



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA

MODULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MANDIOCA
COM TRIAZOL

JEAN RIBEIRO DE ALMEIDA

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
2021

JEAN RIBEIRO DE ALMEIDA

**MODULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MANDIOCA
COM TRIAZOL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador (a):
Prof. *D.Sc.* Anselmo Eloy Silveira Viana

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
2021

A448m

Almeida, Jean Ribeiro de.

Modulação da propagação e desenvolvimento de mandioca com triazol. /
Jean Ribeiro de Almeida, 2021.

135f. : il.

Orientador (a): D. Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2021.

Inclui referência F. 115 - 135.

1. *Manihot esculenta* crantz. 2. Paclobutrazol. 3. Qualidade de mudas – Mandioca.
I. Viana, Anselmo Eloy Silveira. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 633.682

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

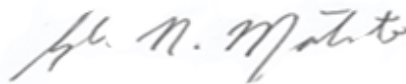
Título: Modulação da propagação e desenvolvimento de mandioca com triazol

Autor: Jean Ribeiro de Almeida

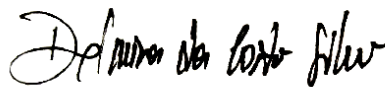
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. D.Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana (UESB)
Presidente



Profª. D.Sc. Sylvana Naomi Matsumoto (UESB)



Profª. D.Sc. Delmira da Costa Silva (UESC)

Data de realização: 18 de agosto de 2021.

*A Deus;
aos meus pais, Ivaní Ribeiro e Raimundo Gomes;
aos meus amigos e irmãs.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida e ter propiciado planos para minha vida maiores que meus sonhos;

Aos meus pais, Ivani Ribeiro e Raimundo Gomes pela educação e suporte durante toda jornada;

As minhas irmãs, Joyce Ribeiro e Jossane Ribeiro pelo carinho e confiança;

À Milena Fernandes por todo cuidado, momentos vividos e ter sido base até aqui;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e, em especial, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de capacitação profissional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao meu orientador, D.Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana, pela orientação e apoio durante a realização deste trabalho;

Aos membros da banca, D.Sc. Sylvana Naomi Matsumoto, pela orientação, conselhos e amizade durante toda a pesquisa, D.Sc. Delmira da Costa Silva pelo apoio, realização e contribuição deste trabalho, aos professores D.Sc. Alcebíades Rebouças São José e D.Sc. Felizarda Viana Bebé;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, que participaram desta caminhada e pelos conhecimentos compartilhados;

Aos envolvidos no laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal e Laboratório de Fisiologia Vegetal, Mariana Rampazzo, Fabricio Vieira, Romana Mascarenhas, Virgiane Silva, Érica do Vale, Ednilson Carvalho, Caio Jander, Thiago Reis e Leandro Dias, pelo suporte, ensinamentos e amizade;

Aos colegas e amigos, Maria Eduarda, Olímpia Nogueira, Marília Sirlene, Douglas Oliveira, Elismar Oliveira, Ian Bispo, Poliana Prates, Ariane Miranda, Ana Caetano e Genilson Lima pelo apoio e companheirismo;

Em especial, aos funcionários da Diretoria do Campo Agropecuário (DICAP), pelo auxílio, manutenção e desenvolvimento do experimento.

Muito obrigado!

"A sua estrada é somente sua. Outros podem acompanhá-lo, mas ninguém pode andar por você".

Rumí

RESUMO

ALMEIDA, J. R. **Modulação da propagação e desenvolvimento de mandioca com triazol**. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2021. 133 p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia) *.

