



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM AGRONOMIA

ELISSON ALVES SANTANA

**RESPOSTAS A FONTES DE POTÁSSIO APLICADAS PARA MATURAÇÃO DE  
RAMOS NA MANGUEIRA PALMER.**

MOSSORÓ

2022

ELISSON ALVES SANTANA

**RESPOSTA A FONTES DE POTÁSSIO APLICADAS PARA MATURAÇÃO DE  
RAMOS NA MANGUEIRA PALMER.**

Tese apresentada ao Doutorado em Agronomia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição e Irrigação

Orientador: José Francismar de Medeiros, Prof. Dr.

Coorientador: Ítalo Hebert Lucena Cavalcante, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)  
Setor de Informação e Referência (SIR)

S231r Santana, Elisson Alves.  
Respostas a fontes de potássio aplicadas para  
maturação de ramos na mangueira Palmer / Elisson  
Alves Santana. - 2022.  
76 f. : il.

Orientador: José Francismar de Medeiros.  
Coorientador: Ítalo Herbert Lucena Cavalcante.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2022.

1. Mangifera indica L. . 2. Potássio. 3.  
Crescimento. 4. Maturação de ramos. 5. Trocas  
gasosas. I. de Medeiros, José Francismar, orient.  
II. Cavalcante, Ítalo Herbert Lucena, co-orient.  
III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

ELISSON ALVES SANTANA

**RESPOSTAS A FONTES DE POTÁSSIO APLICADAS PARA MATURAÇÃO DE  
RAMOS NA MANGUEIRA PALMER.**

Tese apresentada ao Doutorado em Agronomia  
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
como requisito para obtenção do título de  
Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição e Irrigação

Defendida em: 31 / 08/ 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

José Francismar de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)  
Presidente

---

Luciana Freitas de Medeiros Mendonça, Prof<sup>a</sup> Dra. (UFMG)  
Membro Examinador

---

Acácio Figueirêdo Neto, Prof. Dr. (UNIVASF)  
Membro Examinador

---

Antônio Gustavo de Luna Souto, Prof. Dr. (UNIVASF)  
Membro Examinador

---

José Leôncio de Almeida Silva, Dr. (Agrícola Famosa)  
Membro Examinador

À minha família por todo apoio e pelo estímulo  
para que esse objetivo se tornasse possível.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao único Deus verdadeiro “Jeová” pelo dom da vida e pelas oportunidades que me foram dadas nesta trajetória, suprimindo em todas elas as minhas necessidades e permitindo mais esta conquista.

A Universidade Federal Rural do Semiárido- - UFRSA, pela oportunidade de cursar o Doutorado em Agronomia.

Ao programa de pós-graduação em Fitotecnia, seu corpo docente, direção e administração.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco, por disponibilizar a área experimental para condução do experimento, além dos recursos utilizados como: laboratórios e reagentes.

A minha família, em especial a minha mãe Edivalda Alves Barros Santana e a minha esposa Nicássia Kaline Nascimento Silva, aos meus filhos Eron Gabriel Nascimento Santana e Élika Nicole Nascimento Santana, ao meu pai Eronides Correia Santana (*in memoriam*) e aos meus irmãos Elias Alves Santana, Tatianne Alves Santana e Etienne Alves Santana, pelo apoio incondicional, e a todos aqueles familiares que torcem por minha vitória.

Ao professor Dr. José Francismar de Medeiros pela orientação, incentivo, conselhos recebidos durante toda esta trajetória, apoio e compreensão principalmente durante a pandemia.

Ao professor Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante pela coorientação, incentivo e conselhos recebidos durante toda esta trajetória, que foram determinantes para essa conquista e suporte para realização desse experimento.

Ao professor Dr. Daniel dos Santos Costa pelo apoio e ajuda na confecção da tese e disponibilização de resultados.

Ao grupo de pesquisa FRUTVASF, pelo apoio na condução do experimento.

Ao amigo: Jackson Teixeira Lobo pela ajuda de forma direta e indireta na realização desse trabalho.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de doutorado.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Querer ser bem-sucedido sem trabalhar duro é  
como querer colher sem plantar.

David Bly



## RESUMO

A mangueira ‘Palmer’ mesmo apresentando elevada produtividade, pode obter rendimento relativamente baixa devido a diversos fatores, dentre eles, pode-se destacar a maturação dos ramos, que irá proporcionar o surgimento de brotações vigorosas e se for bem manejado nutricionalmente com potássio, favorece a maturação dos ramos. Diante disso, foi desenvolvido um experimento entre os anos de 2019 e 2021 na fazenda experimental da Universidade Federal do Vale do São Francisco, localizado em Petrolina-PE, em pomar de mangueira cv. Palmer. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos, sete repetições e três plantas por parcela, totalizando 28 plantas por tratamento. Os tratamentos consistiram na avaliação de três maturadores, que foram aplicados nos ramos da mangueira “Palmer”, sendo: T1) Testemunha; T2) pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl) (2,5%); T3) pulverização foliars com sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) (2,5%); T4) pulverização com produto comercial (SpeedFol® manga indução). As variáveis analisadas foram: a utilização de rizotrons de vidro para quantificar o sistema radicular das plantas e determinar o comprimento e diâmetro radicular; Determinação da Espectroscopia Vis-NIR para obter os teores de carboidrato e amido foliar; E a determinação dos índices foliares de clorofila e trocas gasosas. Os resultados deste estudo mostraram que: As diferentes fontes de potássio obtiveram menor desenvolvimento e crescimento das raízes da mangueira em comparação com a testemunha; O KCl ao longo do tempo de avaliação do experimento, pode apresentar maior comprimento; A espectroscopia Vis-NIR apresentou valores baixos para a avaliação não destrutivas de folhas de mangueira “Palmer” utilizando PCR e PLSR para predição de carboidrato e amido com  $R^2$  de 0,582 menor que os modelos considerados excelentes ( $R^2 > 0,90$ ); O desenvolvimento de modelos de classificação não possibilitou a discriminação das diferentes fontes de potássio em folhas de mangueira “Palmer” com precisão de 64,28; No período vegetativo da mangueira “Palmer”, em relação as diferentes datas de avaliação, não houve influência entre as fontes de potássio; O uso do tratamento T4 (SpeedFol® manga indução) pode proporcionar maior incremento de clorofila A, B e Total que o KCl e  $K_2SO_4$ .

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L. Potássio. Crescimento. Maturação de ramo. Trocas gasosas.

## ABSTRACT

The 'Palmer' mango, even with high productivity, can obtain relatively low yields due to several factors, among them, we can highlight the maturation of the branches, which will provide the emergence of vigorous shoots and if it is well managed nutritionally with potassium, it favors the maturation of the branches. Therefore, an experiment was developed between the years 2019 and 2021 at the experimental farm of the University of San Francisco Valley, in the city of Petrolina-PE Brazil, in a mango orchard cv. Palmer. The experimental design was in randomized blocks, with four treatments, seven replications and three plants per plot, totaling 28 plants per treatment. The treatments consisted of the evaluation of three ripeners, which were applied to the branches of the "Palmer" mango tree, as follows: T1) Control; T2) foliar spraying with potassium chloride (KCl) (2.5%); T3) foliar spraying with potassium sulfate ( $K_2SO_4$ ) (2.5%); T4) spraying with commercial product (SpeedFol® mango induction). The variables analyzed were: the use of glass rhizotrons to quantify the root system of plants and determine the root length and diameter; Determination of Vis-NIR Spectroscopy to obtain foliar carbohydrate and starch contents; And the determination of leaf chlorophyll indices and gas exchange. The results of this study showed that: The different sources of potassium had lower development and growth of mango roots compared to the control; The KCl over the time of evaluation of the experiment, may present greater length; Vis-NIR spectroscopy showed low values for the non-destructive evaluation of "Palmer" mango leaves using PCR and PLSR for carbohydrate and starch prediction with  $R^2$  of 0.582 lower than the models considered excellent ( $R^2 > 0.90$ ); The development of classification models did not allow the discrimination of different sources of potassium in "Palmer" mango leaves with an accuracy of 64.28; In the vegetative period of the "Palmer" mango tree, in relation to the different evaluation dates, there was no influence between the sources of potassium; The use of T4 treatment (SpeedFol® mango induction) can provide a greater increment of chlorophyll A, B and Total than KCl and  $K_2SO_4$ .

**Keywords:** Gas exchange. Growth stage. *Mangifera indica* L. Mango shoot maturation. Potassium

## LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO I

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima, média e 29  
umidade relativa do ar registrada durante a condução do experimento.  
Petrolina-PE, 2019-2020.
- Figura 2 – Comprimento médio diário das raízes de mangueira “Palmer” sob 36  
diferentes fontes de potássio na região semiárida brasileira.
- Figura 3 – Diâmetro médio diário da raiz da mangueira “Palmer” sob diferentes 37  
fontes de potássio na região semiárida brasileira.
- Figura 4 – Número de aparecimento de radículas em mangueira “Palmer” sob 38  
diferentes fontes de potássio na região semiárida brasileira.
- Figura 5 – Taxa de crescimento em profundidade ao longo dos rizotrons em 39  
mangueira irrigada “Palmer” sob diferentes fontes de adubação potássica.

## LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO II

- Figura 1 – Curvas espectrais de folhas de mangueira cv. Palmer submetidas a 51  
diferentes fontes de potássio.
- Figura 2 – Gráficos de dispersão dos valores preditos e referência dos atributos 55  
amido (a) e carboidrato (b) para folhas de mangueira cv. Palmer  
submetidas a diferentes fontes de potássio.

## LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO III

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e umidade 64  
relativa do ar registrada durante a condução do experimento. Petrolina-  
PE, 2019-2020.
- Figura 2 – Índices de clorofila *a* (Chla), *b* (Chlb) e total (Chlt) da mangueira 68  
“Palmer” submetida a diferentes fontes de fertilizantes potássicos
- Figura 3 – Condutância Estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e 70  
transpiração foliar (E) da mangueira “Palmer” submetida a diferentes  
fontes de potássio

## **LISTA DE TABELAS CAPÍTULO I**

- Tabela 1 – Características químicas de macronutrientes presentes no solo (0-20 e 20- 28  
40 cm de profundidade) da área experimental antes da instalação do  
experimento.
- Tabela 2 – Estatística descritiva dos parâmetros de avaliação radicular da mangueira 31  
irrigada "Palmer" sob diferentes fontes de adubação potássica no  
semiárido.
- Tabela 3 – Quantidade total de raízes, percentual de raízes mortas e quantidade de 39  
radicelas por metro quadrado em mangueira irrigada "Palmer" sob  
diferentes fontes de adubação potássica no semiárido.

## **LISTA DE TABELAS CAPÍTULO II**

- Tabela 1 – Desempenho dos modelos PCR e PLSR para os atributos amido e 52  
carboidrato em folhas de mangueira cv. Palmer e diferentes coletas  
foliares.
- Tabela 2 – Desempenho dos modelos PCR e PLSR para os atributos amido e 53  
carboidrato em folhas de mangueira cv. Palmer com espectro completo e  
seleção de variáveis.
- Tabela 3 – Desempenho dos modelos LDA para as diferentes fontes de potássio em 56  
folhas de mangueira cv. Palmer em diferentes coletas foliares.

## **LISTA DE TABELAS CAPÍTULO III**

- Tabela 1 – Síntese da análise de variância pelo teste F para os índices de clorofila A 66  
(Chla), B (Chlb), Total (Chlt), Fotossíntese líquida (A), Concentração  
interna de CO<sub>2</sub> (Ci), Condutância estomática (gs), Taxa transpiratória (E),  
Eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e Eficiência no uso da água  
(EUA) da mangueira "Palmer" no semiárido.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Prof	Professor
Dr	Doutor
Me	Mestre
ANOVA	Análise de Variância
BSh	Clima Semiárido quente
cal	Calibração
NIR	<i>Near Infrared</i>
OSC	<i>Orthogonal Signal Correction</i>
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PLSR	<i>Partial Least Squares Regression</i>
PCR	<i>Principal Components Regression</i>
LDA	<i>Linear Discriminant Analysis</i>
R <sup>2</sup>	<i>Coefficient of determination</i>
RMSEC	<i>Root Mean Squared Error of Calibration</i>
RMSECV	<i>Root Mean Squared Error of Cross-Validation</i>
SEC	<i>Standard Error of Calibration</i>
SECV	<i>Standard Error of Cross-Validation</i>
Vis	<i>Visible</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
®	Marca registrada
%	Porcentagem
$f$	Frequência
nm	Nanômetro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Aspectos gerais sobre a cultura da mangueira “Palmer”.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Período vegetativo da cultura da mangueira.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Fisiologia e trocas gasosas da mangueira no semiárido.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Importância do potássio (K) para a cultura da mangueira.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Referências .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I – FONTES DE POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO RADICULAR DA MANGUEIRA “PALMER” NO SEMIÁRIDO</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Material e Métodos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Resultado e Discussão.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5</b>	<b>Referências.....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO II – DETERMINAÇÃO DE AMIDO E CARBOIDRATO EM FOLHAS DE MANGUEIRA SUBMETIDAS A DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO COM USO DE ESPECTROSCOPIA Vis-NIR</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3</b>	<b>Resultado e Discussão.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5</b>	<b>Referências.....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO III – ÍNDICES FISIOLÓGICO E CLOROFILA EM MANGUEIRA “PALMER” SUBMETIDA À FONTES DE POTÁSSIO</b>	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>64</b>
<b>5.3</b>	<b>Resultado e Discussão.....</b>	<b>66</b>
<b>5.4</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>72</b>
<b>5.5</b>	<b>Referências.....</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura está presente em praticamente todos os estados brasileiros e possui grande importância econômica para o país, fato este, que ao final do ano de 2019, a fruticultura foi responsável por 6 milhões de empregos diretos, o equivalente a 27% dos empregos gerados pela agricultura brasileira (CNABRASIL, 2020). Dentre as frutícolas, que tem contribuído para a geração de emprego e renda no setor agrícola, a cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) tem se destacado nesse setor. É uma fruteira que tem grande destaque nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil, tanto para o consumo interno, como também, principalmente para o consumo externo, o que tem alavancado as exportações. Embora seja produzida em todo território nacional a mangueira concentra-se em especial no Nordeste que foi responsável a 77% da produção nacional em 2021 (IBGE, 2020).

Os principais estados produtores e exportadores da fruta são os estados de: Pernambuco e Bahia, que obtiveram em 2019 uma produção de 518,231 e 442,233 toneladas respectivamente, valores esses superiores a produção de 2018 que foi de 496,937 e 378,372 toneladas respectivamente, o que comprova a relevância dessa cultura para as diferentes regiões produtoras do Brasil, além do grande investimento e retorno financeiro proporcionado pela cultura. (IBGE, 2020). O que tem contribuído para que a Região Nordeste alcançasse altos índices de produtividade, em relação aos frutos da mangueira e de outras frutícolas, é as Bacias Hidrográficas, como a Bacia do Rio São Francisco, que através dos seus polos irrigados tem favorecido a prática da fruticultura, mesmo em clima semiárido.

Na região do Vale do São Francisco as variedades de mangueiras mais produzidas e comercializadas são: Tommy Atkins, Haden, Palmer, Kent e Keitt e as brasileiras Espada e Rosa (Araújo et al., 2016). Dentre elas, a cultivar Palmer tem apresentado ampla aceitação no mercado interno e externo, devido às características como: sabor agradável, frutos extremamente aromáticos, desprovidos de fibras e que podem chegar ao peso de 900 gramas, além de serem firmes, compridos e apresentarem teores de sólidos solúveis que podem alcançar 19° Brix. Nos últimos anos, essa cultivar tem apresentada notável expansão de área cultivada. A cultivar ‘Tommy Atkins’, que representava mais de 80% de área plantada no Vale do São Francisco, foi superada pela ‘Palmer’ que passou a ser a mais explorada na região (Souza, 2023).



Entretanto, existem fatores que podem influenciar a produtividade e a qualidade da mangueira ‘Palmer’, principalmente aqueles relacionados à nutrição da planta, como a maturação dos ramos da mangueira (Cavalcante et al., 2018). Pois como a mangueira é uma planta que apresenta seu crescimento em fluxo vegetativo, um bom equilíbrio nutricional é importante para um bom desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. (Oliveira et al., 2017). A maturação é uma etapa importante, pois antecede a brotação, e posteriormente irá proporcionar brotações vigorosas, seguida de floração da planta e conseqüentemente a produção de frutos (Coutinho et al., 2016). A maturação não ocorre uniformemente em toda a planta, sendo afetado por fatores ambientais tal como: clima. E pelos tratos culturais como: poda de formação e produção, e principalmente pelos fatores fisiológicos como teores de carboidratos e amido, que estão relacionados diretamente com a nutrição vegetal. (Cavalcante et al., 2018).

Considerando a nutrição vegetal, o desequilíbrio nutricional afeta de maneira negativa o processo de maturação dos ramos da mangueira, o que pode ter como conseqüências brotações irregulares e posteriormente floração debilitada (Genú e Pinto, 2002). Portanto, uma boa nutrição é necessária durante o ciclo da cultura para promover o desenvolvimento dos ramos e estimular a produção de etileno, o que conseqüentemente, vai melhorar a floração. (Cunha et al., 2022). O potássio (K) é um dos principais nutrientes relacionados com a maturação de ramos e, apesar de não ser um elemento estrutural, está relacionado com diferentes processos que acontece na planta como: a translocação de solutos, fotossíntese e respiração (Marschner, 2012).

Com isso, o objetivou-se com o trabalho, avaliar a utilização de fertilizantes a base de K para induzir a maturação da mangueira cv. “Palmer” cultivada em clima semiárido do Nordeste brasileiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos Gerais sobre a cultura da mangueira ‘Palmer’

A cultura da mangueira pertence à classe dicotiledônea, tendo como gênero *Mangifera* e família das Anacardiaceae (Shimora et al., 2019). Apresenta uma ampla distribuição por diversas regiões, a cultura apresenta aproximadamente cerca de 60 espécies, sendo que, a espécie de maior importância a *Mangifera indica*, por apresentar características desejáveis quando o objetivo é produção e qualidade de seus frutos (Santos-Serejo, 2005). A mangueira é uma das culturas tropicais mais produzidas em todo o mundo (Raj et al., 2017). Os principais produtores são: Índia, China, Tailândia, Paquistão, México, Indonésia, Brasil Bangladesh, Filipinas, Nigéria e Egito (Santillán-Mendoza et al., 2019). No Brasil as duas raças de maior relevância, que foram introduzidas pelos portugueses, são: a Indiana e Filipina (Coutinho, 2016).

Em relação a sua origem tem os seus parentais desconhecidos, mas muitos pesquisadores têm sugerido como que o seu local de origem seja na Flórida no ano de 1945 (Chatzivagiannis et al., 2014). É uma árvore frondosa que apresenta frutos grandes, podendo a pesar até 900 gramas, os frutos são firmes, desprovidos de fibras e polpa com alto teor de sólidos solúveis e aroma suave (Oldoni et al., 2022). Por tudo isso a cultivar tem proporcionado grande aceitação no mercado interno e externo, além de ser a cultivar mais produzidas e comercializada na região do Vale do São Francisco (Souza e Lima, 2023).

Entre a raça Indiana, pode-se destacar a cultivar de mangueira “Palmer”, por apresentar diversas características como: porte intermediário e crescimento aberto, além de ser monoembriônica, o que é uma vantagem, pois as sementes apresentam menor dias para germinar, comparadas com as poliembriônicas (Marinho et al., 2020). Seu porte é classificado como baixo ou intermediário, vigor moderado, regularidade na produção e hábito de crescimento aberto ou vertical, possui copa aberta e o período entre a floração e colheita em cerca de seis meses, o que é considerada uma planta tardia (Chatzivagiannis et al., 2014). A variedade “Palmer” também se destaca pela sua alta produtividade, mas tem como característica negativa ser suscetível à antracnose (Zambolim e Junqueira, 2004).

## 2.2 Período vegetativo da cultura da mangueira

A etapa que antecede a floração da mangueira, o crescimento vegetativo, ou também como é conhecido: o período vegetativo, é primordial para a produção da mangueira. Desse modo, é importante, para uma boa floração e posteriormente frutificação, que a planta apresente o maior número de brotações no período vegetativo (Cavalcante et al., 2018). Entretanto, em regiões quentes, como o semiárido nordestino, devido a condições de temperaturas elevadas, é interessante que essas brotações apresentem no mínimo três meses de idade, favorecendo o processo de indução floral, o que torna essa etapa, o estágio vegetativo, importante, principalmente em regiões quentes, para que se tenha uma boa produção com qualidade (Albuquerque et al., 2012).

