 4-C).

Em relação ao horário de colheita dos cladódios de palma forrageira, observou-se que houve efeito significativo da interação entre os fatores horário de colheita e dias de conservação (Tabela 2), para Sólidos Solúveis, Acidez Total Titulável, Condutividade Elétrica e para Teor de Sódio. Para pH e Teor de Potássio houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade apenas para os tratamentos isolados (Tabela 2).

Observou-se que o teor de Sólidos Solúveis foi maior em mucilagem de cladódios colhidos às 20:00 horas. Verificou-se também que o teor de Acidez Total Titulável entre os dias 0 e 8 de conservação foi maior quando comparados com os valores da mucilagem de cladódios colhidos às 05:00 horas no mesmo período de conservação, sendo que nos dias finais de conservação esses valores de acidez foram semelhantes entre as mucilagens obtidas dos cladódios colhidos nos diferentes horários. Entretanto, observou-se que a acidez, o teor de Sólidos Solúveis e o teor de Sódio da mucilagem de cladódios colhidos às 05:00 horas apresentou maior estabilidade química ao longo da conservação (Figura 4-A).

Para a Condutividade Elétrica foi observado que a mucilagem de cladódios colhidos às 20:00 horas apresentou maior valor de condutividade, bem como, menor estabilidade química em torno de 112,5%, sendo assim, foi verificado que a maior estabilidade foi em mucilagem de cladódios colhidos às 05:00 horas (Figura 4-A).

Quanto ao pH e teor de potássio, os menores valores foram observados em mucilagem de cladódios colhidos às 05:00 horas (Figura 4-A).

Além disso, foi observada uma alta correlação entre os teores de potássio e condutividade elétrica em mucilagem de cladódios colhidos às 05:00 horas como mostrada na (Figura 4-B).

Tabela 2. Valores do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clone IPA 100004/Miúda, obtida de cladódios colhidos às 05:00 e 20:00 horas na proporção de 1:2 (uma parte de mucilagem e duas partes de água), conservada em temperatura à 5 ± 2 °C e 85% Umidade Relativa por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K^+) e teor de sódio (Na^+).

FV	GL	Quadrado Médio					
		SST	ATT	pH	CE	K	Na
Horários	1	0,05357 ^{NS}	0,00105000*	2,10381*	0,05429 ^{NS}	17004736*	1906,1*
Dias	6	0,43552*	0,00002063 ^{NS}	0,03864 ^{NS}	0,35652*	162550 ^{NS}	5430,9*
Horários x Dias	6	0,46329*	0,00012222*	0,09823 ^{NS}	0,45987*	190582 ^{NS}	1906,1*
Resíduos	28	0,03869	0,00001905	0,03022	0,07481	85511	424,6*
Total	41						

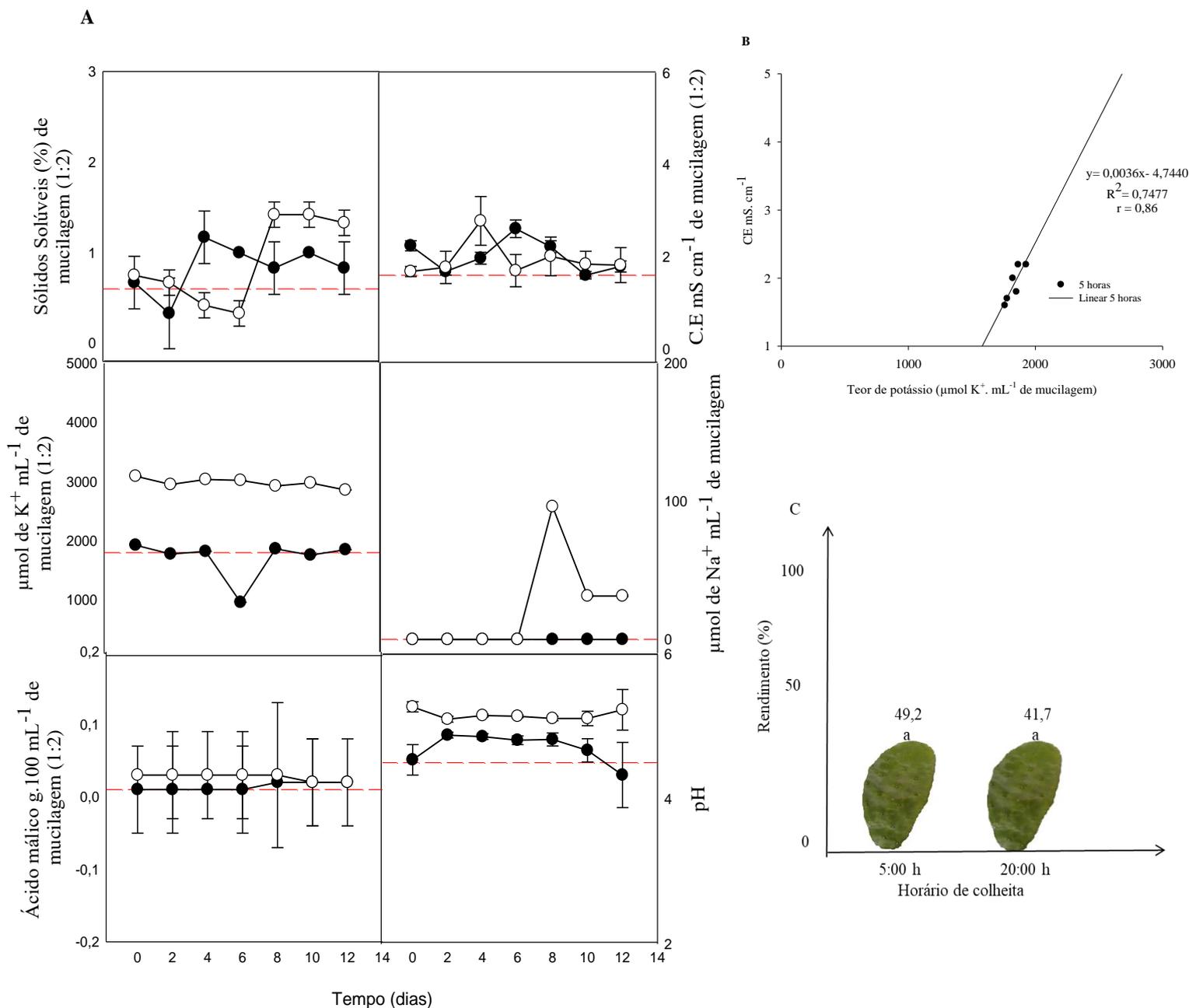


Figura 4. Sólido Solúveis Totais (%); Acidez titulável total; (ácido málico g.100 mL de mucilagem) pH; Condutividade elétrica (mS.cm^{-1}); Teor de potássio ($\mu\text{mol K}^+$ mL de mucilagem) e de sódio ($\mu\text{mol K}^+$ mL de mucilagem) em mucilagem de palma forrageira extraída do clone IPA 100004/Miúda colhida às 05:00 horas (-●-) e às 20:00 horas (-○-), mantidos por 12 dias à 5 °C (A). Correlação de Pearson entre teores de Potássio e Condutividade Elétrica, da mucilagem extraídas de palma clone IPA 100004/Miúda colhida às 05:00 e 20:00 horas (B). Rendimento de mucilagem extraída de cladódios colhidos às 05:00 e 20:00 horas (C). A mucilagem foi extraída em água ultrapura por 30 minutos na proporção de 1:2 (uma parte de material vegetal processado e 2 partes de água ultrapura).