Este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar o efeito do paclobutrazol nas características morfofisiológicas no estabelecimento, desenvolvimento e produção de mandioca. O trabalho foi dividido em 2 experimentos conduzidos na área experimental da UESB Campus Vitória da Conquista - BA, no período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2021. Os experimentos foram realizados a partir de mudas de mandioca advindas do método de propagação rápida, conduzidas em tubetes de polietileno de 290 cm³. Aos 28 dias após o transplante em tubetes, foram imersos em soluções aquosas de PBZ com concentrações de 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ até a saturação do substrato. O Experimento 1 e 2 - Ensaio I foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizados, com cinco tratamentos (concentrações de PBZ), quatro e cinco repetições, respectivamente. O experimento 2 - Ensaio II foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e oito repetições. Foram realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento de mudas ao final do Experimento 1, cada parcela experimental foi composta por 27 plantas. O experimento 2 - Ensaio I foi conduzido em vasos com capacidade de 20 dm³, utilizando as mudas dos tratamentos provenientes do experimento 1, aos 45, 60 e aos 120 foram realizadas avaliações de crescimento, desenvolvimento, parâmetros destrutivos e cortes histológicos, cada parcela experimental foi composta por 1 planta. O experimento 2 - Ensaio II foi conduzido em campo, cada parcela experimental foi composta por 7 plantas, sendo 5 úteis, aos 60, 120 e 180 DAT foram realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento. Aos 180 DAT foi realizada aplicação foliar de concentrações de paclobutrazol de 0, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹, aos 30 e 120 DAA foram realizadas avaliações de crescimento, desenvolvimento, fisiológicas, bioquímicas e de produção. Os dados dos foram submetidos a testes de homogeneidade e de normalidade, e à análise de variância. Para as características estudadas, foram submetidas à análise de regressão polinomial. Para o procedimento da análise estatística foi utilizado o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) versão 9.1. Os tratamentos foram mais eficientes em restringir linearmente o crescimento em quase totalidade das avaliações. Em relação às variáveis anatômicas de caule, houve aumento da atividade do câmbio vascular e elementos de vasos. Para raízes, houve instalação do crescimento secundário e aumento do diâmetro médio. Recomendável a aplicação do paclobutrazol em mudas de mandioca em um intervalo superior aos 28 dias.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz; Paclobutrazol; Qualidade de mudas

*Orientador: Prof. Dr. Anselmo Eloy Silveira Viana, UESB.

ABSTRACT

ALMEIDA, J. R. **Modulation of cassava propagation and development with triazole.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2021. 133 p. (Dissertation: Mister Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science) *.

This work was carried out with the objective of evaluating the effect of paclobutrazol on the morphophysiological characteristics in the establishment, development and production of cassava. The work was divided into 2 experiments carried out in the experimental area of UESB Campus Vitória da Conquista - BA, from January 2020 to February 2021. The experiments were carried out with cassava seedlings from the rapid propagation method, conducted in 290 cm³ polyethylene tubes. At 28 days after transplanting in tubes, they were immersed in aqueous solutions of PBZ with concentrations of 0, 50, 100, 150 and 200 mg L⁻¹ until substrate saturation. Experiments 1 and 2 - Assay I were carried out in a completely randomized design, with five treatments (PBZ concentrations), four and five replications, respectively. Experiment 2 - Assay II was carried out in a randomized block design, with five treatments and eight replications. Evaluations of growth and development of seedlings were carried out at the end of Experiment 1, each experimental plot consisted of 27 plants. Experiment 2 - Assay I was conducted in pots with a capacity of 20 dm³, using the seedlings of the treatments from experiment 1, at 45, 60 and 120 growth, development, destructive parameters and histological sections were evaluated, each experimental plot consisted of 1 plant. Experiment 2 - Assay II was conducted in the field, each experimental plot consisted of 7 plants, 5 of which were useful, at 60, 120 and 180 DAT, growth and development evaluations were performed. At 180 DAT, foliar application of paclobutrazol concentrations of 0, 250, 500, 750 and 1000 mg L⁻¹ was performed, at 30 and 120 DAA, growth, development, physiological, biochemical and production evaluations were performed. The data were submitted to tests of homogeneity and normality, and to analysis of variance. For the studied characteristics, they were submitted to polynomial regression analysis. For the procedure of statistical analysis, the program System of Statistical and Genetic Analysis (SAEG) version 9.1 was used. The treatments were more efficient in linearly restricting growth in almost all evaluations. Regarding the anatomical variables of the stem, there was an increase in the activity of vascular cambium and vessel elements. For roots, secondary growth was installed and the average diameter increased. It is recommended to apply paclobutrazol in cassava seedlings at an interval greater than 28 days.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz; Paclobutrazol; Seedling quality

* Advisor: Prof. Dr. Anselmo Eloy Silveira Viana, UESB.