Após cada ciclo de produção, depois da colheita, é recomendado ao produtor que estimule a emissão de novos fluxos vegetativos mediante: poda, irrigação e manejo nutricional, principalmente em regiões quentes, que tem como finalidade o amadurecimento das novas brotações geradas a partir da poda (MOUCO, 2008). Estudos tem demonstrado, que para fins comerciais, é importante que se induza a maturação das novas brotações ou ramos da mangueira (Cavalcante et al., 2018).

Antes de atingir o período reprodutivo, a mangueira passa por uma série de estágios de desenvolvimento. E cada fase do seu crescimento apresenta duração variável, sendo influenciado por fatores ambientais como: chuva, temperatura, fotoperíodo, além de outros fatores como: estado nutricional, genótipos. (Portela et al., 2008). Em uma mesma planta a mangueira pode apresentar diferentes estágios de crescimento de suas brotações, sendo o gasto de energia variável, o que é necessário a padronização do seu desenvolvimento. Por isso é importante conduzir a planta, de acordo com suas necessidades, através de podas, manejo nutricional e produtos com tal finalidade, pois nos primeiros anos que antecede a indução floral, observa-se um antagonismo para a cultura da mangueira entre o vigor vegetativo e intensidade de floração (Coutinho, 2016).

O desenvolvimento da mangueira ocorre em brotos apicais e auxiliares dos ramos. Na planta são encontrados três tipos de brotações, sendo eles o vegetativo, que vai dar origem as folhas, o generativo, que determina a inflorescência ou panícula e o ramo misto, que vai dar origem aos dois, folhas e inflorescências (Coutinho, 2016). Vale ressaltar que através do manejo do crescimento vegetativo, que é uma etapa de grande importância na produção das

fruteiras, pode-se evitar brotações excessivas, promover a floração e frutificação precoce fazendo uso de reguladores vegetais (Mouco et al., 2011)

### **2.3 Fisiologia e trocas gasosas da mangueira no semiárido**

Fontes potenciais de estresse abióticos podem influenciar na fisiologia e trocas gasosas da mangueira, principalmente em regiões semiáridas, como o nordeste brasileiro, sendo influenciada por: salinidade, alta incidência de radiação solar e temperaturas elevadas. Mas o fator de maior importância é as baixas precipitações que ocorre no semiárido, afetando a produtividade das culturas (Oliveira et al., 2020). Na situação de baixa disponibilidade hídrica e alta temperatura, as perdas de água pelo processo da transpiração se torna elevada, e a diminuição da turgescência celular, causada pela escassez hídrica, implica na diminuição do crescimento celular. Para amenizar esse processo as plantas fecham parcialmente seus estômatos, o que reduz o teor de água transpirada, sendo um mecanismo essencial para sobrevivência em condições de déficit hídrico (Silva et al., 2015).

O estresse nas plantas causado pela escassez de água acarreta em mudanças fisiológicas através de processos bioquímicos modulados geneticamente que inclui a produção de ácido abscísico (ABA). Esse hormônio vegetal atua na planta ligando com receptores que ficam nas células guardas, em situações de déficit hídrico, o que irá promover o efluxo de íons K para o meio apoplástico, diminuindo seu potencial hídrico, o que conseqüentemente, favorece o fluxo de água para o apoplástico, ficando as células guardas menos túrgidas, reduzindo assim a abertura estomática diminuindo a perda de água por transpiração (Taiz; Zeiger, 2017).

Para amenizar ou mesmo suprir as culturas que são afetadas por baixas precipitações, principalmente em regiões semiáridas, faz-se o uso da irrigação. Que consiste artificialmente em prover água através de tubulações, drenos superficiais 'sulcos', aspersores ou microaspersores a necessidade hídrica da cultura (Oliveira et al., 2017). No caso da cultura da mangueira, por ser uma fruteira de grande porte, necessita de grandes quantidades de água para o seu bom desenvolvimento. O que fará, que mesmo em condições de temperaturas elevadas, a cultura consiga se desenvolver bem, não sendo tão necessário, portanto, a produção do ácido abscísico (ABA).

## 2.4 Importância do potássio (K) para a cultura da mangueira.

Assim como qualquer cultura necessita de macro e micronutrientes para se desenvolver bem, a cultura da mangueira, para o seu bom desenvolvimento, necessita de uma boa nutrição para que aja uma elevada produtividade e qualidade de seus frutos. Entre os nutrientes, o potássio (K), exerce um importante papel na planta na fotossíntese, atividades enzimáticas e produção de amido, além de favorece na resistência da planta a doenças (Britto et al., 2021). Ele também contribui para a melhoria da qualidade dos frutos da mangueira, melhorando cor da casca, aroma, tamanho e brix do fruto (Satar et al., 2018).

Em regiões de clima quente, a utilização de produtos à base de K, se torna bastante relevante, pois o íon K interfere na relação potássio/nitrogênio, influenciando a maturação dos ramos da mangueira, o que em contrapartida melhora a fertilidade das gemas e acelera o estágio vegetativo da cultura, obtendo uma floração e frutificação mais precoce (Silva e Vilela, 2004). Além disso, o K pode ser usado para a regulação do crescimento vegetativo da mangueira, sendo comum utilizar o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) na concentração de 3% em pulverizações foliares para auxiliar na maturação dos ramos da mangueira (Ferreira et al., 2020).

## 2.5 Referências

- Albuquerque, J. A. S. de; Medina, V. D.; Mouco, M. A. do C. Indução floral. In: Genu, P. J. de C.; Pinto, C. A. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 13, p.259-276.
- Araújo, D. O.; Moraes, J. A. A.; Carvalho, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo de manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 51-53, 2016.
- Britto, D. T., Coskum, D., Kronzucker, H. J. Potassium physiology from Archean to Holocene: A higher-plant perspective. **Journal of Plant Physiology**, v. 262, p. 1-24, **2021**.
- Cavalcante, Í. H. L. Santos, G. N. F. dos; Silva, M. A. da; Martins, R. S.; Lima, A. M. N.; Modesto, P. I. R.; Alcobia, A. M.; Silva, T. R. S.; Araujo e Amariz, R. A.; Beckmann-Cavalcante, M. Z. et al. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.

Chatzivagiannis, M. A., São José, A. R., Bonfim, M. P., Oliveira Junior, M. X., Rebouças, T. N. H. Florescimento e produtividade de mangueira ‘Boubon, ‘Palmer’ e ‘Rosa’ com uso de paclobutrazol. **Rev. Iber. Tecnologia Postcosecha**. v. 15, p. 41-47.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Balanco 2019 e perspectivas 2020**. Brasília: CNA, 2020. Disponível em:

<https://www.cnabrazil.org.br/paginas-especiais/balanco-2019-e-perspectivas-2020>. Acesso em: 1 maio 2020.

Coutinho, G.; Costa, I. de J.S.; Pio, L.A.S. Indução floral em mangueira (*Mangifera indica* L.). Boletim técnico Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, n. 101, p. 1-22, 2016.

Cunha, J. G.; Cavalcante, I. H. L.; Silva, L. S.; Silva, M. A.; Sousa, K. A. O.; Paiva Neto, V. B. Algal extract and proline promote physiological changes in mango trees during shoot maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, p. 1-13, 2022.

Ferreira, K. M., Simões, W. L., Mouco, M. A. do C., Silva, J. L. da., Silva, J. S. da., & Mesquita, A. C. (2020). Efficient management of the application of paclobutrazol for the production and quality of ‘Tommy Atkins’ mango. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 8, 2020.

Genú, P. J. C.; Pinto, A. C. A. **A Cultura da Mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454p.

IBGE. **Produção agrícola municipal**: banco de dados agregados: SIDRA Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, [2021]. Disponível em:

<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 14 maio de 2021.

Marinho, R.C., Mendes-Rodrigues, C., Bonetti, A.M., Oliveira, P.E. Stomatal size, ploidy and polyembryony in *Eriotheca Stellate Tricome Species Complex* (Bombacoideae-Malvaceae) in the Cerrados of Brazil. **Plant Biology**. German, v. 23, p. 91-99, 2020.

Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 3 ed, London: Elsevier, 2012.

Mouco, M.A. do C. **Manejo da floração de mangueiras no semi-árido do nordeste brasileiro com inibidores da síntese de giberelinas**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia, Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu. 107 p.

- Mouco, M.A.D.C., Ono, E.O., Rodrigues, J.D., 2011. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33, p. 1043–1047, 2011.
- Oldoni, F.C.A., Florencio, C., Bertazzo, G. B., Grizotto, P. A., Junior, S. B., Carneiro, R. L., Colnago, L. A., Ferreira, M. D. Fruit quality parameters and volatile compounds from ‘Palmer’ mangoes with internal breakdown, **Food Chemistry**, v. 388, p.132902, 2022.
- Oliveira, A. C., Araujo, A. F. B., De Lacerda, C. F., Canjá, J. F., Pinho, L. L.; Sousa, N. I. G. Influência da irrigação suplementar com águas residuárias sobre as trocas gasosas foliares do algodoeiro. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 677-682, 2020.
- Oliveira, C. P. M., Simões, W. L., Silva, J. A. B., Lopes, P. R. C., Araujo, E. F. J., Cavalcante, B. L. S. Flowering, fruiting and physiology of apple tree under different irrigation levels in the Brazilian semiarid region." **Comunicata Scientiae**, v. 8, p. 99, 2017.
- Portela, G.L.F., Lima, M.G.D., Padua, L.E.D.M., Sinimbu Neto, F.D.A., Martins, A.B.G., 2008. Zoneamento agroclimático da cultura da mangueira no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 30, p. 1036–1039, 2008.
- Raj, R.S., Thakur, S.V., Vyas, Y.S., Patel, K.M., Patel, P.V., Joshi, M.N, Tiagi, S.N., Bagatharia, S.B. Diversity analysis, pathogen load and gene expression studies of mango cultivars infected by mango malformation disease. **Plant Growth Regul.** v. 81, p. 117-130, 2017.
- Santillán-Mendoza, R., Pineda-Vaca, D., Fernández-Pavía, S.P. Genetic diversity of *Fusarium mexicanum*, causal agente of mango and big-leaf mahogany malformation in Mexico. **Mol Biol Rep.** Mexico, v. 46, p. 3887-3897, 2019.
- Santos-Serejo, J. A. Classificação e descrição botânica. In: Pereira, M. E. C.; Fonseca, N.; Souza, F. V. D. (Eds.). **Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. cap. 1, p. 15–17. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas), 2005.

Satar, OA ; El-Wakeel, H .; El-Hamid, AA ; Esmail, A. Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield and fruit quality of mango Keitt cv. trees grown under open field and shading conditions. **Arab Universities Journal of Agricultural Sciences**, v. 26, p. 475-489, 2018.

Shiroma, Y., Afuso, H., Suwai, R., Kinjo, A., Tonooka, Y., Kaga, T. Nagayama, I. Tamaki, S., Maharjan, G. Development of higher yield and high-quality mango production system based on Internet of Things. **Electron Comm Jpn.** Japan, v. 102, p. 33-41, 2019.

Silva, F. G. D.; Dutra, W. F.; Dutra, A. F.; Oliveira, I. M. D.; Filgueiras, L.; Melo, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, G. J. N., & VILLELA, G. (2004). Indução floral da mangueira e princípios do controle. *Manga: Produção Integrada, Industrialização E Comercialização*, 321–338

Souza, A. C. D., Lima, J. R. F. Comportamento dos preços de manga Palmer ao produtor do Vale do Submédio São Francisco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, p. 1-20, 2023.

Souza, A. C. F., Lima, J. R. F. Comportamento dos preços de manga Palmer ao produtor do Vale do Submédio São Francisco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61. p. 1-20. 2023.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 6a ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Zumbolim, L.; Junqueira, N. T. V. Manejo Integrado de doenças da mangueira. In: Rozane, D. E; Darezzo, R. J.; Aguiar, R. L.; Aguilera, G. H. A.; Zumbolim, L. (Ed). **Manga: produção integrada industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004. p. 377-408.



## CAPÍTULO I – FONTES DE POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO RADICULAR DA MANGUEIRA “PALMER” NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

### ABSTRACT

The mango cultivar 'Palmer' has stood out for presenting desirable characteristics that have contributed to its acceptance both in the domestic and foreign markets. Therefore, investment in technologies that aim to improve the production system of culture is important. Technologies such as the use of 'Rizotrons' can be a good alternative to improve production and productivity with the 'Palmer' variety. The 'Rizotron' is a non-destructive technique that aims to observe the root system during its development stage, thus determining the best time to carry out fertilization and cultural treatments, potassium (K), which aim to improve the root system, can contribute to a better use and distribution of roots in the soil. Therefore, an experiment was carried out at the experimental farm of the Federal University of San Francisco Valley - UNIVASF, in order to evaluate different sources of K using 'Rizotrons' in the root system of the 'Palmer' mango in the submiddle of the San Francisco Valley. The treatments consisted of: T1 – Control; T2- Foliar spraying with potassium chloride (KCl) at (2.5%); T3 – Foliar spray with potassium sulfate (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) at (2.5%). The variables analyzed were: Total Length of Roots – (TLR); Total Root Diameter – (TDmR); Number of Root per day – (NRD); Number of Radicells – (NRad); Root growth rate – (RGr); Root thickness ratio – (RTr); Radices appearance rate – (Radr); Average root length – (ArL); Mean root diameter – (MDR). After data collection, the variables were subjected to descriptive statistics. Then, after the use of treatments and evaluations, the following conclusions were reached: The different sources of potassium did not influence the development and growth of the roots, but it can positively influence the root diameter; foliar fertilization with products based on potassium (K) in 'Palmer' mango, for the vegetative stage, must be carried out before the formation can. The different sources of potassium had lower development and growth of mango roots in comparison with the control; The KCl over the time of evaluation of the experiment, may present greater length.

**Keywords:** *Mangífera indica* L. Potassium fertilization. Rizotron. Rhizosphere.

## RESUMO

A mangueira ‘Palmer’ tem se destacado por apresentar características desejáveis que tem contribuído para sua aceitação tanto no mercado interno quanto no externo. Sendo assim, o investimento em tecnologias que visam melhorar o sistema produtivo da cultura é importante. Tecnologias como a utilização de ‘Rizotrons’ pode ser uma boa alternativa para melhorar a produção e produtividade com a cultivar ‘Palmer’. O ‘Rizotron’ é um técnica não-destrutiva que tem a finalidade de observar o sistema radicular durante seu estágio de desenvolvimento, determinando assim, o melhor momento de realizar adubações e tratos culturais. Aliado a isso, a utilização de nutrientes, como o potássio (K), que visam melhorar o sistema radicular, pode contribuir para o melhor aproveitamento e distribuição das raízes no solo. Diante disso, um experimento foi desenvolvido na fazenda experimental da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, com a finalidade de avaliar diferentes fontes de K com a utilização de ‘Rizotrons’ no sistema radicular da mangueira ‘Palmer’ no submédio do Vale do São Francisco. Os tratamentos consistiam em: T1 – Testemunha; T2- Pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl) a (2,5%); T3 – Pulverização foliar com sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) a (2,5%). As variáveis analisadas foram: Comprimento Total das Raízes – CpTR; Diâmetro Total das Raízes – DmTR; Número de Raiz por dia – NRD; Número de Radicelas – NRad; Taxa de crescimento das raízes – TaCR; Taxa de espessura das raízes – TaER; Taxa de aparecimento das radicelas – TapRad; Comprimento médio das raízes – CpMR; Diâmetro médio das raízes – DMR. Após a coleta dos dados, as variáveis foram submetidas à estatística descritiva. Em seguida, posteriormente a utilização dos tratamentos e avaliações, chegou-se as seguintes conclusões: As diferentes fontes de potássio obtiveram menor desenvolvimento e crescimento das raízes da mangueira em comparação com a testemunha; O KCl ao longo do tempo de avaliação do experimento, pode apresentar maior comprimento.

**Palavras-chave:** Fertilização potássica. *Mangifera indica* L. Rizotron. Rizosfera

### 3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que se destaca na produção de grandes espécies de frutíferas, das frutas produzidas no país, a manga (*Mangifera indica* L.) apresenta grande aceitação tanto no mercado interno e principalmente o externo, o que faz dela uma das frutíferas mais exportadas pelo setor agrícola brasileiro (Kist et al., 2021). Em dados recentes, ano de 2020, ocupou o ranking como o sétimo produtor mundial, a exportação brasileira da fruta alcançou US\$ 247 milhões de dólares produzindo um total de 243,2 toneladas, sendo que, a região do Brasil que mais contribuiu para essa elevada taxa de produtividade, foi o submédio do Vale do São Francisco, que no ano de 2019, houve um aumento de 2,5% em área plantada com a cultura (Kist et al., 2021).

Das variedades produzidas na região do Vale do São Francisco, a cultivar “Palmer” tem tido destaque pelos produtores e consumidores devido a características como: frutos desprovidos de fibra, sabor agradável, firmes e compridos, podendo chegar a 900 g, além dos sólidos solúveis que pode atingir até 19 °Brix (Camara, 2017). Nesse contexto, para que o produtor alcance uma elevada produtividade e qualidade na produção com a cultura, é necessário um alto investimento em tecnologias que visam melhorar a produção, produtividades e qualidade dos frutos dos pomares (Xavier et al., 2006).

Entre as tecnologias que podem ser empregadas para auxiliar o desenvolvimento da cultura, pode-se destacar a utilização de “Rizotrons”. É uma técnica não destrutiva que tem como finalidade a observação das raízes (Morales O et al., 2013). Isso porque, as raízes desempenham um papel fundamental no vegetal no suprimento de água e nutrientes, sendo que, os registros dos padrões espaciais e temporais do crescimento da raiz são importantes no fornecimento de informações relacionadas ao comportamento da planta no ecossistema (Metcalf, 2002).

Aliado ao comportamento das raízes no solo, diversos fatores podem influenciar no crescimento e desenvolvimento delas. Como por exemplo, os nutrientes, seja aplicação via solo ou foliar, interferem no comportamento das raízes (Salton e Tomazi, 2014). Entre os elementos químicos presentes nos nutrientes, existem aqueles relacionados diretamente ao desenvolvimento radicular, como o fósforo (P), e aqueles que atuam de forma indireta, como o potássio (K), que apesar de não ser um elemento estrutural na planta, sua distribuição no solo está relacionada à distribuição das raízes (Malavolta, 2006). As culturas em geral apresentam uma demanda inicial por K elevada, sendo que, para a cultura da mangueira, este um nutriente

mais exportado pela planta, o que faz desse nutriente essencial para o desenvolvimento das raízes e parte aérea dos vegetais (Carneiro et al., 2018).

O estudo da interação do K com as diferentes partes da planta, como as raízes, é importante para definir o melhor aproveitamento desse elemento químico, pois o K pode afetar a qualidade das raízes como: a densidade e o volume radicular. Teores adequados de K promove o crescimento e aumento da área de superfície das raízes, enquanto sua deficiência inibe o alongamento radicular e reduz a densidade de distribuição das mesmas (Fan et al. 2021). Uma forma de melhorar o aproveitamento desse nutriente é pela observação do comportamento das raízes das plantas durante seu estágio de desenvolvimento, definido assim o melhor momento de aplicação dos fertilizantes, como também a influencia do K na parte aérea da planta.