4.3. Adição de ácido cítrico na extração de mucilagem, modificou a composição físico-química e rendimento

Em relação a adição de ácido cítrico para aumentar rendimento de mucilagem de palma forrageira, foi verificado no presente estudo, que essa adição não promoveu aumento significativo de rendimento de mucilagem (Figura 5-C).

Observou-se também ao nível de 5% de probabilidade que houve interação entre os fatores: com e sem adição de ácido cítrico e dias de conservação de mucilagem, para Sólidos Solúveis e Acidez Total Titulável (Tabela 3). Por outro lado, o pH, a Condutividade Elétrica e Teor de Potássio e de Sódio, apresentaram efeito significativo apenas para os tratamentos isolados (Tabela 3).

A adição de ácido cítrico à 5% na extração de mucilagem aumentou significativamente ao nível de 5% de probabilidade os teores de Sólidos Solúveis, Teor de Potássio, Acidez Titulável e Condutividade Elétrica (Figura 5-A). Por outro lado, reduziu valores de pH (Figura 5-A). Além disso, foi observado que a adição de ácido cítrico não promoveu estabilidade para a mucilagem durante o período de conservação.

Verificou-se também que a correlação entre o teor de potássio e a condutividade elétrica, apesar da adição do ácido cítrico ter influenciado o valor de ambas variáveis isoladas, observou-se que a correlação entre o potássio e a condutividade elétrica foi alta em mucilagem sem a adição do ácido cítrico (Figura 5-B).

Tabela 3. Valor do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clone IPA 100004/Miúda, obtida em água ultrapura e com adição de ácido cítrico à 5%, conservada à 5 ± 2 °C e 85% UR °C por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total contendo; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K^+) e teor de sódio (Na^+).

FV	GL	Quadrado Médio					
		SST	ATT	pH	CE	K	Na
Ácido Cítrico	1	27,52*	9,57*	52,82*	30,34*	6050748*	-
Conservação	6	1,19*	0,0010 *	0,108 ^{NS}	1,60*	276960 ^{NS}	-
Ácido Cítrico x Conservação	6	0,9683 *	0,0004 *	0,039 ^{NS}	0,1811 ^{NS}	99291 ^{NS}	-
Resíduos	28	0,0952	0,0001	0,031	0,0802	133228	-
Total	41						

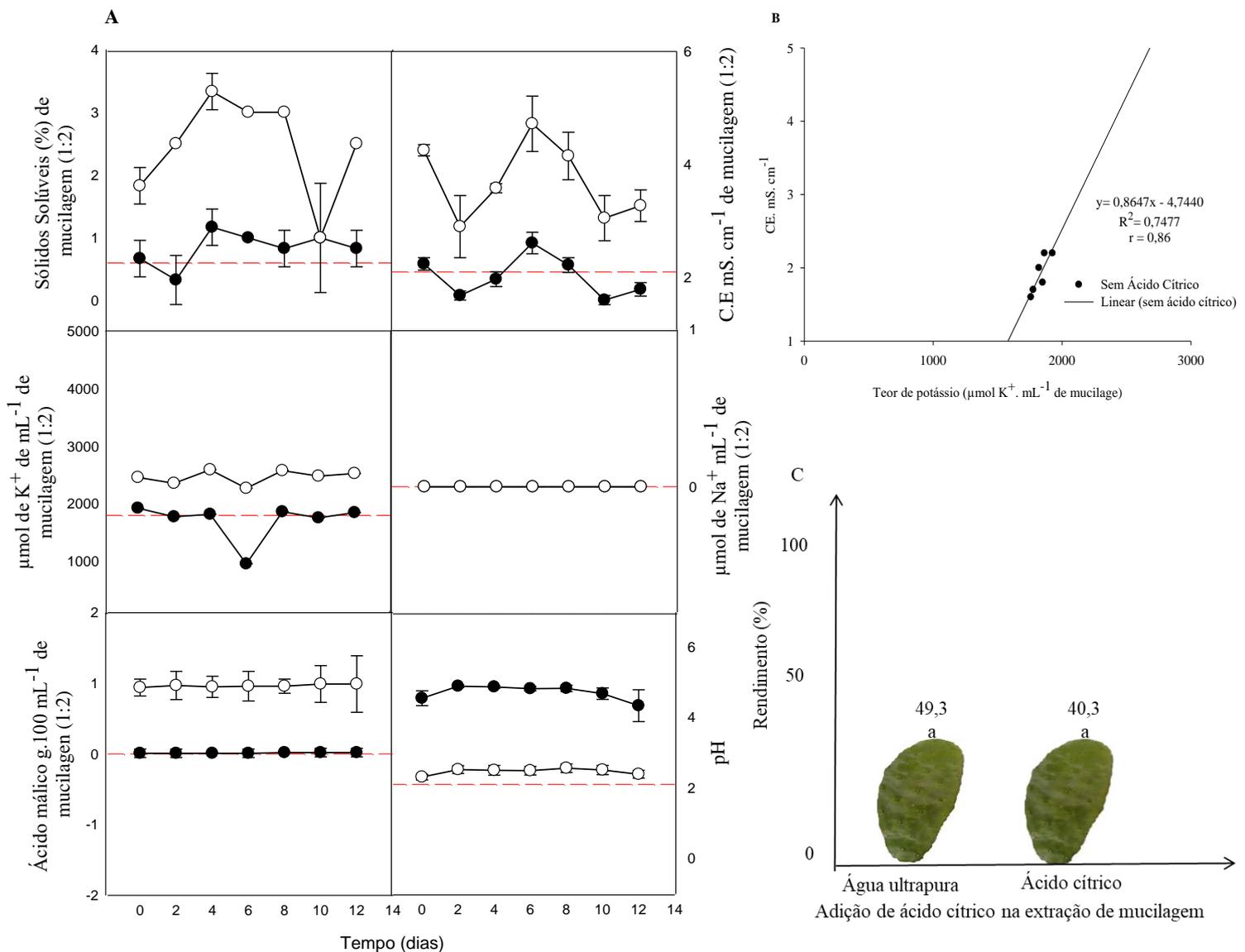


Figura 5. Sólidos solúveis totais (%); Acidez titulável total (ácido málico g.100 mL de mucilagem); pH; Condutividade elétrica (mS. cm^{-1}); Teor de potássio ($\mu\text{mol K}^+$ mL de mucilagem) e de sódio ($\mu\text{mol Na}^+$ mL de mucilagem) em mucilagem de palma forrageira extraída em água ultrapura (-●-) e com adição de ácido cítrico à 5% (-○-), mantidos por 12 dias à 5 °C (A). Correlação de Pearson entre teores de Potássio e Condutividade Elétrica, da mucilagem de palma clone IPA 100004/Miúda extraída em água ultrapura e com adição de ácido cítrico 5% (B). Rendimento de mucilagem de cladódios de clone IPA 100004/Miúda, extraída em água ultrapura e com adição de ácido cítrico à 5% (C). A mucilagem foi extraída em água ultrapura e com adição de ácido cítrico à 5% por 30 minutos na proporção de 1:2 (uma parte de material vegetal processado e 2 partes de água ultrapura e com ácido cítrico).