LISTA DE FIGURAS

<p>Figura 1 - Médias diárias de umidade relativa do ar (%), temperaturas máximas (T_{máx ext.}) e mínima (T_{min ext.}) do meio exterior do ambiente protegido no período do Experimento 1, compreendendo os meses de março de 2020 a abril de 2020.....</p>	35
<p>Figura 2 - Médias mensais de umidade relativa do ar (%), temperaturas máximas (T_{máx ext.}), mínima (T_{min ext.}), e precipitação (mm) do meio exterior do ambiente protegido no período do Experimento 2, compreendendo os meses de abril de 2020 a fevereiro de 2021.....</p>	36
<p>Figura 3 - (a) corte de miniestacas com 3 gemas; (b) plantio de miniestacas em canteiro de alvenaria; (c) proteção com plástico transparente; (d) corte de brotações; (e) enraizamento de brotações em copos plásticos; (f) transplântio de brotações em tubetes com substrato; (g) aplicação das concentrações de PBZ pela imersão de tubetes; (h) efeito das concentrações na altura de plantas.....</p>	38
<p>Figura 4 - Variáveis de mudas de mandioca após a aplicação de paclobutrazol via substrato. (A) Altura de mudas (ALT): $\hat{Y}^{**} = 22,548 - 0,1085x + 0,0004x^2$ ($R^2 = 0,93$); (B) Diâmetro do colo (DC); (C) Índice de robustez (IR): $\hat{Y}^{**} = 4,5899 - 0,0202x + 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,94$); (D) Intensidade da cor verde de folhas (SPAD): $\hat{Y}^* = 20,857 + 0,333x - 0,0034x^2 + 0,00001x^3$ ($R^2 = 0,96$); (E) Porcentagem de plantas com floração (FLOR): $\hat{Y}^{**} = 1,0714 + 0,3371x - 0,0013x^2$ ($R^2 = 0,96$); (F) Índice de Qualidade de Dickson (IQD).....</p>	46
<p>Figura 5 - Variáveis de mudas de mandioca após a aplicação de paclobutrazol via substrato. (A) Diâmetro de raízes (DR): $\hat{Y}^{**} = 0,6376 + 0,0012x - 0,00006x^2$ ($R^2 = 0,95$); (B) Volume de raízes (VR); (C) Massa fresca de raízes fibrosas (MFRF); (D) Massa seca de raízes fibrosas (MSRF); (E) Massa fresca de parte aérea (MFPA); (F) Massa seca de parte aérea (MSPA).....</p>	53
<p>Figura 6 - Variáveis de mudas de mandioca após a aplicação de paclobutrazol via substrato. (A) Raízes emergidas no quadrante A (QA): $\hat{Y}^* = 9,2 - 0,0265x$ ($r^2 = 0,88$); (B) Raízes emergidas no quadrante B (QB): $\hat{Y}^* = 9,5 - 0,0355x$ ($r^2 = 0,73$); (C) Raízes emergidas no quadrante C (QC): $\hat{Y}^{**} = 7,9071 + 0,0342x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 0,83$); (D) Raízes emergidas no quadrante D (QD): $\hat{Y}^* = 4,5143 + 0,2781x - 0,0041x^2 + 0,00001x^3$ ($R^2 = 0,73$); (E) Raízes emergidas no quadrante superior (QS): $\hat{Y}^{**} = 13,7 - 0,067x$ ($r^2 = 0,75$); (F) Raízes emergidas no quadrante inferior (QI); (G) Raízes emergidas total (QT): $\hat{Y}^{**} = 35,3 - 0,1225x$ ($r^2 = 0,77$).....</p>	55
<p>Figura 7 - Trocas gasosas foliares de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$); (B) condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$); (C) taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$); (D) concentração interna de CO_2 na folha (C_i $\mu mol CO_2 mol^{-1} ar$): $\hat{Y}^* = 221,36 - 1,2206x + 0,0181x^2 - 0,00006x^3$ ($R^2 = 0,89$); (E) eficiência do uso da água (A/E): $\hat{Y}^* = 6,0688 + 0,0635x - 0,0009x^2 + 0,000003x^3$ ($R^2 = 0,78$).....</p>	58