Conforme apresentado, o objetivo desse estudo foi avaliar a influência de fontes de potássio aplicado via foliar sob o crescimento e desenvolvimento da mangueira cv. Palmer no semiárido.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

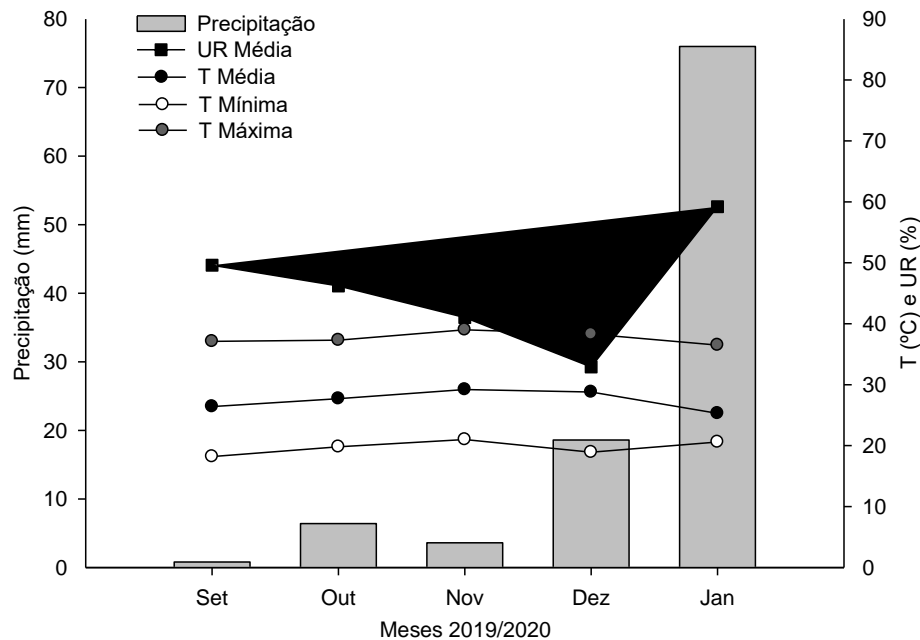
O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2019 a janeiro de 2020 no setor de fruticultura da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, localizado no município de Petrolina – PE (latitude 09°19'28" S, longitude 40°33'34" W e altitude média de 383 m). O clima da região segundo classificação de Köppen e Geiger é do tipo BSh – Semiárido quente (Alvares et al., 2013) apresentando temperatura média de 32,7°C, umidade relativa média de 56,7%, e precipitação média anual é de 373,3 mm distribuídos em quatro a cinco meses durante o ano (INMPE, 2017). O solo do local é classificado como Argissolo Amarelo eutrófico típico (Silva et al., 2017). (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características químicas de macronutrientes presentes no solo (0-20 e 20-40 cm de profundidade), da área experimental antes da instalação do experimento.

Característica do solo	Valor	
	0-20 cm	20-40 cm
pH (em água)	6,2	5,4
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,1	3,9
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,8
K <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,10	0,10
Na <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,34	0,30
P (mg dm <sup>-3</sup> )	90,8	84,0

P e K: Melich-1; Ca e Mg: KCl 1 M;

Durante a condução do experimento, dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa (%), temperatura média, máxima e mínima (°c) (Figura 1) foram registrados em estação meteorológica automática instalada no Campus da fazenda experimental da UNIVASF.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa do ar registrada durante a condução do experimento. Petrolina-PE, 2019-2020.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três tratamentos, sete blocos e três plantas por parcela num total de vinte e uma plantas por tratamento. Os tratamentos consistiram na utilização de adubos químicos a base de potássio (K), com a finalidade de acelerar o desenvolvimento dos ramos da mangueira ‘Palmer’, agindo como maturadores dos ramos. Sendo: T1 – Testemunha; T2- Pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl) a (2,5%); T3 – Pulverização foliar com sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a (2,5%) a porcentagem de 2,5% foi definida de acordo com informações de Albuquerque et al., (2002).

O experimento foi desenvolvido em uma área ocupada com o cultivo de mangueiras cv. Palmer, no espaçamento de 5 m x 2 m. A irrigação da cultura foi realizada por microaspersão, com emissores instalados à 0,5 metros do caule operando a uma vazão de 42 L h<sup>-1</sup>. Para o manejo da adubação fez-se uso da fertirrigação que teve como base de referência a análise do solo e a demanda da cultura. Tratos culturais como manejo de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, podas e uso de reguladores foram realizados de acordo com métodos propostos por Genú e Pinto (2002).

Foram realizadas duas aplicações dos tratamentos, em um intervalo de quinze e sete dias antes da poda de formação da mangueira.

Rizotrons de vidro de 1,0 x 1,0 m (metros) e 7 mm (milímetros) de espessura foram introduzidos no solo a uma profundidade de 1 m em relação a superfície do solo. Estes foram marcados com uma grade retangular de 10 x 15 cm (centímetros) e instalados à distância de 15 cm do caule das plantas (amostras) em cada tratamento. Diariamente foi mensurado com régua milimetrada as seguintes variáveis: Comprimento, profundidade e diâmetro das raízes em cada tratamento. Sendo também contabilizadas o número de raízes e radículas (raízes secundárias que surgem a partir da raiz principal) por rizotrons.

Após quantificar o sistema radicular das plantas e realizar as devidas medições durante um período de 107 dias, entre a 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> poda de formação obtiveram-se as variáveis:

- *Comprimento Total das Raízes – CpTR (Raiz/dia)*: calculada somando o comprimento de todas as raízes por rizotron, expressa em centímetros (cm);
- *Diâmetro Total das Raízes – DmTR (Diâmetro/dia)*: calculada somando o diâmetro das raízes por rizotron, expressa em milímetros (mm);
- *Número de Raiz por dia – NRD (Raiz/dia)*: somatório da quantidade de raiz por dia;
- *Número de Radículas – NRad (Rad/dia)*: calculada com a somatória de todas as radículas de cada rizotron por dia;
- *Taxa de crescimento das raízes – TaCR (Comp/N<sup>o</sup> dias exp)*: estimada pelo comprimento final da raiz subtraído do comprimento inicial, sendo dividido pelo número de dias do experimento, expresso em centímetros (cm).
- *Taxa de espessura das raízes – TaER (Comp/N<sup>o</sup> dias exp)*: estimada pelo diâmetro final da raiz subtraído do diâmetro inicial, sendo dividido pelo número de dias do experimento, expresso em milímetros (mm).
- *Taxa de aparecimento das radículas – TapRad (NTRad/N<sup>o</sup> dias exp)*: número total de radículas dividido pelo número de dias do experimento.

Em seguida, calcularam-se os valores médios para as seguintes variáveis:

- *Comprimento médio das raízes – CpMR (CpTR/NRD)*: calculada pela divisão do comprimento total das raízes pelo número total de raízes, expresso em (cm);
- *Diâmetro médio das raízes – DMR (DmT/NRD)*: calculada pela divisão do diâmetro

total das raízes pelo número de raízes, expresso em (mm).

Após a obtenção e tabulação dos dados, estes foram submetidos à análise estatística descritiva (valores médios, máximos, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação).

### 3.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Sob as condições climáticas do submédio do Vale do São Francisco, na fazenda experimental onde foi realizado o presente experimento, entre os cinco meses de avaliação das raízes, setembro de 2019 a janeiro de 2020, o crescimento das raízes não parou em nenhum momento durante o período quente que predominou nessa região por cerca de três meses. Durante esses meses, o comprimento total das raízes (CpTR) atingiu os valores máximos de 729,80, 462,70 e 373,50 centímetros (cm) e o comprimento médio das raízes (CpMR) atingiu valores máximos de 10,43, 9,49 e 7,67 cm respectivamente para os tratamentos: T1-testemunha; T2-cloreto de potássio-KCl e T3- sulfato de potássio - K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Estatística descritiva dos parâmetros de avaliação radicular da mangueira irrigada “Palmer” sob diferentes fontes de adubação potássica no semiárido.

	Média	Máximo	Mínimo	Variância	Desvio padrão	CV (%)
T1- Testemunha						
CpTR (cm)	391,39	729,80	30,00	39331,11	198,32	50,67
CpMR (cm)	8,47	10,43	2,98	2,67	1,63	19,28
DmTR(mm)	49,88	86,00	9,00	375,53	19,38	38,85
DMR(mm)	1,16	1,39	0,94	0,01	0,10	8,73
TaCR (mm)	0,63	4,83	0,00	0,99	0,99	158,68
TaER (mm)	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	171,52
T2- KCl						
CpTR (cm)	201,62	462,70	0,00	26586,08	163,05	80,87
CpMR (cm)	6,99	9,79	0,00	6,34	2,52	36,01
DmTR(mm)	22,93	45,00	0,00	237,35	15,41	67,19
DMR(mm)	1,00	1,50	0,00	0,11	0,33	32,92
TaCR (mm)	0,77	5,28	0,00	1,39	1,18	153,74
TaER (mm)	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	174,04
T3- K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>						
CpTR (cm)	236,81	373,50	57,40	9216,23	96,00	40,54
CpMR (cm)	5,85	7,67	3,78	0,61	0,78	13,37
DmTR(mm)	52,01	72,50	19,50	242,62	15,58	29,95
DMR(mm)	1,35	1,65	1,13	0,03	0,17	12,92
TaCR (mm)	0,34	3,03	-0,05	0,36	0,60	176,75
TaER (mm)	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	136,75

CpTR: comprimento total das raízes; CpMR: comprimento médio das raízes; DmTR: diâmetro total das raízes; DMR: diâmetro médio das raízes; TaCR: Taxa de crescimento das raízes por dia; TaER: Taxa de espessura radicular por dia; CV: coeficiente

de variação; T1: testemunha; T2: pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl). T3: pulverização foliar com sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ );

Por conseguinte, em relação ao diâmetro total das raízes (DmTR) o tratamento T1 também se apresentou superior aos demais tratamentos, onde obteve valores médios, máximos e mínimos de: 49,88; 86,00 e 9,00 milímetros (mm). Mas para o diâmetro médio radicular (DMR) o T3, a base de sulfato de potássio, apresentou valores médios, máximo e mínimo de 1,35, 1,65 e 1,13 mm superior ao T1 e T2. Gonçalves et al. (2021) estudando o efeito de diferentes fontes de potássio na cultura da mandioca, verificaram que a adubação com  $K_2SO_4$  promoveu maior produção de raízes que o KCl.

Em contrapartida, quando analisamos a espessura das raízes (TaER), todos os tratamentos obtiveram espessura diária em tornos e 0,01 a 0,02 milímetros, sendo que o T2 proporcionou menor espessura (Tabela 2).

Já para a taxa de crescimento médio das raízes por dia (TaCR), que é um importante indicativo para determinar o quanto a raiz está crescendo em cada dia de avaliação, o tratamento T2 obteve maiores valores médios e máximos de 0,77, 5,28 cm em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). A baixa taxa de espessura radicular diária pode estar relacionada, devido que, na zona meristemática radicular, a taxa de expansão é relativamente baixa, pois a sequência de divisões celulares acontece numa frequência de uma divisão por dia a uma divisão por semana, além disso, o crescimento das células filhas para o tamanho inicial da célula mãe resulta em um aumento de biomassa de um fator de dois, o que leva a taxas de crescimento de expansão inferiores a  $5\% h^{-1}$  no meristema da raiz (Schurr et al., 2006).

Observa-se que os valores de coeficiente de variação (CV) apresentados na Tabela 2 mostrou-se bastante elevados, isso ocorreu devido ao tamanho das amostras e a variação na quantidade de raízes por rizotrons, que no caso desse experimento consistiu na quantidade de raízes avaliadas, que diferiu entre os rizotrons analisados. Segundo Mohallem et al. (2008) O tamanho da amostra, da parcela e o número de repetições interfere nos valores de CV.

Avaliando individualmente cada variável analisada neste experimento, na Figura 2, observa-se os dados do comprimento médio radicular por dia (CpMR), onde nota-se que, após as aplicações dos tratamentos houve a poda de formação no dia 19/09/2019 e o desenvolvimento das raízes iniciou-se somente após a poda no dia 24/09/2019, cerca de cinco dias depois, sendo possível verificar a influência da poda no surgimento de raízes novas na mangueira. Além disso,



verificou-se que, após a poda de formação, entre os dias 24/09/2019 a 13/10/2019 (cerca de 10 dias), somente houve o surgimento e crescimento de novas raízes, não sendo observado, na parte superior da mangueira, o surgimento de novas brotações durante este período, que só ocorreu apenas no dia 15/10/2019 cerca de 26 dias depois da poda (Figura 2).

Outro fator relevante é que o crescimento das raízes estabilizou no dia 17/12/2019, se calcular a data do início do crescimento das raízes (24/09/2019) até a estabilização do crescimento delas (17/12/2019), observa-se que as raízes se mantiveram ativas por cerca de 83 dias com base nas condições climáticas do experimento (Figura 2).

Foi possível verificar também que tanto para o comprimento (Figura 2) quanto para o diâmetro médio radicular por dia (DMR), apresentado na Figura 5, as diferentes fontes de potássio (K), tanto o KCl quanto o  $K_2SO_4$ , proporcionaram desenvolvimento radicular. Tanto no gráfico do CpMR (Figura 2) e do DMR (Figura 3), o tratamento T2 a base de cloreto de potássio (KCl), após a poda, iniciou o surgimento de novas raízes no dia 31/09/2019, cerca de 07 dias depois aos tratamentos T1 e T3 que iniciaram em 24/09/2019. Mas para a variável CpMR mesmo retardando seu surgimento, o T2 após o dia 09/11/2019, antes do início do surgimento das brotações, superou o T3- $K_2SO_4$  e logo depois no dia 31/12/2019 superou também o T1-Controle (Figura 2).

Segundo Kimura et al. (2004), no geral os fertilizantes agrícolas quando aplicado nas plantas vêm acompanhado de alguns sais, e a diferença no íon que acompanha os adubos químicos pode afetar a morfologia e comprimento das raízes, como no caso dos íons sulfato presente no tratamento- T3 e cloreto presente no T2, sendo que o íon cloro promove maior incremento no comprimento da raízes, além de possuir maior pressão osmótica, esse aumento pode ser influenciado pelo turgor celular e pelo papel osmorregulador do cloro na planta. O que pode ter contribuído para que o tratamento T2, ao longo do tempo, tenha superado os demais tratamentos (Figura 2).

Da mesma forma que aconteceu com o comprimento médio radicular, para o diâmetro médio das raízes (DMR) o tratamento T2 iniciou seu surgimento depois (Figura 3). Mas diferente do que aconteceu com o comprimento médio na qual depois de um certo tempo o T2 superou os demais tratamentos, para o DMR quem se destacou foi o tratamento T3, que durante todo o experimento, desde de o início do surgimento das novas raízes 24/09/2019, apresentou valores superiores ao T1 e T2, com diâmetro máximo de 1,7 mm alcançado entre os dias de

01/11/2019 a 14/11/2019, sendo que, os menores diâmetros foram encontrados no tratamento T2, a base de cloreto de potássio (Figura 3).

Para Fitter et al. (1987), a vantagem das raízes mais espessas é por possuir maior capacidade de transporte, menor influência de danos físicos, danos causados por patógenos e maior vida longa. Mas em contraste, as raízes com menores diâmetro permitem que o sistema radicular explore melhor o volume de solo com maior eficiência, o que reduz os gastos com energia para incrementar e manter o sistema radicular.

Além das raízes primárias que surgem naturalmente no sistema radicular das plantas, há também o surgimento das raízes secundárias, que são conhecidas como 'radicelas' (ramificação ou raiz secundária que surge da raiz principal), que no presente experimento essas foram quantificadas por rizotron avaliado. No Figura 4 observa-se a variável taxa de aparecimento de radicelas (TapRad), onde verifica-se que, durante os primeiros dias após a poda não houve nenhum surgimento de radicelas, mas a partir de 08/10/2019, cerca de 19 dias após a poda de formação, teve início o surgimento de radicelas para o tratamento T1, sendo este superior em quantidade de radicelas por raízes durante todo o experimento, atingindo no dia 02/10/2020 cerca de 8 radicelas por dia. No entanto, os tratamentos com fertilizantes a base de potássio (T2 e T3), iniciou o surgimento de radicelas somente a partir do dia 02/11/2019, cerca de 20 dias após o T1 (Figura 4).

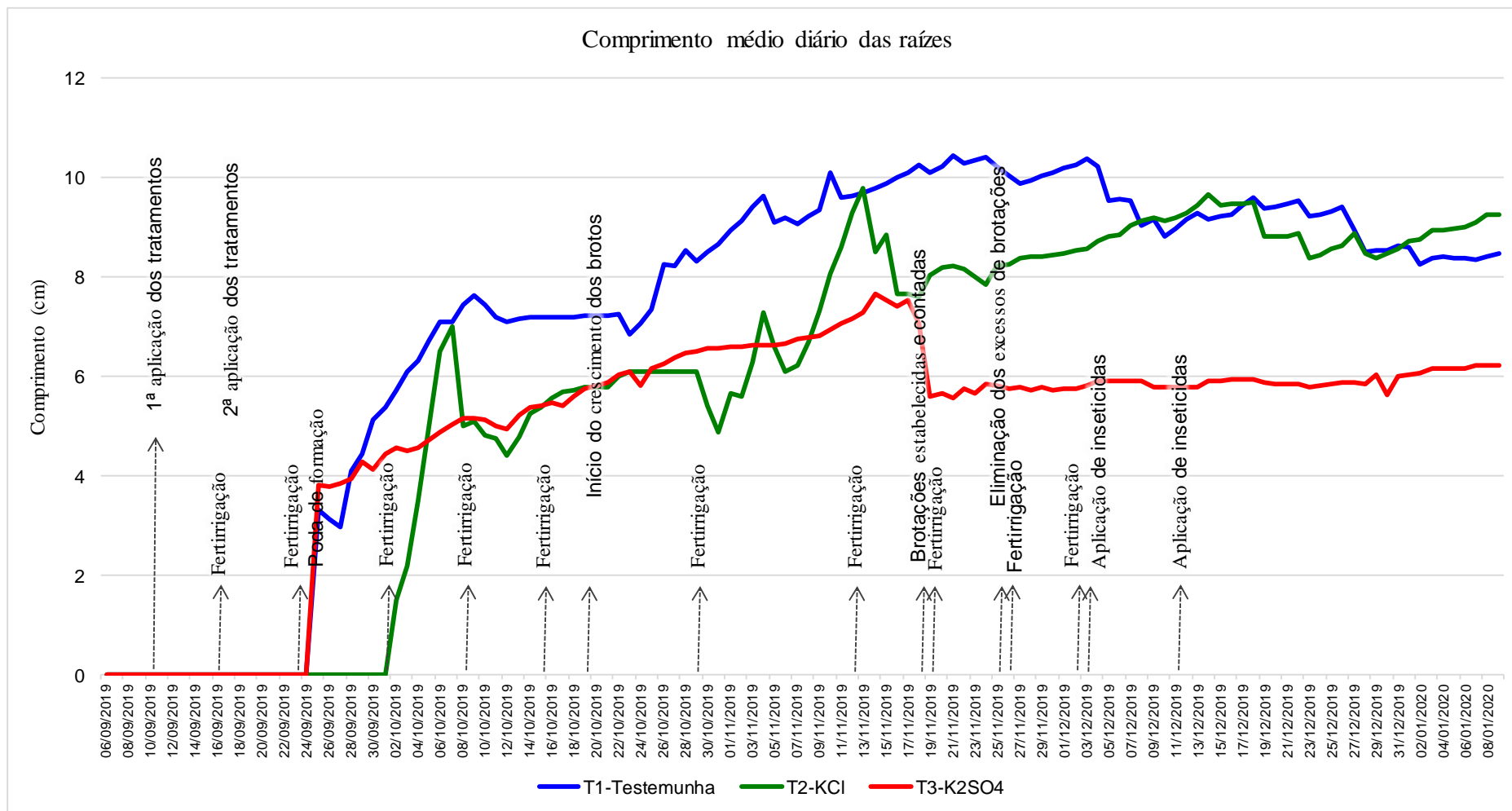
O fato do tratamento T1, que não foi aplicado nenhum fertilizante, ter iniciado primeiro e apresentado o maior número de radicelas, pode estar relacionada a atuação tanto do cloreto de potássio (KCl) quanto do sulfato de potássio (SOK4), quando aplicados por via foliar, atuarem como maturadores foliares, no caso da cultura da mangueira, esse fertilizantes tem como principal objetivo a maturação dos ramos da mangueira, acelerando as etapas de produção (Mouco, 2015), o que pode ocasionar o retardamento ou a paralização do sistema radicular da mangueira por um determinado tempo, o que vai favorecer que os fotos-sintetizados, como por exemplo: os carboidratos, sejam retidos nos ramos da mangueira e não sejam translocados para o sistema radicular da planta (Génard et al., 2008), o que possivelmente pode inibir por um tempo o desenvolvimento da raiz.