4.4. Cladódios de 100 a 230 mm de comprimento foram mais adequados para obtenção de mucilagem do clone IPA 100004/Miúda

O tamanho do cladódio avaliado não apresentou significância em relação ao rendimento de mucilagem de palma forrageira (Figura 6-C).

Observou-se que houve interação entre os fatores: tamanho de cladódios e dias de conservação, apenas para Acidez Total Titulável (Tabela 4). Para Sólidos Solúveis Totais, pH e Condutividade Elétrica, houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade apenas para os tratamentos isolados.

De acordo com a interação entre os fatores: tamanho de cladódios e dias de conservação, para a variável Acidez Total Titulável, foi observado que no dia inicial da conservação os teores de acidez para a mucilagem obtida de ambos os tamanhos de cladódios foram semelhantes, entretanto, aos dias 2, 4 e 6 da conservação, observou-se que a mucilagem obtida de cladódios de tamanho 231 a 300 mm de comprimento, apresentou maior teor de Acidez Total Titulável (Figura 6-A).

Foi observado que o pH, o rendimento e a Condutividade Elétrica de mucilagem entre os tamanhos de cladódios avaliados, não apresentou diferença estatística (Figura 3- A e C). Observou-se que os teores de Sólidos Solúveis e de Potássio foram maiores para os cladódios de 231 a 300 mm em relação aos cladódios de 100 a 230 mm. Além disso, foi observado que para ambos os tamanhos de cladódios o fotômetro de chama não conseguiu quantificar teor de Sódio.

Observou-se que o teor de potássio presente na mucilagem apresentou correlação positiva com a Condutividade Elétrica, sendo essa correlação maior em mucilagem de cladódios de 100 a 230 mm de comprimento (Figura 3-B).

Tabela 4 – Valor do Quadrado Médio para mucilagem de palma forrageira clone IPA 100004/Miúda, obtida de dois tamanhos de cladódios (100 a 230 mm ; 231 a 300 mm) na proporção de 1:2 (uma parte de mucilagem e 2 partes de água), conservada à 5 ± 2 °C e 85% Umidade Relativa, por doze dias. Sendo realizadas as seguintes análises: SST - sólidos solúveis totais; ATT - acidez titulável total; pH; C.E- condutividade elétrica; teor de potássio (K^+) e teor de sódio (Na^+).

FV	GL	Quadrado Médio					
		SST	ATT	pH	CE	K^+	Na^+
Tamanho de cladódios	1	0,59524*	0,000402388 ^{NS}	0,000952 ^{NS}	0,04024 ^{NS}	1533578*	-
Dias de conservação	6	0,30357*	0,000093658 ^{NS}	0,233016*	0,74651*	269315 ^{NS}	-
Tamanho x dias	6	0,13690 ^{NS}	0,000096838*	0,058730 ^{NS}	0,00524 ^{NS}	98123 ^{NS}	-
Resíduos	28	0,05952	0,00003333	0,0457146	0,04333	79404	-
Total	41						

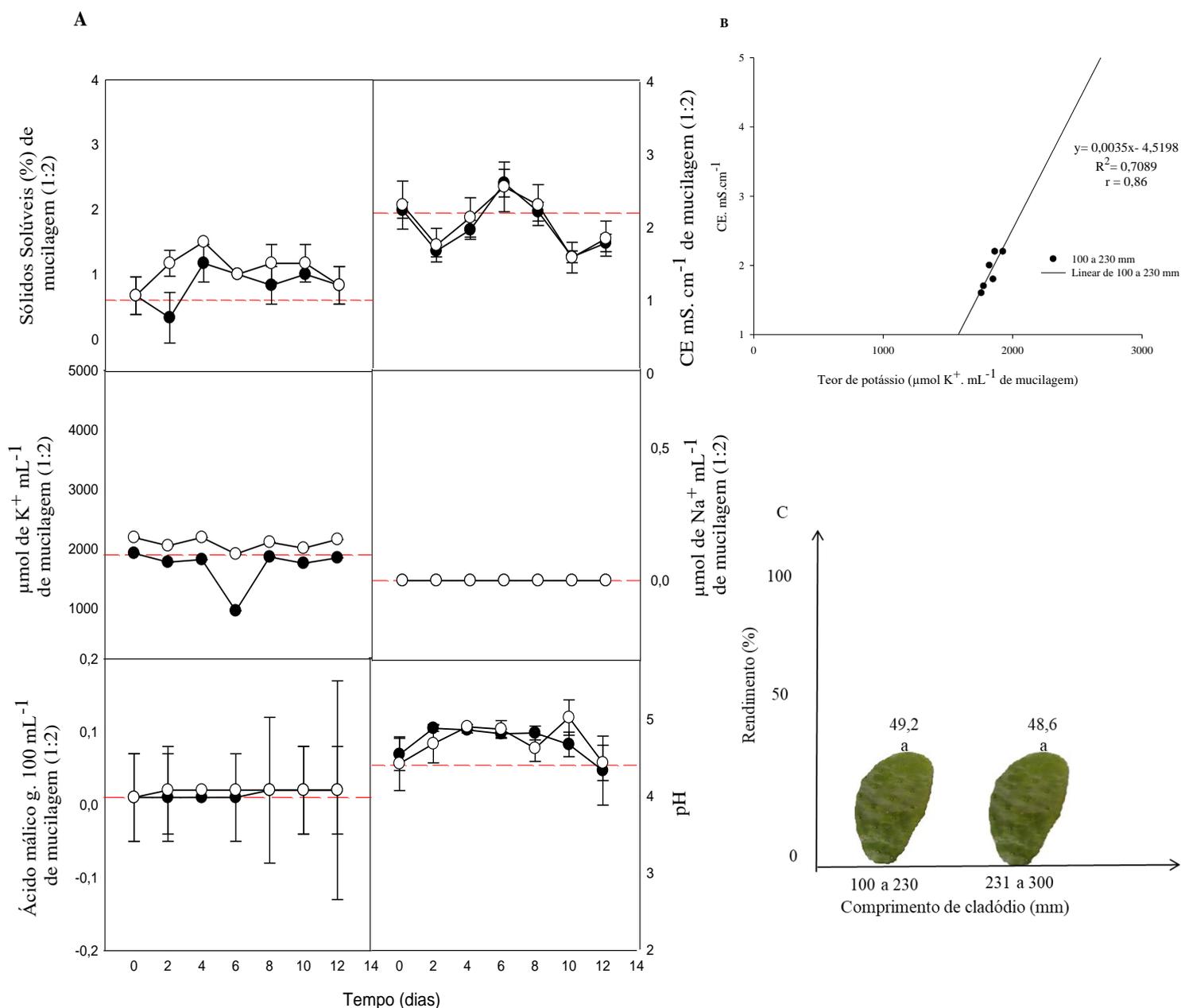


Figura 6. Sólidos Solúveis Totais (%); Acidez Titulável Total (ácido málico g.100 mL de mucilagem); pH; Condutividade Elétrica (mS.cm⁻¹); Teor de Potássio ($\mu\text{mol K}^+ \text{ mL}$ de mucilagem) e Teor de Sódio ($\mu\text{mol Na}^+ \text{ mL}$ de mucilagem) em mucilagem de palma forrageira extraída do clone IPA 100004/Miúda de tamanho 100 a 230 mm (-●-) e de 231 a 300 mm (-○-), mantidos por 12 dias à 5 ± 2 °C e 85% Umidade Relativa (A). Correlação de Pearson entre teores de Potássio e Condutividade Elétrica, da mucilagem extraídas de palma clone IPA 100004/Miúda do tamanho de 100 a 230 mm e de 231 a 300 mm (B). Rendimento de mucilagem extraída de cladódios de 100 a 230 mm e de 231 a 300 mm de comprimento (C). A mucilagem foi extraída em água ultrapura por 30 minutos na proporção de 1:2 (uma parte de material vegetal processado e 2 partes de água ultrapura).

5. DISCUSSÃO

É evidente que mucilagem de cladódios de palma forrageira associados a plastificantes possuem propriedades mecânicas e físico-químicas de formação de biofilmes comestíveis (Gheribi et al., 2018). Porém, a origem do cladódio, condições ambientais, métodos de extração, dentre outras variantes, podem influenciar na qualidade do biofilme formado.

No presente estudo, foi investigado condições agronômicas e ambientais envolvendo tipos de cultivo e clones, horário de colheita, adição de ácidos orgânicos e tamanho de cladódio, no rendimento, na qualidade e na estabilidade físico-química da mucilagem refrigerada de palma forrageira.

Em relação à escolha do tipo de cultivo e de clone para a obtenção de mucilagem, foi verificado que tanto os clones de palma forrageira IPA 100004/Miúda e IPA 200205/IPA-Sertânia quando cultivados em sequeiro apresentaram uma mucilagem mais viscosa (observações pessoais) em relação às irrigadas. Isso ocorreu provavelmente devido ao Ajustamento Osmótico utilizado pelas plantas que é considerado como um mecanismo adaptativo que a planta utiliza para sobreviver sob condições de estresse hídrico ou salino, o qual proporciona a manutenção da turgescência, abertura estomática, crescimento e alongamento celular (Silveira et al., 2009).

Com isso, possivelmente ocorre uma acumulação intracelular de solutos osmoticamente ativos, que irá resultar em um aumento do potencial osmótico e conseqüentemente o potencial hídrico será aumentado, garantindo assim que a planta não perca água para a região de menor potencial, sendo assim, a planta consegue estabelecer um certo equilíbrio evitando a perda de água para o solo (Turner, 1996). Podendo esse fenômeno também afetar tanto a concentração dos sólidos solúveis como também o pH, contribuindo assim para uma maior viscosidade da mucilagem.

Além disso, foi indiretamente evidenciado altos valores no Teor de sólidos solúveis, pH, Teor de Potássio e Sódio, Acidez Total Titulável, e Condutividade Elétrica. Apesar da condutividade elétrica ter sido maior, no cultivo sequeiro, o que pode resultar em uma mucilagem menos viscosa, os teores de sólidos solúveis e pH foram considerados valores altos contribuindo assim em uma mucilagem mais viscosa quando comparada com a mucilagem do sistema irrigado.

Quando avaliado o horário de colheita de cladódios de palma forrageira, observou-se que houve diferença no teor de sólidos solúveis, sendo o horário de 20:00 horas o que apresentou maior teor, no entanto, a estabilidade do teor de sólidos solúveis para este horário foi menor quando comparada com o horário de colheita às 05:00 horas. Observou-se também que o valor de aproximadamente 2% de sólidos solúveis encontrado no presente trabalho é menor que os valores de 13% e 19% encontrados por (Bayar; Kriaa; Kammoun, 2016; Kalegowda; Chauhan; Urs, 2017). Isso ocorreu possivelmente por a mucilagem utilizada apresentar uma maior diluição em virtude do método de extração utilizado, sendo apenas por imersão, o que difere de outros trabalhos que utilizaram extrusão (Otálora et al., 2015) ou lavagens com metanol (Gheribi et al., 2018) o que garante uma mucilagem mais concentrada.

Os cladódios colhidos às 5:00 horas da manhã apresentaram em todos os dias avaliados menores teores de potássio (Figura 4-A). Além disso, nos oito dias iniciais menores teores de ácido málico foram verificados (Figura 4-A).

Devido ao metabolismo da palma forrageira ser do tipo (CAM) Metabolismo Ácido das Crassuláceas, que durante a noite, quando a planta abre seus estômatos, ocorre a entrada de CO₂ atmosférico, sendo esse CO₂ acumulado e convertido em ácido málico, por essa razão, a quantidade de ácido málico é maior no início da manhã de acordo com Sampaio (2005).

Entretanto, os resultados obtidos no presente trabalho, são justificados por Scalisi et al (2016), que observaram uma maior concentração de ácido málico no horário noturno, devido ao estresse hídrico que as plantas de *Opuntia ficus indica* foram submetidas, o que se assemelha com as condições hídricas do presente trabalho, uma vez que, os cladódios foram obtidos de plantas cultivadas em sistema de sequeiro, com condições climáticas de baixa precipitação pluviométrica, baixa umidade relativa do ar e alta temperatura do ar conforme mostrado na (Figura 1). Considerando-se assim, uma condição de estresse o que resultou em uma maior quantidade de ácido málico.

Quanto ao teor de potássio foi verificada estabilidade nos valores durante o armazenamento (Figura 4-A) houve diferença para a mucilagem nos cladódios colhidos às 5:00 (Figura 4-A). Além disso, menores teores de potássio e sódio (Figura 4-A) foram obtidos no horário de 5:00 horas, isso ocorreu possivelmente devido ao processo fotossintético e a respiração da palma forrageira serem maiores durante à noite, havendo então uma maior absorção de macro e micronutrientes que durante o dia (Sampaio,

2005). O potássio tem grande importância para as plantas, também por regular a abertura e fechamento dos estômatos (Mengel; Kirkby, 1978; Malavolta et al., 1997).

Portanto, acredita-se que a colheita às 5:00 horas por resultar em menor acidez, menores teores de potássio e sódio, e menor condutividade elétrica, podem resultar indiretamente em uma mucilagem mais viscosa, bem como, mais estável quimicamente e um maior rendimento.