Avaliando de forma quantitativa as raízes das plantas na qual foram aplicados os tratamentos à base de potássio e a testemunha, na Tabela 3 verifica-se a quantidade total de raiz por rizotron ( $m^2$ ), o percentual de raízes mortas (%) e o número de radicelas por metro quadrado ( $m^2$ ). Onde o T1 obteve 91 raízes/ $m^2$  e 835 radicelas/ $m^2$  valores superiores ao T2 e ao T3, mas apresentou maior percentual de raízes mortas cerca de 6,59 (%). O fato da testemunha (T1) ter

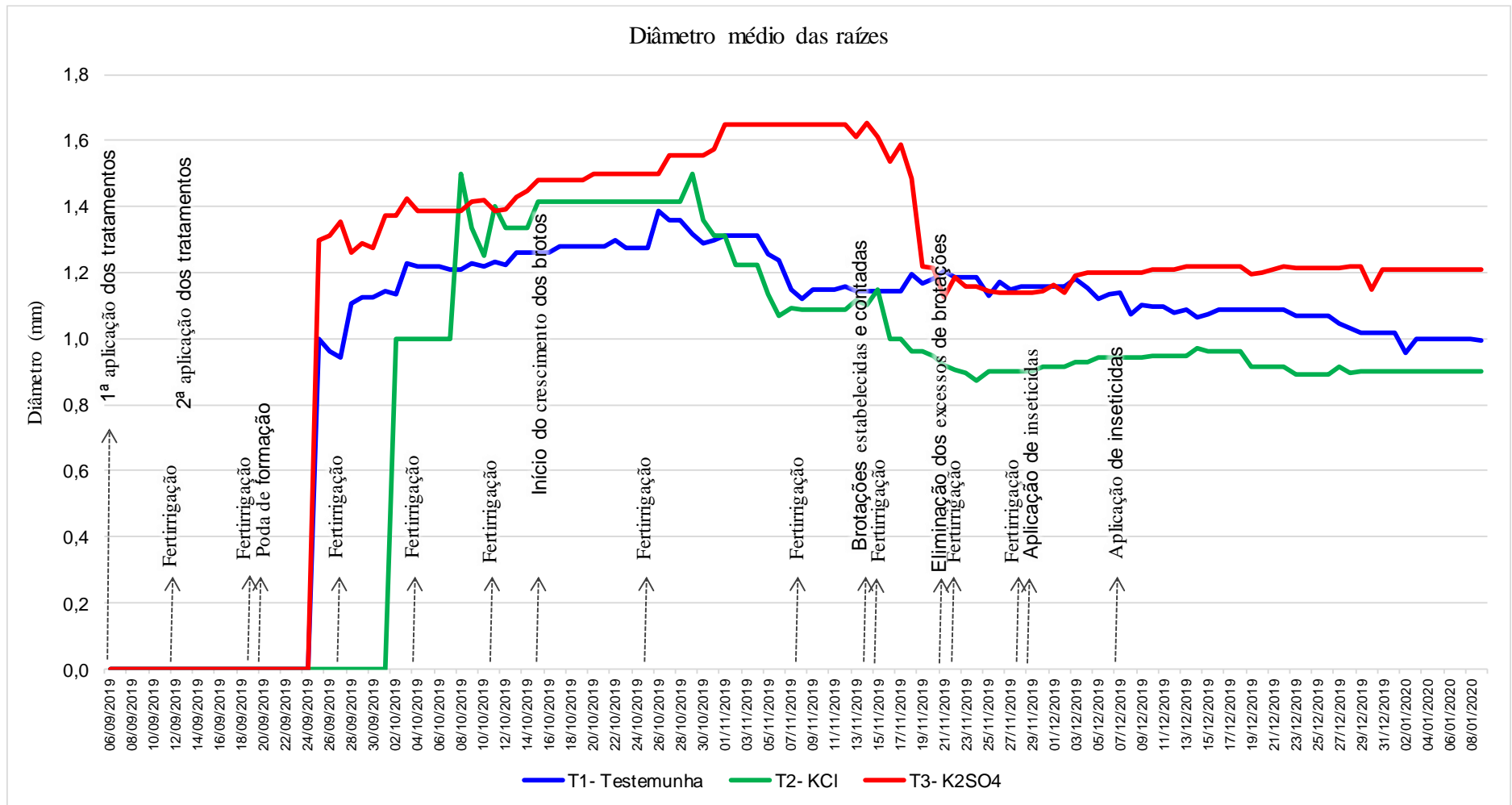
apresentado maior percentual de raízes mortas, pode está relacionada à presença de raízes com menores diâmetros médios (DmTR), (Tabela 2) (Figura 3), pois as raízes mais finas proporcionam uma maior taxa de mortalidade (Polverigiani et al., 2012).

Ainda na Tabela 3, observa-se que o tratamento T2 apresentou 50 raízes/m<sup>2</sup> e 539 radículas/m<sup>2</sup> valor superior ao T3, mas diferentemente do T1 que obteve 6,59% de raízes mortas e T3 que obteve 3,23% de raízes mortas, o T2 obteve 0% de mortalidade das raízes. A baixa taxa de mortalidade para o tratamento T2 a base de cloreto de potássio, pode estar relacionado ao fato do T2 ter iniciado seu surgimento depois dos outros tratamentos e ter apresentado maior resistência das raízes (Figura 2 e 3). Para Polverigiani et al. (2012), as plantas usam seus carboidratos disponíveis para suas raízes mais finas que são muitos mais eficientes em explorar o solo, o que pode ter acontecido no tratamento T2, por possuir raízes mais finas (Tabela 2) obteve maior resistência à morte.

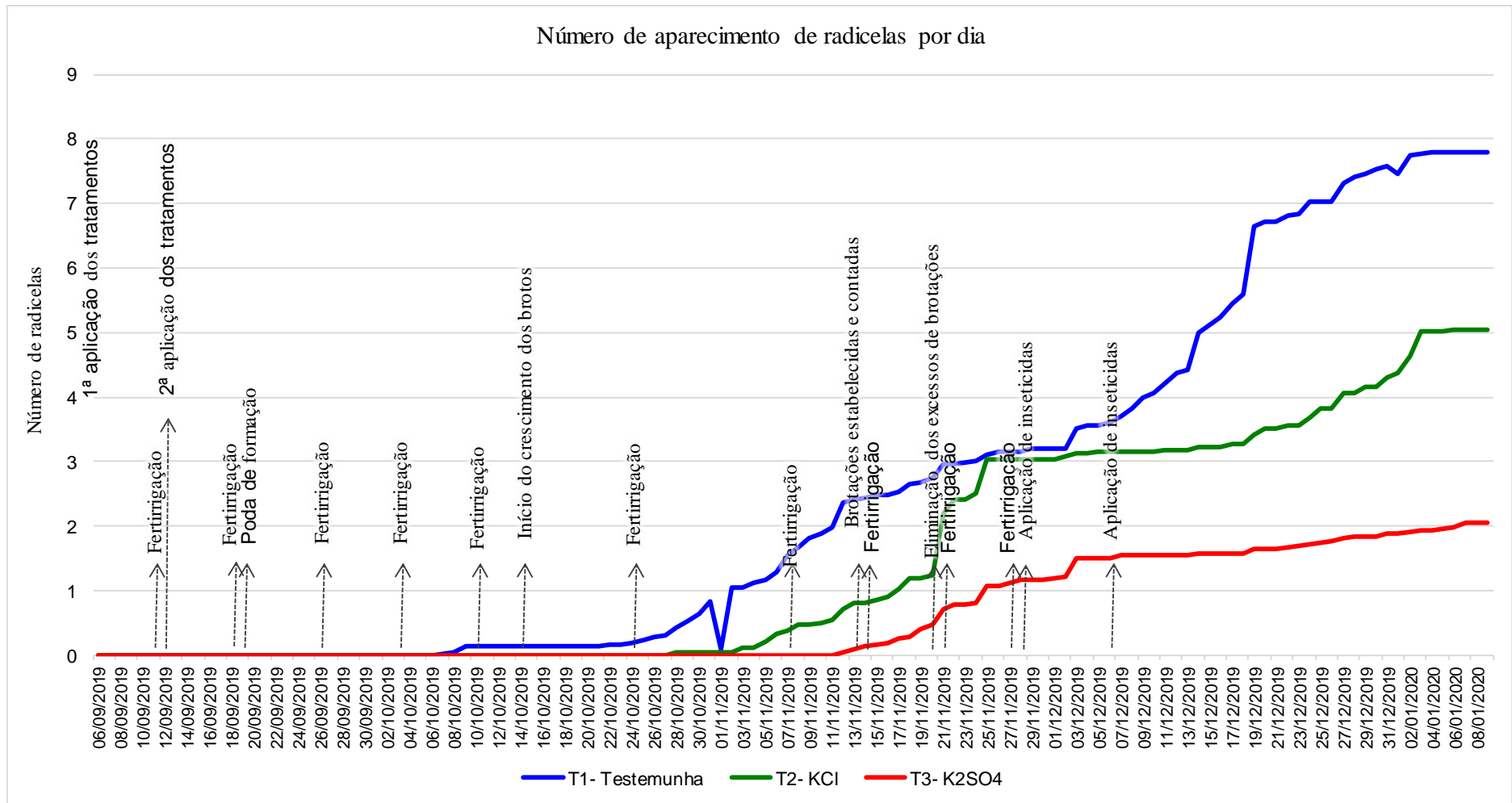
Analisando agora, o quanto as raízes exploraram o solo em profundidade, na Figura 5 é apresentada a taxa média de crescimento e diâmetro das raízes em profundidade e (TaCR). Observa-se que, em relação a distribuição do sistema radicular no solo, o T2 foi o tratamento onde as raízes exploraram melhor o solo, atingindo entre 10 cm a 90 cm de profundidade do solo, com diâmetro próximo de 1,20 mm, seguido do T1 e T3 (Figura 5). Segundo Fan et al. (2021), o K promove o crescimento e aumenta a densidade radicular, o que pode ter favorecido a melhor distribuição em profundidade do tratamento T2. Santos et al. (2014) avaliando a distribuição do sistema radicular da mangueira 'Tommy Atkins', verificaram que as maiores densidades de raízes foram encontradas na profundidade de 20 a 90 cm do solo, resultado semelhante ao encontrado no presente experimento.



**Figura 2.** Comprimento médio diário das raízes de mangueira “Palmer” sob diferentes fontes de potássica na região semiárida brasileira. T<sub>1</sub>: Testemunha; T<sub>2</sub>: pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl); T<sub>3</sub>: pulverização foliar com sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



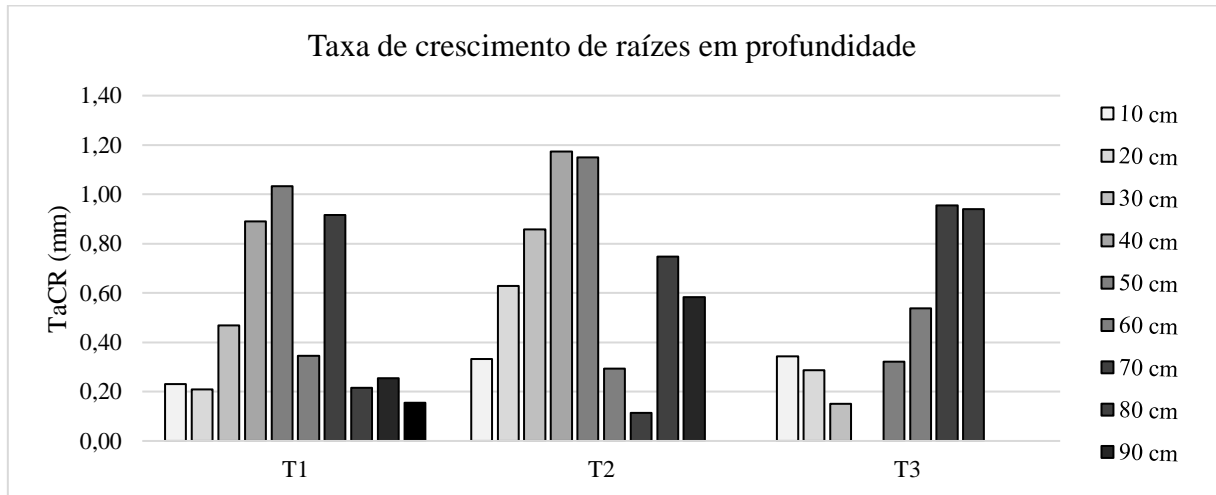
**Figura 3.** Diâmetro médio diário da raiz da mangueira “Palmer” sob diferentes fontes de potássica na região semiárida brasileira.



**Figura 4.** Número de aparecimento de radículas em mangueira Palmer sob diferentes fontes de potássica na região semiárida brasileira.

**Tabela 3.** Quantidade total de raízes, percentual de raízes mortas e quantidade de radículas por metro quadrado em mangueira irrigada “Palmer” sob diferentes fontes de adubação potássica no semiárido.

	Número de raízes/m <sup>2</sup>	Raízes mortas (%)	Número de radículas/m <sup>2</sup>
T <sub>1</sub> (Controle)	91	6,59	835
T <sub>2</sub> (KCl)	50	0,00	539
T <sub>3</sub> (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	62	3,23	219



**Figura 5.** Taxa de crescimento em profundidade ao longo dos rizotrons em mangueira irrigada “Palmer” sob diferentes fontes de adubação potássica.

### 3.4 CONCLUSÃO

As diferentes fontes de potássio obtiveram menor desenvolvimento e crescimento das raízes da mangueira em comparação com a testemunha.

O KCl ao longo do tempo de avaliação do experimento, pode apresentar maior comprimento.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. C. Indução floral. In: GENU, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 260-276.
- KIST, B. B. et al. **Anuário Brasileiro de Hort&Fruit**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2021, p. 84-85. Disponível em:< <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2021/>>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- CAMARA, F, M da. **Aspectos qualitativos da manga ‘Palmer’ comercializada na CEAGESP**. 2017. 154p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2017. Disponível em:< <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/>>. Acesso em: 24 de ago. 2021.
- XAVIER, L. F.; COSTA, R. F.; COSTA, E. F. Adoção de tecnologia poupadoras de água na fruticultura irrigada do Vale do São Francisco: uma comparação entre percepções de colonos e empresas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 219-241, jun. 2006. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/resr/a/mhbFYzzJ3BcVpmnPxmPh8Yh/?lang=pt>>. Acesso em: 24 de ago. 2021.
- MORALES O, M.; ANTUNEZ B, A.; ORTIZ L, M.; SELLES VAN S, G. Monitoreo de raixes em espécies frutales; Conociendo el lado oculto de la planta. *Tierra Adentro*. 2013. Disponível em : < <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/5385>>. Acesso em: 24 ago. 2021.
- METCALFE, D. **Cálculo de Dinâmicas de Raíz en Ecosistemas Tropicales: Manual de campo**. University of Edinburgh. 2002. 20 p.
- SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistemas radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária, 2014. (Comunicado Técnico, 6p.).
- CARNEIRO, M. A.; LIMA, A. M. N.; CAVALCANTE, I. H. L.; SOUSA, K. S. M.; OLDONI, F. C. A.; BARBOSA, K. S. Production and quality of mango fruits cv. Tommy Atkins fertigated with potassium in semi-arid region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, p. 1-9, jul. 2018. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbf/a/4HwKKf6tHXH5Mr7TKzJGm4J/abstract/?lang=pt> >. Acesso em: 30 out. 2021.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 2006.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Estugarda, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/263088914\\_Koppen's\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/263088914_Koppen's_climate_classification_map_for_Brazil)>. Acesso em: 22 dez. 2020.



FAN, Y.; GAO, J.; SUN, J.; LIU, J.; SU, Z.; WANG, Z.; YU, X.; HU, S. Effects of straw returning and potassium fertilizer application on root characteristics and yield of spring maize in China inner Mongolia. **Agronomy Journal**, v.113, p.4369-4385, 2021. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/agj2.20742>><<https://doi.org/10.1002/agj2.20742>>. Acesso em :25 dez. 2020.

INMPE, Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climáticos: estação meteorológica de Petrolina**, 2017. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera\\_serie\\_txt\\_mensal.php?&mRelEstacao=82983&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/2006&mRelDtFim=31/12/2017&mAtributos=1,1,1,,,1,,1,1,1,,1,1,1](http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=82983&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/2006&mRelDtFim=31/12/2017&mAtributos=1,1,1,,,1,,1,1,1,,1,1,1), Acesso em 18 Novem. 2020.

SILVA, K. A.; RODRIGUES, M.S.; CUNHA, J.C.; ALVES, D.C.; FREITAS, H.R.; LIMA, A.M.N. Levantamento de solos utilizando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina-PE. **Comunicata Scientiae**. v.8, n.1, 2017. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/327128046.pdf>>. Acesso em 25 Novem. 2020.

GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. A. **A Cultura da Mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454p.

KIMURA, K.; OKUMURA, M.; YAMASAKI, S. Effects of chloride and sulfate application on root growth of rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 3, p. 395 - 402, 2004. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408493>>. Acesso em 30 out. 2020.

PEGORARO, R. F. et al. Partição de biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 41 – 52, jul./set. 2014. Disponível em: <[http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/3444/pdf\\_137](http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/3444/pdf_137)>. Acesso em: 30 out. 2014.

Y. Fan, J. Gao, J. Sun et al., “Effects of straw returning and potassium fertilizer application on root characteristics and yield of spring maize in China inner Mongolia,” *Agronomy Journal*, vol. 113, no. 5, pp. 4369–4385, 2021.

MOUCO, M.D.C. Cultivo da mangueira. Embrapa Semiárido-Sistema de Produção (INFOTECA-E), 2015

GONÇALVES, Y. S.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; VIEIRA, M. E.; PEÇANHA, D. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, P. C. Potassium sources impact on cassava plant productivity quality and mineral composition. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 1, p. 86-94, jul. 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2021.1949465>>. Acesso em nov. 2021.

SCHURR, U.; WALTER, A.; RASCHER, U. Functional dynamics of plant growth and photosynthesis – from steady-state to dynamics – from homogeneity to heterogeneity. **Plant, Cell and Environment**, v. 29, p. 340-352, 2006. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17080590/>>. Acesso em 20 dez. 2021.

MOHALLEM, D. F.; TAVARES, M. SILVA, P. L.; GUIMARÃES, E. C.; FREITAS, R. F. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. V. 60, n. 2, p. 449-453, 2008. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/29437553>>. Acesso em 01 jan. 2022.

FITTER, A. H. An architectural approach to the comparative ecology of plant – root systems. **New Phytologist**, v. 106, p. 61–77, 1987. Disponível em: <<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1987.tb04683.x>>. Acesso em 02 jan. 2022.

GÉNARD, M.; DAUZAT, J.; NICOLA ´S FRANCK, N.; LESCOURRET, F.; MOITRIER, N.; VAAST, P.; VERCAMBRE, G. Carbon allocation in fruit trees: from theory to modelling. **Trees**, v. 22, p. 269–282, 2008. Disponível em:<<https://link.springer.com/article/10.1007/>> Acesso em 02 nov. 2020.

Polverigiani, S.; Lodolini , E.M.; Neri, D. (2012). Olive root growth observed by field rhizotron. **Acta Hort**, n. 949, p. 271-278, 2012. Disponível em:<[https://www.actahort.org/books/949/949\\_39.htm](https://www.actahort.org/books/949/949_39.htm)> . Acesso em: 21 jan. 2022.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Fruit yield and root system distribution of ‘Tommy Atkins’ mango under different irrigation regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.362–369, 2014. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbeaa/>> . Acesso em 01 dez. 2021.

## CAPÍTULO II – DETERMINAÇÃO DE AMIDO E CARBOIDRATO EM FOLHAS DE MANGUEIRA SUBMETIDAS A DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO COM O USO ESPECTROSCOPIA Vis-NIR.