Nos ensaios descritos o rendimento permaneceu na faixa de 40%, isso pode não ser um rendimento adequado quando se trata de produção comercial de mucilagem em agroindústria. Assim, com o intuito de incrementar o rendimento foi adicionado à extração ácido cítrico (Mirzajani; Hadavi; Kashi, 2015).

Com uso do ácido cítrico na extração de mucilagem de palma forrageira, foi observado que houve diferença significativa em relação aos sólidos solúveis, os quais apresentaram maiores valores em torno de 2,5 a 3% quando comparados com os da mucilagem extraída apenas em água ultrapura, possivelmente obtendo-se assim um maior rendimento (Pinheiro et al., 1984). Entretanto, esses valores obtidos são inferiores quando comparados com os de Kalegowda; Chauhan; Urs, (2017). Além disso, observou-se que a adição do ácido cítrico, na extração da mucilagem promoveu maior influência também para o Teor de Potássio, Condutividade Elétrica e pH.

A adição de ácido cítrico incrementou a condutividade elétrica, uma vez que, pode resultar em uma menor viscosidade da mucilagem (Trachtenber; Mayer 1982). Porém, por ser considerando um antioxidante, o ácido cítrico pode atuar minimizando o escurecimento enzimáticos dos tecidos vegetais, sendo considerado também como um importante componente para a elaboração de revestimento comestível (Lo'ya; El-Khateeb, 2018).

A viscosidade é um fator de grande importância para a composição de revestimentos comestíveis, pois quanto mais viscosa a mucilagem maior a capacidade de adesão à superfície do produto (Assis, Brito 2014). No entanto, em relação ao rendimento de mucilagem foi observado que a utilização do ácido cítrico não apresentou diferença quando comparado com o rendimento de mucilagem extraída em água ultrapura, pois de acordo com Piletti (2011) o aumento do rendimento de extração de mucilagem se dá à medida que passa de pH ácido para pH menos ácido.

Em relação ao tamanho do cladódio, no ensaio realizado com o clone IPA 100004/Miúda, observou-se que cladódios de diferentes tamanhos podem resultar

diferenças qualitativas na mucilagem (Padilla et al., 2016). Sendo assim, foi utilizado dois tamanhos como referência de 100 a 230 mm e 231 a 300 mm de comprimento.

Quanto ao teor de sólidos solúveis presentes na mucilagem, houve diferença entre os tamanhos de cladódios avaliados, sendo essa análise fundamental para averiguar a qualidade da mucilagem bem como o rendimento, uma vez que, os sólidos solúveis presentes na matéria prima implicam em um maior rendimento de acordo com Pinheiro et al., (1984). No entanto, quando avaliado o rendimento de mucilagem, observou-se que não houve diferença em relação aos tamanhos de cladódios, porém ao longo da conservação observou-se uma pequena variação em relação ao teor de sólidos solúveis. No entanto, essa variação não afetou a estabilidade da mucilagem em relação ao tempo de conservação, sendo o valor final dos sólidos solúveis, semelhantes ao valor inicial que foi de aproximadamente 1% (Figura 6-A).

O teor de potássio e seus valores de condutividade elétrica foram significativamente maiores ao nível de 5% de probabilidade para os cladódios com 231 a 300 mm de comprimento (Figura 6-A). Isso se deu possivelmente por esses cladódios apresentarem comportamento de órgão fonte, ou seja, apresentar maior quantidade de água e íons e produção de assimilados para órgãos dreno (Marcelis 1996), como por exemplo, produção de cladódios jovens, flor e fruto, o que fez com que a condutividade elétrica fosse maior nesse tamanho de cladódio.

Além disso, o fotômetro de chamas não conseguiu detectar teor de sódio no extrato de mucilagem usado, possivelmente devido a diluição da mucilagem que foi de 1 parte de mucilagem (parênquima aquífero) para 2 partes de água usada para a extração de mucilagem. Sendo necessário ainda, mais uma diluição para a realização da leitura no fotômetro de chamas, em que foi utilizada 1 parte de mucilagem para 50 partes de água. Logo, esses resultados também não refletem a ausência de sódio como descrito por Souza (2015) que encontrou o valor de 0,86g. Kg⁻¹ de teor de sódio em palma forrageira, porém esse valor pode ser maior ou menor a depender de fatores como irrigação e adubação química, local de cultivo, tipo de clima e variedade ou clone utilizado (Kim et. al., 2013).

Ao longo do estudo verificou-se que houve uma correlação entre o teor de potássio e a condutividade elétrica da mucilagem, devido à presença do potássio (Figura 6-B). Sendo análise da condutividade elétrica considerada como importante no que se refere à viscosidade de mucilagem, Trachtenberg, Mayer (1982), afirmam que a força iônica, que trata da quantidade de íons presentes na solução, pode interferir na força

intermolecular, ou seja, na viscosidade. Assim, os íons ou sais presentes, podem causar um desarranjo na conformação, esta que se dá, devido as moléculas do polímero assumirem uma posição equilibrada de formas, resultando assim, em um fluido menos viscoso (Krevelen, 1990), resultando também em uma menor adesão do revestimento à superfície do produto (Assis e Brito 2014).

Sherahi et al (2018), observou em mucilagem de sementes de *Descurainia sophia* que quanto maior a força iônica, maior a concentração de íons, menor é a viscosidade da mucilagem, sendo esses íons tanto monovalentes como o K^+ e Na^+ , quanto divalentes como o Ca^{2+} e Mg^{2+} . Entretanto, foi observado no presente estudo que o potássio presente na mucilagem de palma forrageira, não apresentou diferença de viscosidade, uma vez que, o potássio faz parte da composição química da mucilagem, o que difere dos resultados encontrados por (Sherahi et al., 2018) que adicionou em seu estudo $NaCl$ e $CaCO_3$ foi verificado que a viscosidade da mucilagem foi alterada, ficando menos viscosa.

Com base nos dados obtidos, observou-se que os cladódios de menor tamanho apresentaram baixa concentração de potássio e conseqüentemente uma menor condutividade elétrica, o que resulta teoricamente, em uma mucilagem mais viscosa quando comparada com a mucilagem de cladódios maiores. Além disso, o rendimento, foi estatisticamente semelhante nos dois tamanhos (Figura 6-C). Contudo, os cladódios menores foram mais tenros e mais macios para cortar, o que facilitou o processamento dos mesmos, possivelmente devido ao menor teor de fibras ou lignina (Tosto et. al., 2007; Silva et. al., 2015). Assim, sugere-se a escolha do cladódio menor para extração e obtenção de mucilagem para formação de biofilme.

Em virtude das respostas obtidas das variáveis avaliadas, nos ensaios realizados, optou-se por realizada a Análise de Componentes Principais (PCA) com a intenção de se obter maiores informações em relação às variáveis teor de sólidos solúveis, condutividade elétrica, acidez total titulável, teor de potássio, teor de sódio e pH. Além disso, buscou-se verificar quais condições de campo e métodos de extração apresentaram maior influência. Os tratamentos foram dispostos conforme mostra (Tabela 5) para construção do gráfico da Análise de Componentes Principais.

Tabela 5. Disposição dos tratamentos em relação a Análise de Componentes Principais, para a mucilagem de palma forrageira, obtida a partir de diferentes clone e sistema de cultivos, horário de colheita, adição de ácido cítrico e tamanho de cladódios.

Código	Tratamento
T1	IPA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (G) ÁCIDO CÍTRICO
T2	IPA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (G) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T3	IPA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (M) ÁCIDO CÍTRICO
T4	IPA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (M) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T5	IPA IRRIGADA 5 HORAS TAM (G) ÁCIDO CÍTRICO
T6	IPA IRRIGADA 5 HORAS TAM (G) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T7	IPA IRRIGADA 5 HORAS TAM (M) ÁCIDO CÍTRICO
T8	IPA IRRIGADA 5 HORAS TAM (M) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T9	MIÚDA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (G) ÁCIDO CÍTRICO
T10	MIÚDA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (G) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T11	MIÚDA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (M) ÁCIDO CÍTRICO
T12	MIÚDA SEQUEIRO 5 HORAS TAM (M) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T13	MIÚDA SEQUEIRO 20 HORAS TAM (G) ÁCIDO CÍTRICO
T14	MIÚDA SEQUEIRO 20 HORAS TAM (G) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T15	MIÚDA SEQUEIRO 20 HORAS TAM (M) ÁCIDO CÍTRICO
T16	MIÚDA SEQUEIRO 20 HORAS TAM (M) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T17	MIÚDA IRRIGADA 5 HORAS TAM (G) ÁCIDO CÍTRICO
T18	MIÚDA IRRIGADA 5 HORAS TAM (G) SEM ÁCIDO CÍTRICO
T19	MIÚDA IRRIGADA 5 HORAS TAM (M) ÁCIDO CÍTRICO
T20	MIÚDA IRRIGADA 5 HORAS TAM (M) SEM ÁCIDO CÍTRICO

Notou-se com a Análise de Componentes Principais (Figura 7), que houve a formação de dois grandes grupos distintos entre os tratamentos, sendo a adição de ácido cítrico na extração de mucilagem, o tratamento que apresentou maior influência para teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e condutividade elétrica, tornando os seus valores mais elevados quando comparados com os demais tratamentos. Por outro lado, a adição de ácido cítrico promoveu um menor pH para a mucilagem (Figura 7).

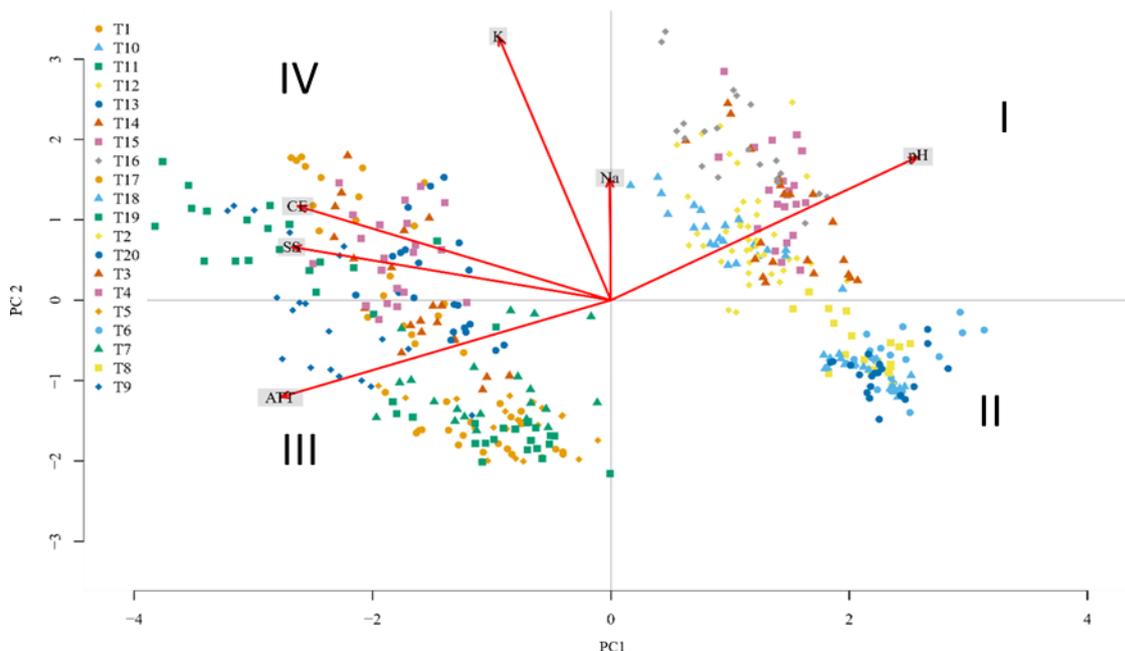


Figura 7. Resposta da Análise de Componentes Principais dos tratamentos em relação a mucilagem obtida a partir de diferentes clones de palma forrageira, cultivados em sistemas de cultivos distintos, colhidos em diferentes horários e avaliados diferentes tamanhos de cladódios.

Observou-se na Análise de Componentes Principais que em relação aos teores de potássio e sódios, não houve influência do ácido cítrico para estas variáveis.

Em relação aos quadrantes da Análise de Componentes Principais, observou-se que o quadrante I o agrupamento dos tratamentos foi maior entre o clone Miúda colhido em diferentes horários e sem adição de ácido cítrico. No quadrante II o clone de maior representatividade foi o clone IPA colhido em diferentes horários e sem adição de ácido cítrico. O quadrante III foi representativo pelos clones Miúda e IPA colhidos em diferentes horários com adição de ácido cítrico, bem como, foi verificado que entre as variáveis Sólidos Solúveis e Condutividade Elétrica, houve uma maior correlação entre os tratamentos deste quadrante. E por último, o quadrante IV, foi representado pelo o clone Miúda de diferentes horários de colheita e com adição de ácido cítrico.

Contudo, observou-se que o manejo na formulação do revestimento, ou seja, a adição de ácido cítrico na extração da mucilagem, foi o fator que mais alterou a composição físico-química da mucilagem, em relação aos demais manejos estudados, como por exemplo, horário de colheita e tamanho de cladódio. Por tanto, se faz necessário mais estudos para a aplicação dos biofilmes obtidos em raízes e frutas minimamente processadas para enfim, averiguar a eficiência dos revestimentos obtidos.

6. CONCLUSÕES

A adição de ácido cítrico na extração de mucilagem de palma forrageira não proporcionou maior rendimento e diminuiu a viscosidade da mucilagem.

A mucilagem de cladódios do clone IPA100004/ Miúda de cultivo sequeiro, colhido às 05:00 horas apresentou maior estabilidade físico-química ao longo da conservação.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, K.S.F.; VÉRAS, A.S.C.; FERREIRA, M.A.; MADRUGA, M.S.; MACIEL, I.S.; FÉLIX, S.C.R.; VASCO, A.C.C.M.; URBANO, S.A. Quality of meat from sheep fed diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). *Meat Science*. 2018.