### ABSTRACT

Brazil, being a country prone to the development of fruit growing, has stood out in the production of different fruit crops, among these, the mango shows itself with high potential for production in different regions of the country, such as the San Francisco Valley, a region that is located in north east Brazil. As with any other crop, mango production presents challenges, such as the maturation of the mango branches, especially in the vegetative period of the plant, an important stage for defining the plant's architecture, which, combined with good nutrition and hormones involved in this process, such as carbohydrate and starch favor the good development of the vegetable. The definition of these plant hormones is important for decision making on the different stages of growth. However, conventional methods of determining these chemical compounds in the plant are complex and time-consuming. Therefore, the use of non-destructive and fast techniques to determine the levels of these components in the plant, such as spectroscopy, can optimize the analysis of these components. Therefore, this work aimed to develop predictive models for determination of starch and carbohydrate contents in “Palmer” mango leaves using vis-nir spectroscopy subjected to different potassium sources. The work was carried out in the region of San Francisco Valley, following the following steps: (1) sampling the leaves; (2) spectral analysis; (3) laboratory determination of carbohydrate and starch contents; and (4) development of predictive regression and classification models. The best prediction models for the different biochemical attributes were selected based on the performance of the models, and the statistical parameters evaluated were: coefficient of determination ( $R^2$ ); Mean Square Error of Calibration (RMSEC); standard calibration error (SEC); cross-validation mean square error (RMSECV); standard error of cross validation (SECV). The predictive regression models used were Principal Components Regression (PCR) and Partial Least Squares Regression (PLSR). Supervised discriminant models were also developed to classify mango leaves according to the different potassium sources used, using linear discriminant analysis (LDA). Vis-NIR spectroscopy showed low values for the non-destructive evaluation of “Palmer” mango leaves using PCR and PLSR for carbohydrate and starch prediction with  $R^2$  of 0.582 lower than the models considered excellent ( $R^2 > 0.90$ ); The development of classification models did not allow the discrimination of different sources of potassium in “Palmer” mango leaves with an accuracy of 64.28%.

**Keywords:** Chemometrics. Biochemical analysis. *Mangifera indica* L. Non-destructive methods.

## RESUMO

O Brasil, sendo um país propenso para o desenvolvimento da fruticultura, tem se destacado na produção de diferentes frutícolas, dentre essas, a mangueira mostra-se com alto potencial para produção em diferentes regiões do país. Assim como para qualquer outra cultura, a produção de manga apresenta desafios, como a maturação dos ramos da mangueira, principalmente no período vegetativo, etapa importante para definição da arquitetura da planta, que aliada a boa nutrição e hormônios envolvidos nesse processo como o carboidrato e o amido favorece o desenvolvimento do vegetal. No entanto, os métodos convencionais de determinação desses compostos químicos na planta são complexos e demorados. E a utilização de técnicas não destrutivas e rápidas para determinar os teores desses componentes na planta, como a espectroscopia, pode otimizar a realização das análises desses componentes. Diante disso, este trabalho teve como objetivo desenvolver modelos preditivos para determinação de teores de amido e carboidratos em folhas de mangueira “Palmer” com o uso da espectroscopia Vis-NIR submetidas a diferentes fontes de potássio. O trabalho foi desenvolvido na região do Vale do São Francisco, seguindo as seguintes etapas: (1) a amostragem das folhas; (2) análise espectrais; (3) determinação em laboratório dos teores de carboidratos e amido; e (4) desenvolvimento dos modelos preditivos de regressão e classificação. Os melhores modelos de predição dos diferentes atributos bioquímicos foram selecionados com base no desempenho dos modelos, sendo os parâmetros estatísticos avaliados: coeficiente de determinação ( $R^2$ ); erro quadrático médio de calibração (RMSEC); erro padrão de calibração (SEC); erro quadrático médio de validação cruzada (RMSECV); erro padrão de validação cruzada (SECV). Os modelos preditivos de regressão utilizados foram a Regressão por Componentes Principais (PCR) e a Regressão por Quadrados Mínimos Parciais (PLSR). Também foram desenvolvidos modelos discriminante supervisionado para classificar as folhas da mangueira de acordo com as diferentes fontes potássicas utilizada, utilizando a análise discriminante linear (LDA). A espectroscopia Vis-NIR apresentou valores baixos para a avaliação não destrutivas de folhas de mangueira “Palmer” utilizando PCR e PLSR para predição de carboidrato e amido com  $R^2$  de 0,582 menor que os modelos considerados excelentes ( $R^2 > 0,90$ ); O desenvolvimento de modelos de classificação não possibilitou a discriminação das diferentes fontes de potássio em folhas de mangueira “Palmer” com precisão de 64,28%.

**Palavras-chave:** *Mangífera indica* L. Análise bioquímicas. Adubos potássicos. Métodos não destrutivos. Quimiometria

## 4.1 INTRODUÇÃO

Pertencente à família *Anacardiaceae*, a mangueira (*Mangífera indica* L.) é uma frutífera de grande importância para diversos países, como o Brasil, em que a maior parte da produção de manga está localizada na região do Vale do São Francisco que se concentra no Nordeste brasileiro, onde são produzidas principalmente mangas das cultivares ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ (Brazilian Horti & Fruti Yearbook, 2021).

Mas assim como para qualquer outra cultura, existem empecilhos que precisam ser superados ou controlado como: influência de fatores ambientais, desuniformidade no florescimento e maturação dos ramos (Oliveira et al., 2019). Entre esses fatores, a maturação dos ramos da mangueira é importante para a cultura da mangueira, principalmente no período vegetativo, que é a etapa que antecede a floração, pois nessa fase que será definida a arquitetura da planta, sendo responsável pelo bom florescimento e consequentemente produção de frutos com qualidade e produtividade (Cavalcante et al., 2018).

Níveis de substâncias de reserva presentes no ramo da mangueira, como carboidratos e amido, é vital para um bom amadurecimento dos ramos. Teores adequados desses componentes na folha da mangueira estão envolvidos diretamente na maturação dos ramos e posteriormente na intensidade e uniformidade do florescimento (Oliveira et al., 2018; Davenport, 2007). Mas as análises para determinação de carboidratos e amido são onerosas, destrutivas e demanda muito tempo para processá-la, como por exemplo o método de Dubois et al. (1956), na qual exigem o uso de reagentes caros e, além disso, alguns apresentam seu uso restrito, como o ácido sulfúrico.

Uma tecnologia que vem ganhando notória divulgação é o uso de Espectroscopia Vis-NIR, uma técnica não destrutiva que pode ser utilizada para descrever inúmeros atributos de uma planta como por exemplo: Determinação de carboidrato solúvel, amido e sacarose (Souza, 2022; Frey et al., 2020; Nkajima et al., 2019; Das et al., 2018; De Bei et al., 2017)), pigmentos fotossintéticos e teor de clorofila (Oliveira et al., 2021; Yendrek et al., 2017) e também análise qualidade de diversos produtos, como por exemplo, análise de vinho (Barreto, 2020; Genisheva et al., 2018).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi determinar teores de amido e carboidrato com o uso da espectroscopia Vis-NIR em folha de mangueira “Palmer” submetidas às fontes de potássio no período vegetativo.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para uma melhor organização do experimento, este foi dividido em quatro etapas principais, que consistiram em: (1) amostragem foliares; (2) análises espectrais; (3) determinação em laboratório de carboidrato e amido; (4) quimiometria - modelos de regressão e classificação.

Seguindo a sequência, após a etapa 1, amostragem, as folhas da mangueira foram submetidas às análises espectrais para aquisição dos espectros de absorbância, e logo em seguida, às análises de referência, que são as análises convencionais de determinação dos compostos bioquímicos de carboidrato e amido foliar; os dados obtidos através de procedimento espectrais passaram por uma série de pré-tratamentos, cujo objetivo foi a remoção de informações irrelevantes, que não contribuem ou diminuem o desempenho dos modelos e após o pré-tratamento dos dados, métodos de regressão foram aplicados, para o desenvolvimento dos modelos de predição.

### (1) Amostragem das folhas

O trabalho foi desenvolvido na fazenda experimental da Universidade do Vale do São Francisco – UNIVASF, que se localiza no Vale do São Francisco, especificamente no Submédio, na cidade de Petrolina-PE. Região que apresenta característica climática semiárida quente com baixa ocorrência de precipitações (Alvares et al., 2013).

Mangueiras cv. ‘Palmer’ no estágio de desenvolvimento vegetativo foram utilizadas para a coleta de suas folhas na altura mediana da copa da planta, na região do último fluxo vegetativo maduro, um total de 112 amostras foliares que compuseram o conjunto de dados. Sendo que, previamente essas plantas foram tratadas com diferentes fontes de potássio (K) (cloreto de potássio (KCl); sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); (SpeedFol® manga indução) mais a testemunha.

Como forma de preservar a integridade das amostras, no momento da coleta, ainda no campo, essas foram feitas em sacos de plásticos identificadas, colocadas em caixa com gelo, onde logo em seguida foi transportada para o laboratório e congeladas em freezer a -20 °C. Para a leitura em equipamentos espectrais essas mesmas amostras foram descongeladas até atingirem a temperatura ambiente.

### **(3) Análises espectrais**

O equipamento utilizado foi o sistema de espector de refletância composto pelos seguintes componentes: espectrômetro *FieldSpec3* (*Analytical Spectral Devices*, Boulder, Colorado, USA) que opera na faixa de comprimento de onda de 350 a 2500 nm, com resolução de 3 a 10 nm e tempo por varredura de 100 ms, equipado com *probe plant*; e computador com o *software RS3* (*Analytical Spectral Devices*, Boulder, Colorado, USA). A leitura espectrais ocorreu no limpo foliar, sendo o sistema fígado para aquecimento 30 minutos antes das aquisições dos espectros.

Cada um dos espectros é composto por cerca 30 varreduras que são executadas pelo equipamento. A *probe plant* possui uma referência branca, com a qual as operações de calibração são implementadas antes da aquisição dos dados. Os valores de refletância foram transformados em medições de absorbância ( $\log(1/R)$ ), onde  $R$  significa refletância, utilizando o *software ViewSpec Pro* (*Analytical Spectral Devices*, Boulder, Colorado, USA).

### **(4) Determinação em laboratório de carboidrato e amido**

Feitas as medições de refletância, foi determinado as análises bioquímicas de referência para determinação dos teores de carboidratos solúveis totais (mmol g<sup>-1</sup> de MF) e amido (µg g<sup>-1</sup> de MF) que foram extraídas das amostras foliares.

Para determinação do teor de carboidrato solúveis totais foi utilizado a metodologis de Dubois et al. (1956). Consistiu na extração de 1 g de material foliar fresco, homogeneizado em 4 ml de solução tampão fosfato de potássio monobásico, 0,1 M e pH 7,0. Após centrifugação e banho-maria, foram colocados em tubos de ensaio 10 µl do sobrenadante (após teste de diluição), 490 µl do tampão fosfato monobásico, 500 µl de fenol e 2,5 ml de ácido sulfúrico, seguido de repouso e posteriormente agitação, e depois novamente deixados em uma bandeja contendo água à temperatura ambiente (25°C) por 10 minutos. Sendo por fim, realizadas as leituras em um espectrofotômetro a 490 nm.

O teor de amido foi determinado segundo Neves e Morais (2005). Para a extração, utilizou-se 0,05 g de material foliar fresco, homogeneizado em 4 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico). Foram tomadas alíquotas de 0,5 ml de extrato: a cada alíquota foi adicionado 0,95 ml de água e 3 ml de antrona. Após o preparo das amostras, foram realizadas as leituras em um espectrofotômetro a 620 nm.

## (5) Quimiometria - modelos de regressão e classificação

Após os dados espectrais serem gerados, estes foram submetidos ao pré-processamento filtro de média móvel (*Moving Average*, MA) e correção de sinal ortogonal (*Orthogonal Signal Correction*, OSC).

A partir das matrizes pré-tratadas foram desenvolvidos os modelos de Regressão pelo método das componentes principais (PCR) e regressão pelo método dos quadrados mínimos parciais (PLSR). Para isso, os dados brutos ou pré-tratados foram utilizados como variáveis de entrada independentes (X) e os atributos de interesse (amido, carboidrato) como variáveis de entrada dependentes (Y). Foi aplicada a validação cruzada em todas as amostras dos conjuntos de dados e o número ótimo de fatores foi definido através do menor valor obtido do erro quadrático médio da raiz da validação cruzada (RMSECV). O algoritmo utilizado para a construção dos modelos foi NIPALS (Geladi e Kowalski, 1986), com 100 interações.

Após processamento, foram selecionados os melhores modelos para cada atributo bioquímico foliar, em suas respectivas faixas espectrais. Posteriormente, foi feita a seleção de variáveis através de uma PCA e exclusão das variáveis com menor influência e não significativas (p-valor > 0,05) para os modelos através do método Jack-Knife (Martens; Martens, 2000). Foram selecionados os comprimentos de ondas associados aos picos de absorvâncias em todas as componentes principais selecionadas, seguido da remoção das variáveis com menores coeficientes de regressão. O modelo foi recalculado a cada variável removida, de modo que, o objetivo foi encontrar modelos com os melhores parâmetros de desempenho e menor número de variáveis e que todas sejam significativas para a construção dos modelos. Os comprimentos de onda selecionados a partir dos picos de absorvâncias e aquelas submetidos à ANOVA e teste de significância a 5%.

O desempenho dos modelos foi avaliado a partir da comparação dos parâmetros estatísticos, a saber: coeficiente de determinação ( $R^2$ ); erro quadrático médio de calibração (RMSEC); erro padrão de calibração (SEC); erro quadrático médio de validação cruzada (RMSECV); erro padrão de validação cruzada (SECV). Estes parâmetros são definidos pelas equações de (1) a (5):

$$R^2(\text{Pearson}) = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \hat{y}) * (y_i - \bar{y})^2}{(n - 1) * \sigma_r * \sigma_p} \quad (1)$$



$$\text{RMSEC} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$\text{SEC} = \sqrt{\frac{n * \text{RMSEC}^2}{n - 1}} \quad (3)$$

$$\text{RMSECV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i^*)^2}{n}} \quad (4)$$

$$\text{SECV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i - \text{bias})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Onde  $\hat{y}_i$  é o valor previsto pelo modelo de calibração;  $\hat{y}_i^*$  é o valor previsto pelo modelo na etapa de validação cruzada;  $y_i$  é o valor de referência;  $\hat{y}$  é a média dos valores de predição;  $n$  é o número de amostras na calibração ou validação;  $m$  é o número de amostras previstas;  $\sigma$  é o desvio-padrão dos valores de referência;  $\sigma_p$  é o desvio-padrão dos valores de predição.

Os melhores modelos são aqueles que apresentam os maiores valores de coeficiente de determinação da validação cruzada ( $R^2_{cv}$ ), seguido dos menores valores de erro quadrático médio de validação cruzada (RMSECV).

Logo em seguida foi utilizado a análise de componentes principais (PCA) para explorar o possível agrupamento de amostras e fornecer informações sobre estrutura latente da matriz espectral. A matriz de dados foi composta das folhas da mangueira “Palmer” nas diferentes datas de coletas levando em consideração os diferentes fertilizantes potássicos utilizados no experimento.

Identificados os agrupamentos entre as diferentes coletas foliares utilizando o PCA, modelo discriminante supervisionado foi utilizado para classificar as folhas da mangueira de acordo com os diferentes fertilizantes aplicados, utilizando a análise discriminante linear (LDA).

Um conjunto de treinamento e teste de amostras compostas por espectros de folhas aonde foram aplicadas previamente três fertilizantes potássico (cloreto de potássico, sulfato de potássio e Speed folll) mais uma testemunha, classificadas segundo Coombe (1995), foram utilizados para a confecção dos modelos matemáticos. A classificação foi realizada para cada folha amostra. A matriz de dados foi constituída por valores de absorvância, sendo esta variável independente, e por classe definida, como variável dependente.

O método LDA foi utilizado com diferentes técnicas para o cálculo das distâncias lineares entre amostras, e suas consequentes similaridade. Sendo utilizado o espectro adquirido a (350 a 2500 nm).

O desempenho do modelo de classificação supervisionados usando matriz de confusão. Os valores de precisão (Prec), sensibilidade (Sen), seletividade (Sel) e taxa de falsos positivos (TFP) foram obtidos a partir das matrizes de confusão de cada modelo, conforme equação de 6 a 9:

$$Prec = \frac{VP + VN}{VP + FN + FP + VN} * 100 \quad (6)$$

$$Sel = \frac{VN}{FP + VN} * 100 \quad (7)$$

$$Sen = \frac{VP}{VP + FN} * 100 \quad (8)$$

$$TFP = \frac{FP}{FP + VN} * 100 \quad (9)$$

Em que VP, VN, FP e FN são os valores positivos, verdadeiro negativo, falso positivo e falso negativo, respectivamente. As medidas gerais de desempenho, ou seja, precisão, sensibilidade, seletividade e taxa de falso positivo, foram calculadas com base nas medidas de desempenho.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Espectro: análise exploratória

Na Figura 1, observa-se o espectro médio bruto de absorbância das folhas da mangueira “Palmer” para os diferentes fertilizantes potássicos aplicados. Esses espectros apresentaram quatro principais pontos de absorção nas regiões, sendo eles uma faixa estável de absorção em torno de 460 nm, além dos picos próximos dos comprimentos de 670, 1450 e 1930 nm, como mostram os espectros médios dos dados. Verifica-se que ambos os fertilizantes potássicos obtiveram o mesmo comportamento com pontos de absorção muito próximos.

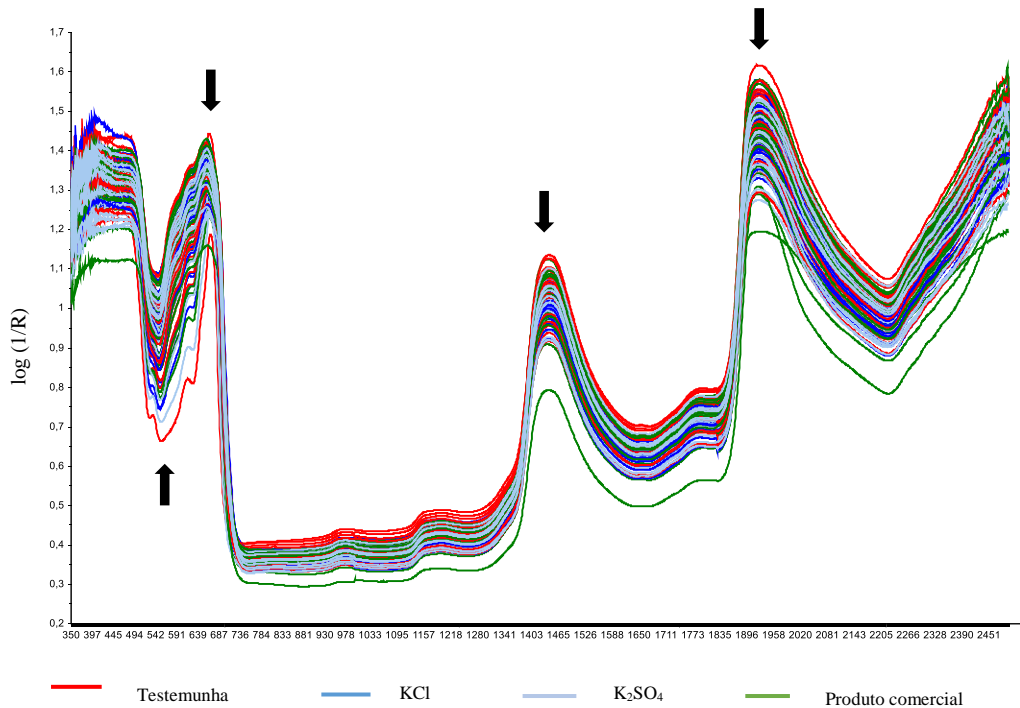


Figura 1. Curvas espectrais de folhas de mangueira cv. Palmer submetidas a diferentes fontes de potássio.

Como observado na Figura 1, os picos iniciais se encontram em torno de 460 a 670 nm, e isso pode estar associada a presença de clorofila nas folhas. Sendo que, a clorofila “a” apresenta absorção entre 450 e 680 nm, a clorofila “b” em 475 e 675 nm (Gould et al., 2018). Um exemplo foi o trabalho proposto por Novo, 2010, na qual foi observado que em uma folha verde sadia, há uma alta absorbância de luz no comprimento de 460 e 670 nm na região do visível devido às clorofilas. E os comprimentos de onda de 1450 e 1930 nm é devido o conteúdo de água na folha. Sendo que, para De Bei et al. (2017) esses comprimentos de onda podem estar relacionados aos teores de açúcares e amido na folha.

A estrutura interna, composição e morfologia de uma folha influencia no comportamento espectral e apresenta diferença se forem de grupos geneticamente diferente (Ponzoni, 2002). E esse comportamento é semelhante ou parecido entre todas as folhas de plantas no espectro Vis-NIR (350-2500 nm) e exerce influência principal da incidência da luz com a clorofila e ligações moleculares de N-H, O-H, C-H (Curran, 1989).