ALLEGRA, A.; SORTINO, G.; INGLESE, P.; SETTANNI, L.; TODARO, A.; GALLOTTA, A. A The influence of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on the quality of 'Hayward' kiwifruit slices, **Postharvest Biology and Technology**. v. 120, p. 45-51, 2016.

ALLEGRA, A.; SORTINO, G.; INGLESE, P.; SETTANNI, L.; TODARO, A.; GALLOTTA. The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of ' Dottato' fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*. v. 12, p 135-141. 2017.

AMMAR, I.; SALEM, M. B.; HARRABI, B.; MZID, M.; BARDAA, S.; SAHNOUN, Z.; ATTIA, H.; ENNOURI, M. Anti-inflammatory activity and phenolic composition of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) flowers. **Industrial Crops & Products**, vol 112, p 313-319, 2015.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Review: edible protective coatings for fruit: fundamentals and applications. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas-SP, v 17, n.2, p 87-97, abri-jun, 2014.

BAYAR, N.; KRIAA, M.; KAMMOUN, R. Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladode. **International Journal of Biological Macromolecules**, vol 92, p 441-450, 2016.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; CAMILLOTO, G.P.; FERNANDES, R. V. B. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n. 8, p 1814-1820, ago, 2010.

- BOURTOOM, T. Review article. Edibles films and coatings: characteristics and properties. **Internacional Food Research Journal**, v15, n. 3. P 237-248, 2008.
- CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D.; Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch and Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. **Food Hydrocolloids**, v 28, n. 1, p59-67, 2012.
- DEL-VALLE, V.; HERNANDEZ-MUNHÔZ, P.; GUARDA, A.; GALOTTO, M. J. Food Development of a cactus- mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. **Chemistry**, v 91, n. 4, p 751-756, 2005.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agro-ecology, cultivation and use of Cactus pear, FAO, Rome, 1995.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crop ecology, cultivation and use cactus pear. IX international Congress on Cactus pear and Cochineal. Chile, 2017.
- GHERIBI, R.; PUCHOT, L.; VERGE, P.; GRAYAA, N. J.; MEZNI, M.; HABIBI, W.; KHWALDIA, K. Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. **Carbohydrate Polymers**, v. 190, n. 15, p. 204-211, 2018.
- KALEGOWDA, P.; CHAUHAN, A. S.; URS, S. M. N. *Opuntia dillenii* (Ker-Grawl) Haw cladode mucilage: Physico-chemical, rheological and functional behavior. **Carbohydrate Polymers**, vol 157, p 1057-1064. 2017.
- KIM, J.H.; LEE, H. J.; PARK, Y.; SOO, K, R.; SHIN, K.S.; YU, K. W.; SUH, H. J. Mucilage removal from cactus cladode (*Opuntia humifusa Raf.*) by enzymatic treatment to improve extraction efficiency and radical scavenging activity. **LWT- Food Science and Technology**, vol 51, p 337-342, 2013.
- KREVELEN, D. W. V. Properties of polymers. 3. ed. São Paulo: Elsevier, 1990.
- KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON C. Edible and Biodegradable Polymer Challenges and Opportunities. *Food Technology*, 51(2):61-74, 1997.
- LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX, J. C. B.; FARIAS, I.; CUNHA, M.V.; SANTOS, D.C. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) - ênfase em manejo. In: Guim, A.; Verás, A. S. C.; Santos, M. V. F. In: *Zootec*, 4., 2006, Recife. Anais. Recife: ABZ, 2006. CD Rom.
- LORENZO, F.D.; SILIPO, A.; MOLINARO, A.; PARRILLI, M.; SCHIRALDI, C.; D'AGOSTINO, A.; IZZO, E.; RIZZA, L.; BONINA, A.; BONINA, F.; LANZETTA, R. The polysaccharide and low molecular weight components of *Opuntia ficus indica* cladode: Structure and skin repairing properties. **Carbohydrate Polymers**, vol 157, p 128-136, 2017.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1997. 319p
- MARCELIS, L.F.M. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. **Journal Experimental Botany**. v 47, p 1281-1291, 1996.
- MARTINS, S. C. C. Avaliação do potencial biológico de *Opuntia ficus-indica* (Figueira da Índia). 2011. 67f. **Dissertação (mestrado em Ciência Farmacêutica)**. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2011.
- MATSUHIRO, B.; LILLO, L. E.; SÁENZ, C.; URZÚA, C. C.; ZÁRATE, O. Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica*. **Carbohydrate Polymers**, vol 63, p 263-267, 2006.
- MELGAR, B.; PEREIRA, E.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; CASTELLO, E. M. G.; LOPEZ, A. D. R.; SOKOVIC, M.; BARROS, L.; PEREIRA, I. C. F. R. Extensive profiling of three varieties of *Opuntia* spp. fruit for innovative food ingredients. **Food Research International**, vol 101, p 259-265, 2017.
- MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.A palma no nordeste do Brasil. Conhecimento atual e perspectivas de uso. Recife. 2005.
- MORAES, I. V. M.; AGOSTINHO, C. S.; BENEDETTI, B.C.; MAMEDE, A. M. G. N.; SOARES, A. G.; BARBOZA, T. H. G. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p 274-281, abri-jun 2008.
- MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliça, 2007.
- NASCIMENTO NETO, E. C.; FIGUEIREDO, V. M. A.; SILVA, M. C. A.; ANDRADE, M. E. A.; SILVA, S. M. Qualidade sensorial de frutos de mamoeiro havaí sob recobrimento a base de mucilagem de palma. **In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**, 73, 2016, Foz do Iguaçu-PR.
- NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, C. A.; FREIRE, C. S.; SILVA, M. A.; NOUGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, vol 39, n 4, p 641- 653, 2015.
- NAVA, F. G.; HERRERA, M. L.; VALDIVIA, C. B. P.; GÓMEZ, C. R.; SANTILLÁN, Y. M. Chemical characteristics of non-starch polysaccharides of *Opuntia* cladode as evidence of changes through domestication. **Food Bioscience**, vol 22, p 69-77, 2018.
- NHARINGO, T.; MOYO, M. Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of waterswaters. A critical reiew. **Journal of Environmental Management**, vol 166, p 55-72, 2016.