### Modelos de regressão PCR e PLSR

Foram desenvolvidos modelos PCR e PLSR para o conjunto de dados com folhas de mangueira para os atributos carboidrato e amido. A Tabela 1 apresenta os melhores resultados para cada modelo analisado nas diferentes datas de coleta. Para a variável amido, tanto para o PCR quanto para o PLSR, o melhor modelo de predição foi da coleta 1, que apresentaram  $R^2_{cv}$  de 0,582 e RMSECV de 0,033 iguais.

Tabela 2. Desempenho dos modelos PCR e PLSR para os atributos amido e carboidrato em folhas de mangueira cv. Palmer e diferentes coletas foliares.

Modelo	Coleta	Fatores	$R^2_{cal}$	RMSEC	SEC	$R^2_{cv}$	RMSECV	SECV
amido								
PCR	1	1	0,595	0,031	0,032	0,582	0,033	0,033
PCR	2	1	0,155	0,070	0,071	0,104	0,075	0,076
PCR	3	2	0,393	0,037	0,038	0,340	0,040	0,041
PCR	4	3	0,332	0,048	0,049	0,183	0,055	0,056
PLSR	1	1	0,595	0,031	0,032	0,582	0,033	0,033
PLSR	2	1	0,154	0,070	0,072	0,104	0,075	0,077
PLSR	3	3	0,818	0,020	0,021	0,383	0,039	0,040
PLSR	4	1	0,153	0,054	0,055	0,077	0,058	0,059
carboidrato								
PCR	1	3	0,421	15,147	15,425	0,328	16,927	17,233
PCR	2	2	0,303	12,064	12,286	0,218	13,251	13,494
PCR	3	1	0,136	31,034	31,604	0,017	34,314	34,932
PCR	4	0	--	--	--	--	--	--
PLSR	1	2	0,564	13,154	13,396	0,283	17,487	17,804
PLSR	2	1	0,232	12,668	12,901	0,185	13,526	13,774
PLSR	3	1	0,139	30,968	31,537	0,024	34,199	34,816
PLSR	4	0	--	--	--	--	--	--

Legenda: PLSR – *Partial Least Squares Regression*; PCR – *Multiple Linear Regression*;  $R^2_{cal}$  – coeficiente de determinação da calibração; RMSEC – erro quadrático médio de calibração; SEC – erro padrão de calibração;  $R^2_{cv}$  – coeficiente de determinação da validação cruzada; RMSECV – erro quadrático médio de validação cruzada; SECV – erro padrão de validação cruzada.

Em relação a variável carboidrato, o melhor modelo PCR foi da coleta 1, mas apresentando  $R^2_{cv}$  de 0,328 muito abaixo do amido e RMSECV de 16,927 bastante elevada. E

para o modelo PLSR apresentou  $R^2_{cv}$  de 0,283 e RMSECV de 17,487 para a coleta1, onde foi possível observar que as diferentes condições de coletas das variáveis amido e carboidrato, exerce influência na confecção dos modelos dos conjuntos de dados (Tabela 1).

O que determina os melhores modelos são aqueles que apresentam os maiores valores de coeficiente de determinação de validação cruzada ( $R^2_{cv}$ ) seguido de valores baixos de erro quadrático médio de validação cruzada (RMSECV). E no presente estudo, em relação ao amido e carboidrato, o desempenho do modelo desenvolvido foi baixo, semelhante ao trabalho de Souza, (2022), que para a variável carboidrato solúvel obteve  $R^2_{CV}$  de 0,39, sendo encontrado no presente experimento  $R^2_{cv}$  de 0,328. Diferentes de outros estudos, como de De Bei et al. (2017) e de Lohr et al. (2017), que obtiveram respectivamente  $R^2_{cv}$  de 0,86 e 0,83 valores bem melhores. Coeficiente de determinação superior a 0,9 são considerados excelentes, pois explica melhor que a variabilidade dos dados de saída ser explica pela variabilidade das variáveis de entrada (Schober et al., 2018).

Entretanto, apesar dos autores já citados apresentarem melhores desempenhos em razão de obterem melhores modelos com  $R^2_{cv}$  elevado, os mesmos utilizaram pré-tratamento utilizando SNV (Standar Normal Variate Transformation) (Barnes; Dhanoa; Lister, 1989) que proporciona modelos inferiores aos utilizado neste experimento, que foram pré-tratados com OSC. Além disso, foi utilizado um maior número de amostras (578 amostras) que no presente estudo (112 amostras), sendo que, o mesmo ocorreu como o trabalho de Souza, (2022) que obteve resultado parecido com o estudo em questão.

Na Tabela 2, observa-se o desempenho dos modelos PCR e PLSR com todas as coletas juntas com espectro completo (350-2500 nm) e com seleção de comprimento de onda, após a aplicações de técnicas de pré-tratamento.

Tabela 3. Desempenho dos modelos PCR e PLSR para os atributos amido e carboidrato em folhas de mangueira cv. Palmer com espectro completo e seleção de variáveis.

Modelo	Range	Fatores	$R^2_{cal}$	RMSEC	SEC	$R^2_{cv}$	RMSECV	SECV
amido								
PCR	completo	2	0,358	0,050	0,050	0,339	0,051	0,051
PLSR	completo	15	0,963	0,012	0,012	0,479	0,045	0,046
PCR	seleção	1	0,328	0,051	0,051	0,319	0,052	0,052
PLSR	seleção	6	0,683	0,035	0,035	0,498	0,045	0,045
carboidrato								

PCR	completo	1	0,567	26,494	26,613	0,560	26,957	27,078
PLSR	completo	2	0,722	21,236	21,332	0,584	26,198	26,313
PCR	seleção	1	0,567	26,494	26,613	0,560	26,957	27,078
PLSR	seleção	3	0,719	21,364	21,460	0,674	23,201	23,305

Legenda: PLSR – *Partial Least Squares Regression*; PCR – *Multiple Linear Regression*;  $R_{2cal}$  – coeficiente de determinação da calibração; RMSEC – erro quadrático médio de calibração; SEC – erro padrão de calibração;  $R_{2cv}$  – coeficiente de determinação da validação cruzada; RMSECV – erro quadrático médio de validação cruzada; SECV – erro padrão de validação cruzada.

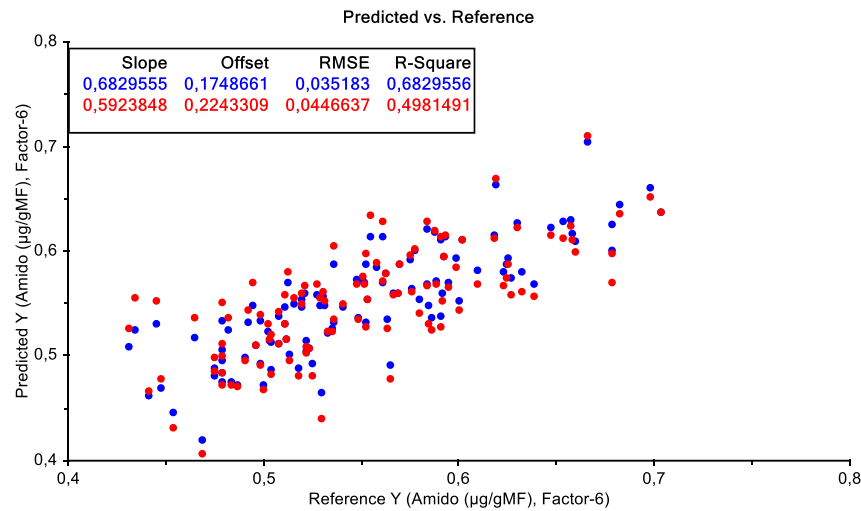
Para o conjunto de dados da variável “amido” o melhor modelo encontrado foi o PLSR-seleção, com  $R_{2cv}$  de 0,498 e RMSECV de 0,045. Já para a variável “carboidrato”, houve um comportamento melhor, com  $R_{2cv}$  de 0,674 e RMSECV de 23,201 também para o modelo PLSR de seleção.

Nota-se que os melhores modelos reconstruídos com seus respectivos pré-tratamentos matemáticos foram aqueles obtidos com espectro de seleção de variável (Tabela 2). Diferente do encontrado por Frey et al. (2020), que obteve  $R_{2cv}$  de 0,56 em modelos PLSR com todos os comprimentos de onda, ou seja, modelos completos, e  $R_{2cv}$  de 0,18 com seleção de variáveis. Segundo Wu et al. 2010 determinados comprimentos de ondas têm pouca ou nenhuma contribuição sobre os modelos desenvolvidos. Entretanto, observa-se que no presente experimento, a seleção de determinado comprimento de onda contribuiu para aquisição de melhores modelos matemáticos. Sendo que, os modelos de variáveis selecionadas, em comparação com os modelos com variável completo, apresentam entradas reduzidas, o que minimiza o tempo de calibração dos modelos (Cao et al., 2010).

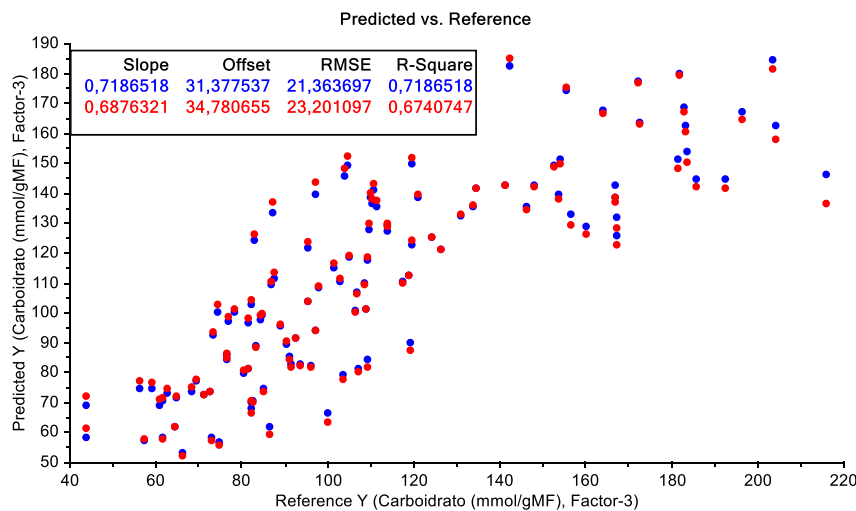
Ademais a seleção de variáveis é uma excelente ferramenta para melhorar o desempenho do modelo, aumentar a precisão das variáveis selecionadas e aumentar a compreensão e interpretação dos modelos obtidos (Yun et al., 2019).

Pode-se notar também a superioridade do modelo PLSR em relação ao PCR, sendo que, o PLSR é o método recomendado para medições de amostras multivariadas, devido a sua capacidade de trabalhar com um grande número de amostras em problema de colinearidade (Genisheva et al., 2018; Paz-Kagan et al, 2020).

Em seguida, segue abaixo na Figura 2, os gráficos de dispersão e validação cruzada dos modelos PLSR que foram confeccionados com as assinaturas espectrais.



(a)



(b)

Figura 2. Gráficos de dispersão dos valores preditos e referência dos atributos amido (a) e carboidrato (b) para folhas de manga cv. Palmer submetidas a diferentes fontes de potássio.

Pode-se notar que os modelos PLSR construídos com as assinaturas espectrais apresentaram baixa correlação tanto para a variável amido ( $R^2=0,68$ ), quanto para o carboidrato ( $R^2=0,71$ ). Contudo essa inferioridade não compromete a atividade de previsão dos atributos de qualidade (Costa et al., 2019).

Os melhores modelos preditivos são obtidos a partir das assinaturas espectrais das bandas espectrais analisadas, com isso é possível determinar os teores de carboidrato e amidos sem que seja necessária a realização de novas análises em laboratório considerando a precisão de cada modelo.

### Método supervisionado de classificação (LDA)

Para poder discriminar as diferentes fontes de potássio utilizado no experimento com o uso de espectroscopia VIS-NIR para as diferentes coletas, foi utilizado o método de classificação supervisionado como mostrada na Tabela 3.

Tabela 4. Desempenho dos modelos LDA para as diferentes fontes de potássio em folhas de mangueira cv. Palmer em diferentes coletas foliares.

Coleta	Exatidão	Sensibilidade	Seletividade	TFP
1	64,286%	64,286%	83,193%	16,807%
2	50,000%	50,00%	76,811%	23,189%
3	60,714%	60,714%	73,476%	26,523%
4	60,714%	60,714%	77,769%	22,230%

Nota-se que, o modelo classificatório utilizado não foi capaz de prever com uma exatidão elevada as diferentes fontes de potássio nas diferentes datas de coleta, sendo que, para a coleta 1 o LDA com distância calculada pelo método linear apresentou maiores taxas de acerto de que as demais coletas, com exatidão de 64,284% (Tabela 3).

## 4.4 CONCLUSÕES

A espectroscopia Vis-NIR apresentou valores baixos para a avaliação não destrutivas de folhas de mangueira “Palmer” utilizando PCR e PLSR para predição de carboidrato e amido com  $R^2$  de 0,582 menor que os modelos considerados excelentes ( $R^2 > 0,90$ ).

O desenvolvimento de modelos de classificação não possibilitou a discriminação das diferentes fontes de potássio em folhas de mangueira “Palmer” com precisão de 64,28%.



#### 4.5 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Estugarda, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2013. Disponível em:<[https://www.lerf.eco.br/img/publicações/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](https://www.lerf.eco.br/img/publicações/Alvares_etal_2014.pdf)>. Acesso em 30 jan. 2022.
- BARNES, R. J.; DHANOA, M. S.; LISTER, S. J. Standard Normal Variate Transformation and De-Trending of Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra. **Appl Spectrosc**, v. 43, n. 5, p. 772–777, jul. 1989. Disponível em:<[journals.sagepub.com/doi/10.1366/0003702894202201](https://doi.org/10.1366/0003702894202201)>. Acesso em: fev. 2022.
- BARRETO, N. S. **Aplicação da técnica de espectroscopia do visível e infravermelho próximo (Vis/NIR) no controle físico-químico da qualidade de vinhos produzidos no Submédio do Vale do São Francisco**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe- UFSE, São Cristovão. 110 p. Disponível em:< [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13899/2/NAIANE\\_SANTOS\\_BARRETO.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13899/2/NAIANE_SANTOS_BARRETO.pdf) >. Acesso em: 24 de fev. 2022.
- Brazilian Horti & Fruti Yearbook, 2021. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 104 p.
- CAO, F.; WU, D.; HE, Y. Soluble solids content and Ph prediction and varieties discrimination of grapes based on visible-near infrared spectroscopy. **Comput. Electron. Agric**, v. 71, abril. 2010. Disponível em:< <https://www.researchgate.net/publication/236971501>>. Acesso em: 10 de abr. 2022.
- CAVALCANTE, Í. H. L. SANTOS, G. N. F. DOS; SILVA, M. A. DA; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; ARAUJO E AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018. Disponível em:< <https://ojs.openagrar.de/index.php/JABFQ/article/view/9647>>. Acesso em: 24 abr. 2022.
- COOMBE, B. G. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 1, p. 100-110, jul. 1995. Disponível em:< <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>>. Acesso em: 14 de abr. 2022.
- COSTA, D. S.; MESA, N. F. O.; FREIRE, M. S.; RAMOS, R. P.; MEDEIROS, B. J. T. Development of predictive models for quality and maturation stage attributes of wine grapes using vis-nir reflectance spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 150, p. 166-178, abr. 2019. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521418305593>>. Acesso em: 10 de mai. 2022.
- CURRAN, P. J. Remote sensing of foliar chemistry. **Remote Sensing of Environment**, v. 30, n. 3, p. 271–278, 1 dez. 1989. Disponível em:<

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034425789900692>>. Acesso em: 14 de mai. 2022.

DAS, B. SAHOO R. N.; PARGAL S.; KRISHNA G.; VERMA R.; CHINNUSAMY V.; SEHGAL V. K.; GUPTA V. K.; TRAÇO S. K.; SWAIN P. et al. Quantitative monitoring of sucrose, reducing sugar and total sugar dynamics for phenotyping of water-deficit stress tolerance in rice through spectroscopy and chemometrics. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 192, p. 41–51, mar. 2018. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142517308831>>. Acesso em: 11 de mar. 2022.

Davenport, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 363–376, dez. 2007. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/M3wyHvkcRMyrBrkTrzvzjyz/?lang=en>>. Acesso em: 11 de mar. 2022.

DE BEI, R.; FUENTES, S.; SULLIVAN, W.; EDWARDS, E. J.; COZZOLINO, D. Rapid measurement of total non-structural carbohydrate concentration in grapevine trunk and leaf tissues using near infrared spectroscopy. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 136, p. 176–183, abr. 2017. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169916304690>>. Acesso em: 10 de mar. 2022.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, n. 3, p. 350-356, mar. 1956. Disponível em:< <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ac60111a017>>. Acesso em: 01 de jan. 2022.

FREY, L. A.; BAUMANN, P.; AASEN, H.; STUDER, B.; KOLLIKER, R. A Non-destructive Method to Quantify Leaf Starch Content in Red Clover. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, out. 2020. Disponível em:< <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.569948/full>>. Acesso em: 11 de jan. 2022.

GELADI, P; KOWALSKI, B. R. Partial least-squares regression: a tutorial. **Anal. Chimica Acta**, v. 185, p. 1-17, 1986. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003267086800289>>. Acesso em: 09 de jan. 2022.

GENISHEVA, Z.; QUINTELAS, C.; MESQUITA, D. P.; FERREIRA, E. C.; OLIVEIRA, J. M.; AMARAL, A. L. New PLS analysis approach to wine volatile compounds characterization by near infrared spectroscopy (NIR). **Food Chemistry**, v. 246, p. 172–178, 25 abr. 2018. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617318162>>. Acesso em: 07 de jan. 2022.

GOULD, K.; JAY-ALLEMAND, C.; LOGAN, B. A.; BAISSAC, Y.; BIDEL, L. P. R. When are foliar anthocyanins useful to plants? Re-evaluation of the photoprotection hypothesis using *Arabidopsis thaliana* mutants that differ in anthocyanin accumulation. **Environmental and Experimental Botany**, v. 154, 1 mar. 2018. Disponível

em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009884721830248X>>. Acesso em: 13 de mar. 2022.

LOHR, D.; TILLMANN, P.; DRUEGE, U.; ZERCHE, S.; RATH, T.; MEINKEN, E. Non-destructive determination of carbohydrate reserves in leaves of ornamental cuttings by near-infrared spectroscopy (NIRS) as a key indicator for quality assessments. **Biosystems Engineering**, v. 158, p. 51–63, jun. 2017. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511017300727>>. Acesso em: 19 de mai. 2022.

MARTENS, H.; MARTENS, M. Modified Jack-knife estimation of parameter uncertainty in bilinear modelling by partial least squares regression (PLSR). **Food Quality and Preference**, v. 11, n. 1, p. 5–16, 1 jan. 2000. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329399000397>>. Acesso em: 20 de mai. 2022.

Nakajima, S.; SHIRAGA, K.; SUZUKI, T.; KONDO, N.; OGAWA, Y. Quantification of starch content in germinating mung bean seedlings by terahertz spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 294, p. 203–208, out. 2019. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619308581>>. Acesso em: 21 de mai. 2022.

NEVES, L.; MORAES, D. M. Vigour And A-Amylase Analisis In Seeds Of Rice Cultivars Submitted To Several Treatments With Acetic Acid. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, n. Lages, v. 4, n 1, p. 35–43, 2005. Disponível em:<<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2006003331>>. Acesso em: 25 de mai. 2022.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3a edição ed. São Paulo: Blucher, 2010.

Oliveira, G. P.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; SALOMÃO, L. C. C. Teores de carboidratos em mangueira “Ubá” submetida a diferentes doses de paclobutrazol. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 749–756, jan. 2018. Disponível em:<<https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16738>>. Acesso em: 01 de jan. 2022.

Oliveira, M. B.; FIGUEIREDO, M. G. F.; PEREIRA, M. C. T.; MOUCO, M. A. do C.; RIBEIRO, L. M.; SIMÕES, M. O. M. Structural and cytological aspects of mango floral induction using paclobutrazol. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 1, 29 nov. 2019. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1115619/>>. Acesso em: 25 de jan. 2022.