- OLIVEIRA, E. A.; JUNQUIERA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L. Mill) cultivada no sertão do Sub-médio São Francisco. **Holos**, vol 3, ano 27, p 113-119, 2011.
- PADILLA, M. C.; GARCÍA, M. E. R.; CORTEZ, E. G.; BRAVO, M.C.V.; MOLINA, R. I. J.; MUÑOZ, E. M. R. Physicochemical and rheological characterization of *Opuntia ficus indica* mucilage at three different maturity stages of cladode. **European Polymer Journal**. v. 78, p.226-234. 2016.
- PAVLATH, A. E.; ORTS, W. Edible films and coating: Why, what and you? In: EMBUSCADO, M.E.; HUBER, K.C. Edible films and coating for foods applications. New York: Springer, 2009.
- PIATI, J.; MALACARNE, L.T.; GALL, R.E.; Sorvete com leite de cabra adicionado de mucilagem de chia (*Salvia hispânica* L.) e farinha de sementes de alfarroba (*Serotonia siliqua* L.) 2015. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo do Curso Superior em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, Paraná, 2015.
- PILETTI, R. Extração da mucilagem da tuna (*Cereus hildmaniannus* k. schum) para aproveitamento industrial. 2011. 98 f. Dissertação- (Engenharia Química)- Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis, 2011.
- PRAJAPATI, V.D.; JANI, G.K.; MORADIYA, N.G.; RANDERIA, N.P. Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms. **Carbohydrate Polymers**. vol 92, p- 1685-1699. 2013.
- ESPINO-DÍAZ, M, J.;
- CHIACCHIO, F.P.B. et al. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. *Bahia Agrícola*, v.7, n.3, p.39-49, 2006.
- OTÁLORA, M.C.; CARRIAZO, J.G.; ITURRIAGA, L.; NAZARENO, M.A.; OSORIO, C. Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. **Food Chemistry**. vol 187, p-174-181. 2015.
- LO'YA, A.A.; EL-KHATEEB, A.Y. Antioxidant enzyme activities and exogenous ascorbic acid treatment of 'Williams' banana during long-term cold storage stress. **Scientia Horticulturae**. vol, 234, p-210-219. 2018.
- MIRZAJANI, Z.; HADAVI, E.; KASHI, A. Changes in the essential oil content and selected traits of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) as induced by foliar sprays of citric acid and salicylic acid. **Industrial Crops and Products**. vol. 76, p-269-274. 2015.
- QUINZIO, C.; AYUNTA, C.; ALANCAY, M.; MISHIMA, B. L.; ITURRIAGA, L. Physicochemical and rheological properties of mucilage extracted from *Opuntia ficus indica* (L.) Miller. Comparative study with guar gum and xanthan gum. **Food Measure**, published online, 2017.

QUINZIO, C.; AYUNTA, C.; MISHIMA, B. L.; ITURRIAGA, L. Stability and rheology properties of oil-in-water emulsions prepared with mucilage extracted from *Opuntia ficus indica* (L.) Miller. **Food Hydrocolloids**, 2018.

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**. vol 57, p 275-290. 2004.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 43-56.

SANTOS, A. F.; SILVA, F. V. G.; LOPES, M. F.; VIEIRA, M. M. S. Uso de biofilme comestível na conservação pós-colheita de tomates e pimentões. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v 6, n.5, p 146-153, dez. 2011.

SANTOS, D. C.; LIRA, M. DE A.; DIAS, F. M.; FARIAS, I.; SANTOS, M. V. F. ; SANTOS, V. F. Produtividade de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) In: **Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes**, 7., 2000, Teresina. Anais. Recife: SNPA, 2000. p. 121-123.

SCALISE, A.; MORANDI, B.; ILGLESE, P.; LO BIANCO, R. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**. vol 122, p 158-167, 2016.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; ALIAGA, E.; ACEITUNO, C.; Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. **Journal Arid Environments**, vol 68, p 534-545, 2007.

SHERAHI, M. H.; SHADAEI, M.; GHOBADI, E.; ZHANDARI, F.; RASTGOU, Z.; HASHEMI, S. M. B. Effect of temperature, ion type and ionic strength on dynamic viscoelastic, steady-state and dilute-solution properties of *Descurainia sophia* seed gum. **Food Hydrocolloids**, vol 79 p 81-89, 2018.

SILVA, A. P. G.; SOUZA, C. C.E.; RIBEIRO, J. E. S.; SANTOS, M. C. G.; PONTES, A. L. S.; MADRUGA, M. S. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v 9, n 2, p.1810-1820, 2015.

SILVA, L.M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P.A.A.; MUNIZ, E.N.; RANGEL, J.H.A.; MOREIRA, A.L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Revista Ciência Rural*. vol. 44, n.11, p 2064-2071, 2014.

SILVEIRA, J.A.G.; ARAÚJO, S.A.M.; LIMA, J.P.M.S.; VIÉGAS, R.A. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl salinity in *Atriplex nummularia*. *Environmental and Experimental Botany*, vol 66, p.18, 2009.

- SISLER, E.C. and C. WOOD. Interaction of ethylene and CO₂, What's new in Plant Physiology. **Physiologia Plantarum**. Copenhagen, n,73: p 440–444.1988
- SOARES, N. F. F.; SILVA, D. F. P.; CAMILLOTO, G. P.; OLIVEIRA, C. P.; PINHEIRO, N. M.; MEDEIROS, E. A. A. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v E, p 281-289, out, 2011.
- TAYLOR, N.P., STUPPY, W. & BARTHLOTT, W. 2002. Realignment and revision of the Opuntioideae of Eastern Brazil. In D. Hunt & N.P. Taylor (eds.) Succulent Plant Research. Milborne Port, D. Hunt, vol. 6, p. 99-132.2002
- TOSTO, M.S.L.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, R.L.; BAGALDO, A.R.; DANTAS, F. R.; MENEZES, D.R.; CHAGAS, E.C.O. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v8, n3, p.239-249, 2007.
- TRACHTENBERG, S.; MAYER, A. M. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. **Phytochemistry**, vol 20, p 2665-2668, 1981.
- TROMBETTA, D.; PUGLIA, C.; PERRI, D.; LICATA, A.; PERGOLIZZI, S.; LAURIANO, E. R.; PASQUALE, A.; SAIJA, A.; BONINA, F. P. Effect of polysaccharides from *Opuntia ficus indica* (L.) cladodes on the healing of dermal wounds in the rat. **Phytomedicine**, vol 13, p 352-358, 2006.
- TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, vol 13, p175-190, 1986.
- VAROQUAUX, P.; WILEY, R.C. Cambios biológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas refrigeradas minimamente procesadas. In: WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas minimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. p. 221-262.
- VECINO, X.; REY, R. D.; STEBBINS, D. M. L.; MOLDES, A. B.; CRUZ, J. M.; ALCANTAR, N. A. Evaluation of a cactus mucilage biocomposite to remove total arsenic from water. **Environmental Technology & Innovation**, vol 6, p 69-79, 2016.
- VENTOLÀ, L.; VENDRELL, M.; GIRALDEZ, P.; MERINO, L. Traditional organic additives improve lime mortars: New old materials for restoration and building natural stone fabrics. **Construction and Building Materials**, vol 25, p 3313-3318, 2011.
- VILA NOVA, S.R.M. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*): prospecção das tecnologias e potencialidades de inovação.2014.106 f. Dissertação (Mestrado em propriedade intelectual) Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
- VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; PUSCHMANN, R. MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v 52, n. 300, p 221-244, 2005

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. A. Palma forrageira (*Opuntias fícus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p 273-281, 2002.