Oliveira, N.; TININI, R.; COSTA, D. S.; RAMOS, R.; WETTERICH, C.; TERUEL, B. Predictive models of chlorophyll content in sugarcane seedlings using spectral images. **Engenharia Agrícola**, v. 41, p. 475–484, 15 set. 2021. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/eagri/a/yGF7hFcxBnS8844gTGMQGgM/>>. Acesso em: 15 de fev. 2022.

PAZ-KAGAN, T.; SHMILOVITCH, Z.; YERMIYAHU, U.; RAPAPORT, T.; SPERLING, O. Assessing the nitrogen status of almond trees by visible-to-shortwave infrared reflectance spectroscopy of carbohydrates. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 178, p.

105755, nov. 2020. Disponível

em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169920307535>>. Acesso em: 11 de mar. 2022.

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. In: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São José dos Campos: [s.n.].

SCHOBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. **Anesthesia & Analgesia**, v. 126, p. 1763-1768, mai. 2018. Disponível em:<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29481436/>>. Acesso em: 14 de fev. 2022.

Siesler, H. W. et al. Near- Infrared Spectroscopy. Principles, Instruments, Applications, Wiley – VCH, 2002

Souza, M. D. de. **Determinação de compostos bioquímicos em folhas de mangueira e maracujazeiro amarelo com uso da espectroscopia Vis-NIR**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF, Juazeiro. 119 p. Disponível em:<<https://portais.univasf.edu.br/ppgea/pesquisa/publicacoes-1/dissertacoes>>. Acesso em: 01 de jan. 2022.

WU, D.; CHEN, J.; LU, B.; XIONG, L.; HE, Y.; ZHANG, Y. Application of near infrared spectroscopy for the rapid determination of antioxidant activity of bamboo leaf extract. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p. 2147–2156, 15 dez. 2012. Disponível em:<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22980783/>>. Acesso em: 14 de mar. 2022.

YENDREK, C. R.; TOMAZ, T.; MONTES, C. M.; CAO, Y.; MORSE, A. M. BROWN, P. J.; MCLNTYRE, L. M; LEAKEY, A. D. B.; AINSWORTH, E. A. High-Throughput Phenotyping of Maize Leaf Physiological and Biochemical Traits Using Hyperspectral Reflectance. **Plant Physiology**, v. 173, n. 1, p. 614–626, jan. 2017. Disponível em:<<https://academic.oup.com/plphys/article/173/1/614/6116016>>. Acesso em: 11 de fev. 2022.

YUN, Y.-H.; BIN, J.; LIU, D.; XU, L.; YAN, T.; CAO, D.; XU, Q. A hybrid variable selection strategy based on continuous shrinkage of variable space in multivariate calibration. **Analytica Chimica Acta**, v. 1058, p. 58–69, 13 jun. 2019. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267019300765>>. Acesso em: 15 de mar. 2022.

### CAPÍTULO III – ÍNDICES FISIOLÓGICOS E CLOROFILA EM MANGUEIRA “PALMER” SUBMETIDA Á FONTES DE POTÁSSIO

#### ABSTRACT

Grown in different regions of Brazil, mango is of great importance at the national level. The region that has stood out the most is the Northeast region, presenting high yield and production, due to the use of technologies that aim to improve the production system. However, mango cultivation is directly related to physiological factors such as photosynthesis, stomatal conductance and chlorophyll. Since the physiological factors are related to the nutritional balance of the plant, among the nutrients, potassium (K) can be highlighted, which despite not being a structural element for the plant, stimulates or is part of several physiological processes in the plant. Therefore, an experiment was carried out in order to evaluate, in the vegetative period of 'Palmer' mango, the application of different sources of K to accelerate the maturation stage of the mango branches and verify its influence on the physiological indices and chlorophyll. The treatments consisted of the evaluation of three ripeners and a control, which were applied directly to the branches and leaves of the “Palmer” mango tree, as follows: T1 – Control; T2- Foliar spraying with 2.5% potassium chloride (KCl); T3 – Foliar spraying with potassium sulfate ( $K_2SO_4$ ) at 2.5%; T4 – Foliar spray with commercial product (SpeedFol® mango induction). The variables analyzed were: chlorophyll A (Chla), B (Chlb) and Total (Chlt) indices; Internal concentration of  $CO_2$  (Ci); Stomatal conductance (gs); transpiration rate (E); Net photosynthesis (A); Instantaneous Carboxylation Efficiency (EiC) and Water Use Efficiency (USA). After collecting and analyzing the data, the following conclusion was reached: In the vegetative period of the “Palmer” mango tree, in relation to the different evaluation dates, there was no influence between the sources of potassium; The use of T4 treatment (SpeedFol® mango induction) can provide a greater increment of chlorophyll A, B and Total than KCl and  $K_2SO_4$ .

**Keywords:** potassium fertilization, plant physiology, mango

## RESUMO

Cultivada em diferentes regiões do Brasil, a mangueira apresenta grande importância a nível nacional. A região que mais tem se destacado é a região Nordeste, apresentando alto rendimento e produção, devido ao uso de tecnologias que visam melhorar o sistema produtiva. Entretanto, o cultivo da mangueira está diretamente relacionado a fatores fisiológicos como: fotossíntese, condutância estomática e clorofila. Sendo que, os fatores fisiológicos estão relacionados ao equilíbrio nutricional da planta, entre os nutrientes pode-se destacar o potássio (K), que apesar de não ser um elemento estrutural para a planta estimula ou faz partes de diversos processos fisiológicos no vegetal. Diante disso, foi realizado um experimento com a finalidade de avaliar, no período vegetativo da mangueira ‘Palmer’, a aplicação de diferentes fontes de K para acelerar o estágio de maturação dos ramos da mangueira e verificar sua influência sobre os índices fisiológicos e clorofila. Os tratamentos consistiam na avaliação de três maturadores e uma testemunha, que foram aplicados via foliar diretamente nos ramos e folhas da mangueira “Palmer”, sendo: T1 – Testemunha; T2- Pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl) a 2,5%; T3 – Pulverização foliar com sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a 2,5%; T4 – Pulverização foliar com produto comercial (SpeedFol® manga indução). As variáveis analisadas foram: índices de clorofila A (Chla), B (Chlb) e Total (Chlt); Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci); Condutância estomática (gs); Taxa transpiratória (E); Fotossíntese líquida (A); Eficiência instantânea da carboxilação (EiC) e Eficiência no uso da água (EUA). Após a coletas e análises dos dados chegou-se a seguinte conclusão: No período vegetativo da mangueira “Palmer”, em relação as diferentes datas de avaliação, não houve influência entre as fontes de potássio. O uso do tratamento T4 (SpeedFol® manga indução) pode proporcionar maior incremento de clorofila A, B e Total que o KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Palavras-chave:** Adubação potássica. Fisiologia vegetal. Manga

### 3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking dos maiores produtores de frutas do mundo, apresentando área plantada de 67,328 hectares e uma produção de 1.414.338 toneladas, mesmo assim, apresenta um baixo potencial do mercado global de frutas, estando atrás de países como Equador, Espanha, Estados Unidos, México e Costa Rica (IBGE, 2019). Especificamente, em relação ao mercado de frutas de manga, países como México, Tailândia e Peru são os maiores concorrentes no mercado mundial (Vidal, 2020). Apesar da exportação de frutas pelo Brasil ser inexpressiva, a projeção da exportação e produção de frutos de mangueira tem se destacado, tendo como principais mercados os Países da União Europeia e Países Baixos (Gazzola, 2020).

Por ser uma cultura de importância nacional, a mangueira tem sido cultivada em diferentes regiões do Brasil. A região Nordeste tem se destacado, por apresentar um alto rendimento em relação à produção e exportação da fruta, devido ao uso tecnológico da irrigação e manejo nutricional da cultura (Ferreira & Vieira Filho, 2021).

Entretanto, como o cultivo de qualquer espécie vegetal está condicionado a fatores ambientais: precipitação, radiação solar, temperatura, umidade relativa e a fatores fisiológicos: fotossíntese, condutância estomática, clorofila, além de outro, essas condições se não forem favoráveis ao bom desenvolvimento e crescimento da cultura da mangueira pode acarretar um baixo rendimento na produção dos frutos (Carvalho et al., 2009).

Os fatores fisiológicos, além de serem influenciados pelo fornecimento de água e radiação solar, são diretamente influenciados pela nutrição vegetal. E para a mangueira não é diferente, pois o desequilíbrio nutricional na planta tem impacto direto no crescimento e produção. (Carvalho et al., 2020). Assim sendo, o correto equilíbrio nutricional é importante para a mangueira, principalmente na fase que antecede a produção, a fase de formação do pomar, pois é nessa fase que é definida a arquitetura da planta, a qual irá influenciar na fase reprodutiva. A fase de formação, que pode levar mais de dois anos, necessita de um bom fornecimento de nutrientes, pois a mangueira cresce em função da emissão de fluxos vegetativos, e o fornecimento de nutrientes, principalmente aqueles relacionados a maturação dos ramos da planta, como o íon potássio (K), poderá acelerar essa fase e antecipar o período reprodutivo (Cavalcante et al., 2018).

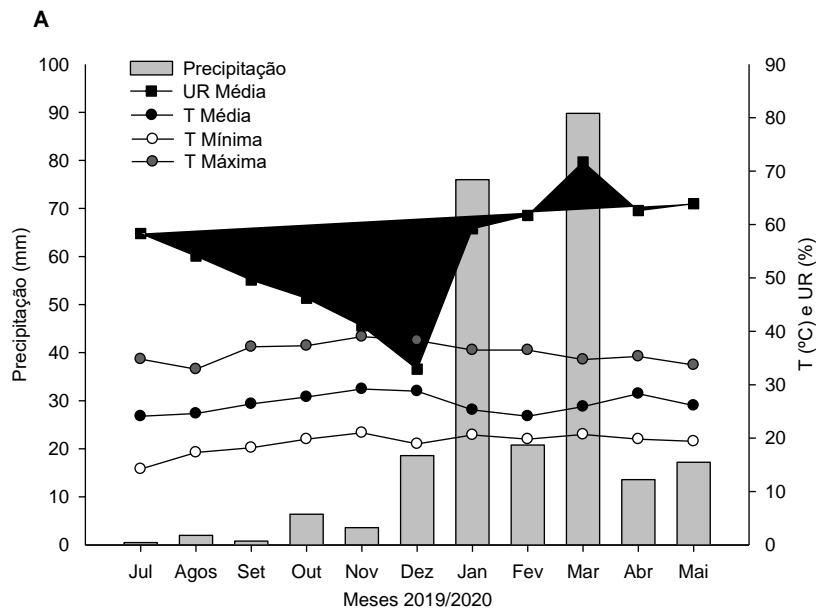
Diante do que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar, no período vegetativo da mangueira ‘Palmer’, os índices fisiológicos da cultura sob a aplicação de diferentes fontes

de potássio, com o intuito de acelerar a maturação dos ramos para diminuir o período do ciclo vegetativo.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre os anos de 2019 a 2020 na fazenda experimental da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, localizada na região do submédio do Vale do São Francisco em Petrolina-PE (latitude 09°19'28" S, longitude 40°33'34" W e altitude média de 383 m).

O clima do local é tropical semiárido seco e quente na parte norte e semiárido quente estépico na parte sul, com temperatura média anual que varia entre 24 e 28 °C, umidade relativa de 56,7% e precipitação média anual de 560 mm distribuídos em quatro a cinco meses durante o ano (INEP, 2020). O solo do local é classificado como Argissolo Amarelo eutrófico típico (SILVA et al., 2017). No período de condução do experimento, os dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar foram registrados pela estação meteorológica automática instalada no Campus de Ciências Agrárias da UNIVASF (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar registrada durante a condução do experimento. Petrolina-PE, 2019-2020.



Realizou-se um experimento em um pomar com a cultivar de mangueira cv. ‘Palmer’, na fase de formação, com cerca de um ano e meio de idade e espaçamento de 5 metros entre linhas e 2 metros entre plantas. A irrigação da cultura foi realizada por microaspersão, com emissores instalados a 0,5 metros do caule operando a uma vazão de 42 L h<sup>-1</sup>. O manejo da adubação realizou-se por meio de fertirrigação e baseou-se na análise de solo e na demanda da cultura. Tratos culturais como manejo de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, podas e uso de reguladores foram realizados de acordo com métodos propostos por Embrapa (2004).

O delineamento experimental utilizado para a realização do experimento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 4, com quatro tratamentos, setes blocos e três plantas por parcela, totalizando 84 plantas úteis no experimento. O primeiro fator que constitui de três diferentes fontes de potássio (K) mais a testemunha que foram aplicados via foliar diretamente nos ramos e folhas da mangueira “Palmer”, sendo: T1 – Testemunha; T2- Pulverização foliar com cloreto de potássio (KCl) a 2,5%; T3 – Pulverização foliar com sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a 2,5% (a porcentagem de 2,5% foi determinada segundo a recomendação de Albuquerque et al., (2002); T4 – Pulverização foliar com produto comercial (SpeedFol® manga indução), seguindo a recomendação do fabricante.

As aplicações dos tratamentos tiveram início na data de 01 de julho de 2019, sendo realizado oito aplicações dos tratamentos aos 14 e 7 dias antes de cada poda de formação. Foi realizada quatro podas de formação no período de 360 dias de condução do experimento. O tempo entre cada poda de formação variou em cerca de três a cinco meses.

O segundo fator analisado foi o dia após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA), que constitui do período no qual foram realizadas as análises aos 15, 100, 220 e 360, onde foram feitas as leituras de clorofila e trocas gasosas. Ainda no campo, antes de serem coletadas para análise nutricional, as folhas diagnósticas da mangueira “Palmer” foram analisadas quanto aos índices de clorofila foliar *a*, *b* e total, com auxílio de clorofilômetro eletrônico (clorofiLOG - Falker®, Brasil). Em cada planta foram analisadas três folhas, e em cada folha efetuou-se três leituras (base, mediana e ápice da folha), entre 09 e 11 horas da manhã, conforme recomendações de El-Hendawy et al. (2005).

Para a quantificação das trocas gasosas, foram selecionadas folhas saudáveis totalmente expandidas do último fluxo, localizadas na terço mediano da copa, sempre do lado nascente do sol e que estivessem completamente expostas à radiação solar. Procedeu-se a execução das leituras com o auxílio de um analisador de gás carbônico a infravermelho IRGA, modelo LCI

Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), com irradiação de 1500  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e fluxo de ar de  $300 \text{ ml min}^{-1}$ . As vari\u00e1veis avaliadas foram: fotoss\u00edntese l\u00edquida (A – expressa em  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentra\u00e7\u00e3o interna de  $\text{CO}_2$  ( $\text{Ci}$  –  $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condut\u00e2ncia estom\u00e1tica ( $\text{gs}$  –  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa transpirat\u00f3ria (E –  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), e estimada a efici\u00eancia no uso de \u00e1gua ( $\text{EUA} = \text{A/E}$ ) expressa em  $(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ .

Os dados foram submetidos \u00e0 an\u00e1lise de vari\u00e2ncia para avalia\u00e7\u00e3o dos efeitos significativos pelo teste “F”, e os tratamentos comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade usando os softwares ASSISTAT, e para confec\u00e7\u00e3o dos gr\u00e1ficos o programa SIGMAPLOT.

### 3.3 RESULTADO E DISCUSS\u00c3O

Nas condi\u00e7\u00f5es clim\u00e1ticas do presente estudo e sob o est\u00e1gio de desenvolvimento da mangueira “Palmer”, observa-se que houve intera\u00e7\u00e3o significativa entre os fatores: “aduba\u00e7\u00e3o pot\u00e1ssica X dias de aplica\u00e7\u00e3o dos tratamentos” para as seguintes vari\u00e1veis: Clorofila A (Chla), clorofila B (Chlb), clorofila Total (Chlt), condut\u00e2ncia estom\u00e1tica ( $\text{gs}$ ), concentra\u00e7\u00e3o interna de  $\text{CO}_2$  ( $\text{Ci}$ ) e taxa transpirat\u00f3ria (E), as demais vari\u00e1veis n\u00e3o houve intera\u00e7\u00e3o entre os fatores (Tabela 1).

**Tabela 1.** S\u00edntese da an\u00e1lise de vari\u00e2ncia pelo teste F para os \u00edndices de Clorofila A (Chla), B (Chlb), Total (Chlt), Fotoss\u00edntese l\u00edquida (A), Concentra\u00e7\u00e3o interna de  $\text{CO}_2$  ( $\text{Ci}$ ), Condut\u00e2ncia estom\u00e1tica ( $\text{gs}$ ), Taxa transpirat\u00f3ria (E), Efici\u00eancia instant\u00e2nea da carboxila\u00e7\u00e3o ( $\text{EiC}$ ) e a Efici\u00eancia no uso de \u00e1gua (EUA) da mangueira “Palmer” no semi\u00e1rido.

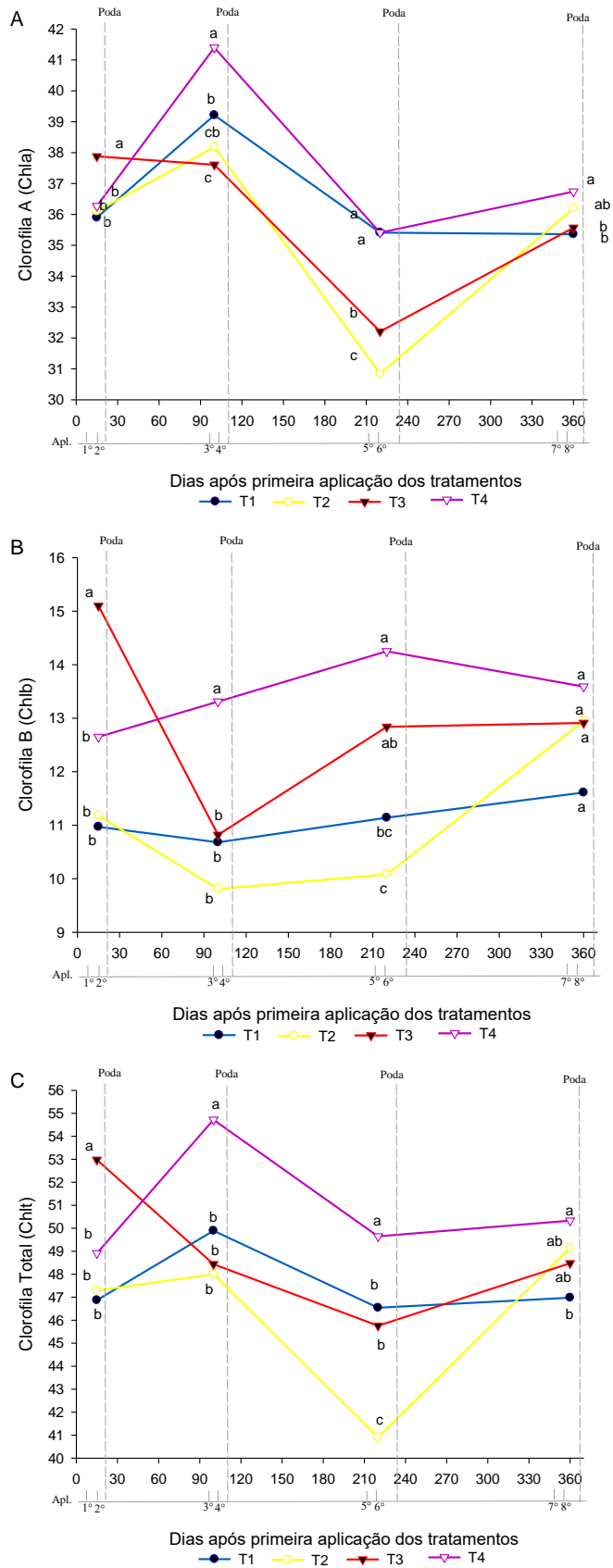
FV	Clor-A	Clor-B	Clor-T	(A)	gs	Ci	E	EiC	EUA
K (Valor “F”)	32,19**	20,87**	24,45**	0,85 <sup>ns</sup>	1,649 <sup>ns</sup>	27,817**	1,593 <sup>ns</sup>	1,73 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
T1	36,47 <sup>b</sup>	11,10 <sup>b</sup>	47,57 <sup>bc</sup>	14,82 <sup>a</sup>	0,097 <sup>a</sup>	159,97 <sup>c</sup>	3,044 <sup>a</sup>	0,092 <sup>a</sup>	5,437 <sup>a</sup>
T2	35,33 <sup>c</sup>	11,01 <sup>b</sup>	46,34 <sup>c</sup>	12,61 <sup>a</sup>	0,099 <sup>a</sup>	174,11 <sup>ab</sup>	3,200 <sup>a</sup>	0,072 <sup>a</sup>	4,155 <sup>a</sup>
T3	35,99 <sup>b</sup>	12,92 <sup>a</sup>	48,91 <sup>b</sup>	11,58 <sup>a</sup>	0,104 <sup>a</sup>	179,04 <sup>a</sup>	3,200 <sup>a</sup>	0,067 <sup>a</sup>	3,764 <sup>a</sup>
T4	37,46 <sup>a</sup>	13,45 <sup>a</sup>	50,90 <sup>a</sup>	12,18 <sup>a</sup>	0,108 <sup>a</sup>	170,91 <sup>b</sup>	2,979 <sup>a</sup>	0,072 <sup>a</sup>	4,240 <sup>a</sup>
DMS	0,58	1,01	1,43	5,65	0,01	5,67	0,32	0,03	2,67
Dias (Valor “F”)	202,1**	6,54**	24,7**	0,31 <sup>ns</sup>	18,17**	185,19**	65,65**	0,84 <sup>ns</sup>	2,44 <sup>ns</sup>
15	36,54 <sup>b</sup>	12,47 <sup>a</sup>	49,01 <sup>ab</sup>	12,80 <sup>a</sup>	0,11 <sup>ab</sup>	187,3 <sup>a</sup>	3,35 <sup>b</sup>	0,06 <sup>a</sup>	3,93 <sup>a</sup>
100	39,11 <sup>a</sup>	11,16 <sup>b</sup>	50,27 <sup>a</sup>	13,60 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	180,9 <sup>b</sup>	3,97 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	3,43 <sup>a</sup>
220	33,64 <sup>c</sup>	12,08 <sup>ab</sup>	45,71 <sup>c</sup>	13,19 <sup>a</sup>	0,09 <sup>bc</sup>	175,2 <sup>c</sup>	2,31 <sup>d</sup>	0,07 <sup>a</sup>	6,02 <sup>a</sup>
360	35,97 <sup>b</sup>	12,77 <sup>a</sup>	48,74 <sup>b</sup>	11,61 <sup>a</sup>	0,08 <sup>c</sup>	140,6 <sup>d</sup>	2,78 <sup>c</sup>	0,08 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a</sup>

K x Dias	19,05**	4,14**	9,41**	0,93 <sup>ns</sup>	2,889**	43,911**	9,465**	0,68 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>
CV %	2,30	11,93	4,24	63,08	19,45	4,74	15,11	58,51	86,77

\*\*significativo a  $P < 0,01$ ; \*significativo a  $P < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas são semelhantes entre si. DMS: diferença mínima significativa, CV: Coeficiente de variação.

Em relação a Chla, Chlb e Chlt, conforme se verifica na análise de variância (Tabela 1), houve efeito isolado dessas variáveis para os fatores: adubação potássica (K) e dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA), além da interação desses fatores. Ao analisar a Chla, Chlb e Chlt (Tabela 1), observa-se que o tratamento T4 (SpeedFol® manga indução), foi superior aos demais tratamentos, com média de 37,46; 13,45 e 50,90 de índice de clorofila foliar – ICF, respectivamente. A clorofila nos vegetais é um importante componente responsável pela absorção de energia para os centros de reações, local este que ocorrem as reações fotoquímicas de oxidação (fotólise da água) e redução (formação de NADPH) (Taiz et al., 2017). Segundo Song et al. (2020), teores elevados de clorofila A, é de extrema importância pela função que essa molécula desempenha nos cloroplastos. Portanto, baixos níveis de clorofila, principalmente a Chla, pode limitar o desenvolvimento da planta, pela redução da transferência de energia para os centros de reações, o que irá impactar diretamente na atividade fotossintética do vegetal.

Ainda em relação às variáveis Chla, Chlb e Chlt levando em consideração a interação dos fatores estudados, observa-se que aos 15 dias após a aplicação do primeiro tratamento - DAPA, o tratamento T3 (sulfato de potássio -  $K_2SO_4$ ) foi superior aos demais tratamentos, mas não se manteve constante aos 100, 220 e 360 DAPA (Figura 2 A, B e C).



**Figura 2.** Índices de clorofila A (Chla) (A), B (Chlb) (B) e Total (Chlt) (C) da mangueira “Palmer” submetida a diferentes fontes de fertilizantes potássicos

Entretanto, aos 100, 220 e 360 DAPA, o T4 manteve médias superiores aos tratamentos T1, T2 e T3 para Chla, Chlb e Chlt (Figura 2 A, B e C). O  $K_2SO_4$  é um fertilizante bastante utilizado na região do Vale do São Francisco para maturação da mangueira e apresenta respostas favoráveis como maturador dos ramos da mangueira, principalmente em condições ambientais adversas, com altas temperaturas e radiação, como no caso do presente experimento (Mendonça et al., 2007; Paula et al., 2009).

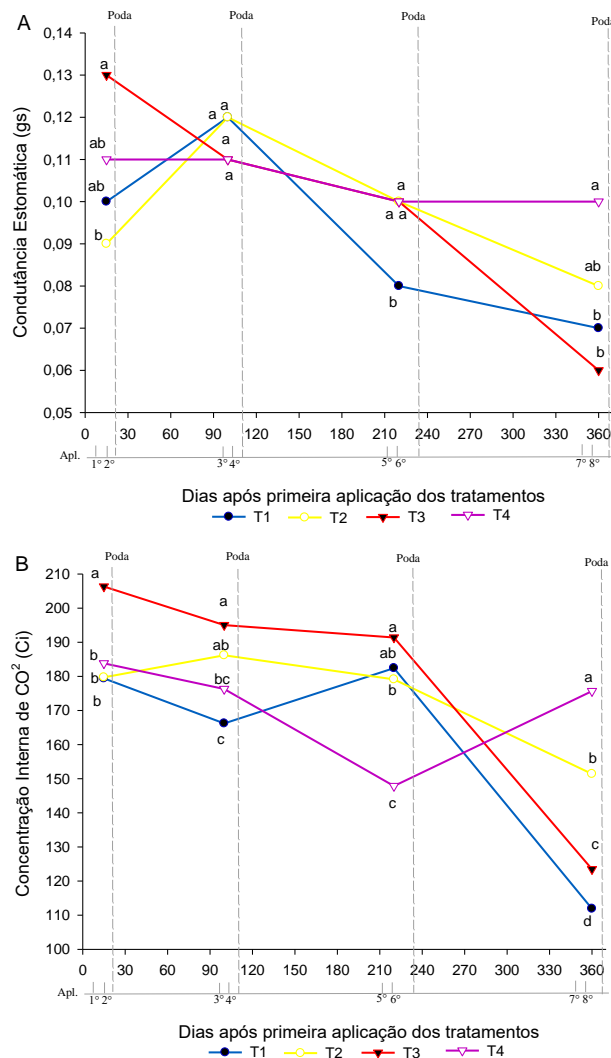
Aos 220 DAPA observa-se redução nos índices de Chla, Chlt e redução aos 100 DAPA para Chlb (Tabela 1) (Figura 2 A, B e C), sendo que, para a Chlb e Chlt o tratamento T4 apresentou os melhores índices, com média de 22% e 6% acima da testemunha e o tratamento T3 respectivamente. O índice baixo de clorofila encontrados nessas datas está relacionado a fatores climáticos, pois nesse período que correlacionou com os meses de janeiro a março de 2020 ocorreu precipitações de até 90 mm e alta umidade relativa (Figura 1) que, consequentemente, influenciou negativamente na maturação dos ramos e crescimento vegetativo da planta, pois fatores climáticos tem influência direta no desenvolvimento da cultura da mangueira (Dambreville et al., 2013).

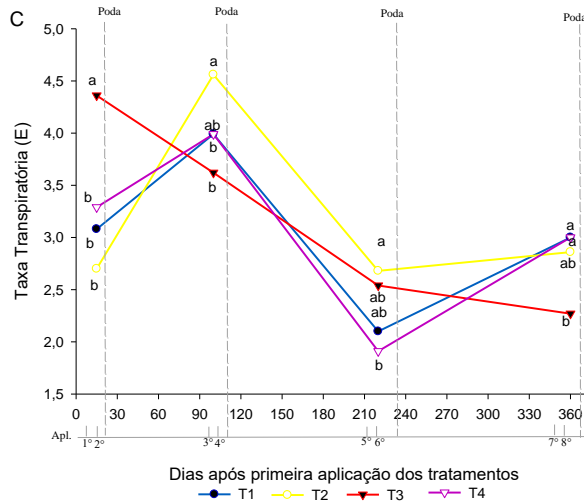
Para os 100 DAPA, ocorreu elevação do índice de Chla e Chlt (Tabela 1) (Figura 2 A e C), e aos 220 DAPA Chlb (Figura 2 B). Nessa data, o tratamento T4 foi superior aos demais tratamentos. Ressalta-se que o tratamento T4 (SpeedFol® manga indução), é uma formulação desenvolvida especificamente para atender a demanda nutricional da cultura da mangueira, o que contribui para a maturação dos ramos da mangueira, apresentando uma formulação balanceada com alta concentração de potássio (K), em equilíbrio com fontes de nitrogênio nítrico e macronutrientes secundário como: fósforo (P), enxofre (S) e magnésio (Mg) e micronutrientes como boro (B) e zinco (Zn), com índice salino de 101% e condutividade elétrica de 1,2 mS, diferentes dos tratamentos T2 (KCl) e T3 ( $K_2SO_4$ ) que são formulações mais simples, onde o KCl apresenta índice salino de 116 e o  $K_2SO_4$  apresenta índice de 46 (Nogueira et al., 2001).

Aos 360 DAPA, observa-se uma estabilização dos tratamentos em estudo, sendo que para a Chla o tratamento T4 apresentado média superior aos T1 e T3, mas com valor próximo ao T2 (Figura 2 A). Ademais, para Chlb não houve diferença entre os tratamentos (Figura 2 B), sendo que, para Chlt novamente o T4 foi superior aos demais, com média 17% maior que a testemunha T1. Portanto, durante todo o ciclo de aplicação do tratamento T4, este pode manter uma maior estabilização da Chla, Chlb e Chlt (Tabela 1) (Figura 2 A, B e C).

## Índice Fisiológicos

Para a variável fisiológica condutância estomática (gs) observa-se que os fertilizantes a base de K, no geral, obteve médias semelhante, principalmente em relação ao efeito individual do fator K (Tabela 1). Aos 15, 100 e 220 DAPA, verificou-se um comportamento semelhante para todos os tratamentos, que obtiveram maiores valores de gs nesses primeiros períodos de crescimento vegetativo e maturação dos ramos, sendo o tratamento T3 superior aos demais aos 15 DAPA, mas se igualando aos outros tratamentos aos 100 e 220 DAPA (Figura A).





**Figura 3.** Condutância Estomática (gs) (A), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (B) e Taxa transpiratória (E) (C) da mangueira “Palmer” submetida a diferentes fontes de potássio.

Aos 300 DAPA ocorreu a diminuição da gs para todos os tratamentos em relação a data de avaliação anterior, registrando maior média para o tratamento T4 com média de 0,10 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> que foi o tratamento que se manteve com pouca oscilação durante as datas de avaliação (Figura 3 A). A diminuição da gs, pode ter ocorrido em função de temperaturas elevadas, o que provoca a diminuição do fluxo normal de CO<sub>2</sub> em direção ao sítio de carboxilação, que é um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese (Tabela 1) e aumento da fotorrespiração (Chen et al., 2016). Segundo Landsberg (1986), os principais fatores que causam variação na condutância estomática são umidade do solo, umidade do ar e a luz.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) para relação adubação potássica (K) e dias após primeira aplicação dos tratamentos (DAPA) apresentou comportamento das médias dos tratamentos parecido à condutância estomática, já que são variáveis que estão relacionadas (Figura 3 A e B). Ressalta-se que o tratamento T3 aos 15, 100 e 220 DAPA, apresentou maior incremento de Ci em relação aos outros tratamentos, com média superior a testemunha em 13%, 14% e 22%, respectivamente (Figura 3 B). Mas aos 360 DAPA o T3 foi superado ao T4, que diferiu em mais de 29% do T3 e foi superior a testemunha em 36% (Figura 3 B).

Na data de avaliação aos 360 DAPA que correspondeu ao mês de maio de 2020, o clima da região em estudo, não se apresentou favorável para o crescimento e maturação dos ramos da mangueira, sendo que, o uso dos fertilizantes como maturadores vegetais foi de extrema importância nessa fase, onde pode-se observar que o tratamento que se mostrou mais promissor nessa fase foi o T4 (Figura 3 B). O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o componente primordial para o processo fotossintético na planta, sua concentração tem efeito direto na taxa fotossintética,

que conforme esse gás se eleva na atmosfera afeta o desenvolvimento das plantas (Taiz et al., 2017).

Em relação a variável transpiração (E), aos 15 DAPA o tratamento T3 apresentou superioridade em relação ao demais, com média de 4,37 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, valor maior que o testemunha em 29% (Figura 3 C). Mas aos 100 DAPA o tratamento T2 apresentou maior incremento da transpiração com média de 4,56 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> superior à testemunha T1 em apenas 12%. Nas datas de 220 e 360 DAPA, observa-se um decréscimo considerável da transpiração ficando abaixo de 3 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Apesar das médias dos tratamentos com fertilizantes potássico não ter diferenciado tanto da testemunha aos 220 e 360 DAPA, no geral a média transpiratória foi superior a trabalhos como de Farias et al. (2016) estudando a mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido onde obtiveram intervalo de transpiração entre 1,23 e 2,87 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> e Mudo et al. (2020) onde esses obtiveram intervalo de transpiração entre 0,5 e 4 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Sendo que no presente estudo o intervalo transpiratório foi de 1,91 a 4,56 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>.

### 3.4 CONCLUSÃO

No período vegetativo da mangueira “Palmer”, em relação as diferentes datas de avaliação, não houve influência entre as fontes de potássio.

O uso do tratamento T4 (SpeedFol® manga indução) pode proporcionar maior incremento de clorofila A, B e Total que o KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



### 3.5 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. C. Indução floral. In: GENU, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 260-276.
- CARVALHO, C. A. de L., et al. Tópicos em Ciências Agrárias. In: CASTRO NETO, M. T & MENEZES, A. C. P. **Ecofisiologia e floração da mangueira e crescimento do fruto de manga**. Cruz das Almas: EdUFRB, 2009. p. 93-103.
- CARVALHO, C. I. F. S.; LIMA, A. M. N.; LOBO, J. T.; MUDO, L. E. D.; SANTOS, A. S. Estenoespermocarpia em frutos de mangueira e a relação com a nutrição de boro. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.3. p. 58-67, jul. 2020. Disponível em <<https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/61>>. Acesso em 27 Maio. 2021.
- CAVALCANTE, Í. H. L. et al. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Hannover, v.91, p. 281-286, jul, 2018. Disponível em:< <https://ojs.openagrar.de/index.php/JABFQ/article/view/9647>>. Acesso em : 01 jun. 2021.
- CHEN, D.; WANG, S.; CAO B.; CAO, D.; LENG, G.; LI, H.; YIN, L.; SHAN, L.; DENG, X. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. **Frontiers in Plant Science**, Estados Unidos, v. 6, p. 1-15, jan, 2016. Disponível em:<<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.01241/full>>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- DAMBREVILLE A, LAURI PÉ, TROTTIER C, GUÉDON Y, NORMAND F. Deciphering structural and temporal interplays during the architectural development of mango trees. **Journal of Experimental Botany** Reino Unido, v. 64, p. 2467–2480, mai, 2013. Disponível em:<<https://academic.oup.com/jxb/article/64/8/2467/645888>>. Acesso em 16 ago. 2021.
- EI-HENDAWY, S. E; HU, Y.; SCHIMIDHALTER, U. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. **Australian Journal of Agricultural Research**, Australian, v. 56, n. 2, p. 123-134, jan, 2005. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/248897276\\_Growth\\_ion\\_content\\_gas\\_exchange\\_and\\_water\\_relations\\_of\\_wheat\\_genotypes\\_differing\\_in\\_salt\\_tolerances](https://www.researchgate.net/publication/248897276_Growth_ion_content_gas_exchange_and_water_relations_of_wheat_genotypes_differing_in_salt_tolerances)>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Regional Semiárido. **Sistema de Produção**, 2004. Disponível em:< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/884451/1/CultivodaMangueira.pdf>>. Acesso em : 03 jun. 2021.
- FARIA, L. N.; DONATO, S. L.; SANTOS, M. R. D.; CASTRO, L. G. The effects of irrigation management on floral induction of ‘Tommy Atkins’ mango in Bahia semiarid. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 387-398, mai/jun, 2016. Disponível em:<

<https://www.scielo.br/j/eagri/a/SYZzBcTWyd9B9rm3pRt5fHz/?lang=en>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

FERREIRA, Z. R. & VIEIRA FILHO, J. E. R. Irrigação pública e fruticultura no semiárido. **Revista de Política Agrícola, Brasília**, n. 1, p. 34 – 50, jan/fev/març. 2021. Disponível em:<<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1595>>. Acesso em 27 Maio. 2021.

GAZZOLA, R. et al. Produção e mercado internacional de manga. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Garanhuns, v. 10, n. 3, p. 81 – 87, out/dez. 2020. Disponível em:<<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/8566>>. Acesso em: 25 Mai. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra: IBGE, 2019. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>> .Acesso em: 25 Mai.2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INEP. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. 2020. Disponível em:<[http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/petrolina\\_clima.html](http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/petrolina_clima.html)>. Acesso em: 02 Març. 2021.

LANDSBERG, J. J. **Physiological ecology of florest production**. Melbourne: CSIRO, Division of forest Research, 1986.

MENDONÇA, V.; CORRÊA, F.L.O; PIO, R.; RUFINI, J.C.M; CARRIJO, E.P.; RAMOS, J.D. Superfosfato simples e cloreto de potássio na formação de porta-enxerto de sapotizeiro [Manilkara zapota (L.) Von Royen]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.140-146, jan./fev, 2007. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cagro/a/qGNYK4gQp5tpc8c6fNStqyL/?lang=pt>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

MUDO, L. E. D.; LOBO, J. T.; CARREIRO, D. D. A.; CAVACINI, J. A.; SILVA, L. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid region. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 332-340, abr/jun, 2020. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/BfF3cS4yxjs5CFWfB5SKnyM/?lang=en>>. Acesso em 11 ago. 2021.

NOGUEIRA, F. D., SILVA, E. B., GUIMARÃES, P.T. G. Adubação potássica do cafeeiro: sulfato de potássio. Washington: SOPIB, 2001. 81 p.

PAULA, Y. C. M.; MENDONÇA, V.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S.; MEDEIROS, L. F.; BATISTA, T. M. V. Doses de sulfato de potássio na produção de porta-enxerto de tamarindeiro (Tamarindus indica L.). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 5, p. 71-79, jul/set, 2009. Disponível em:<<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/805>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

SILVA, K. A.; RODRIGUES, M. S.; CUNHA, J. C.; ALVES, D. C.; FREITAS, H. R.; LIMA, A. M. N. Levantamento de solos utilizando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina-PE. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.8, n.1, p. 175-180, jan/mar, 2017. Disponível em:<

<https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/2646>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SONG, H; LI, Y; XU, X.; ZHANG, J.; ZHENG, S.; HOU, L.; XING, G.; LI, M. Analysis of genes related to chlorophyll metabolism under elevated CO<sub>2</sub> in cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Scientia Horticulturae**, Holanda, v. 261, p. 108988, fev, 2020. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381930874X>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6th. edn. Porto Alegre, Artmed, 2017.

VIDAL, F. **Fruticultura na área de atuação do BNB**: produção, mercado e perspectivas. Banco do Nordeste: Caderno Setorial ETENE, 2020. n. 136, 9 p.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de rizotrons é uma metodologia eficiente em estudar o comportamento radicular da planta, mas, principalmente para as fruteiras, demanda mão de obra e tempo, já que a mangueira apresenta sistema radicular profundo e volumoso.

A espectroscopia Vis-NIR seria necessário um maior número de amostra coletadas para obtenção de modelos preditivos melhores, sendo necessário mais estudos para identificação dos diferentes fertilizantes aplicados na folha.