Figura 8 - Características morfofisiológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) altura de mudas aos 60 DAT (ALT 60): $\hat{Y}^{**} = 30,64 - 0,0696x$ ($r^2 = 0,96$); (B) altura de mudas aos 120 DAT (ALT 120): $\hat{Y}^{**} = 35,1 - 0,0636x$ ($r^2 = 0,93$); (C) diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120): $\hat{Y}^{**} = 6,84 - 0,0084x$ ($r^2 = 0,76$); (D) diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120); (E) intensidade da cor verde da folha aos 60 DAT (SPAD 60); (F) intensidade da cor verde da folha aos 120 DAT (SPAD 120)..... 62

Figura 9 - Características morfológicas mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) número de ramificações (NRAM); (B) número de nós (NNOS); (C) comprimento de entrenós (COMP NOS): $\hat{Y}^{**} = 1,008 - 0,0024x$ ($r^2 = 0,70$) 65

Figura 10 - Pigmentos fotossintetizantes de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) teor de clorofila *a* (Cl *a*); (B) teor de clorofila *b* (Cl *b*); (C) teor de clorofila total (Cl total *a* + *b*); (D) teor de carotenoides (Car); (E) relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total *a* + *b*) 67

Figura 11 - Características morfológicas e bioquímicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) potencial hídrico foliar (Ψ_w); (B) teor relativo de água nas folhas (TRA): $\hat{Y}^* = 96,163 + 0,0305x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 0,88$); (C) número de folhas (NF); (D) aera foliar total (AFT); (E) massa fresca de folhas (MFF); (F) massa seca de folhas (MSF)..... 69

Figura 12 - Características morfológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) massa fresca de caule (MFC): $\hat{Y}^* = 14,416 - 0,0214x$ ($r^2 = 0,95$); (B) massa seca de caule (MSC): $\hat{Y}^* = 3,5616 - 0,0061x$ ($r^2 = 0,96$) 72

Figura 13 - Características morfológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) comprimento de raízes fibrosas (CRAIZF): $\hat{Y}^{**} = 47,00 - 0,13x$ ($r^2 = 0,82$); (B) diâmetro de raízes fibrosas (DRAIZF): $\hat{Y}^* = 0,4425 + 0,0103x - 0,00003x^2$ ($R^2 = 0,75$); (C) volume de raízes fibrosas (VRAIZF): $\hat{Y}^{**} = 47,4 - 0,086x$ ($r^2 = 0,71$); (D) massa fresca de raízes fibrosas (MFRF): $\hat{Y}^{**} = 43,129 - 0,1068x$ ($r^2 = 0,91$); (E) massa seca de raízes fibrosas (MSRF): $\hat{Y}^{**} = 9,0652 - 0,0327x$ ($r^2 = 0,86$)..... 74

Figura 14 - Características morfológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) número de raízes tuberosas (NRAIZT): $\hat{Y}^{**} = 3,64 - 0,0104x$ ($r^2 = 0,96$); (B) diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZT): $\hat{Y}^{**} = 12,6 - 0,0219x$ ($r^2 = 0,72$); (C) comprimento de raízes tuberosas (CRAIZT): $\hat{Y}^{**} = 9,68 - 0,0186x$ ($r^2 = 0,70$) 76

Figura 15 - Características anatômicas do caule, em corte transversal, de mudas de mandioca em vasos após a aplicação via substrato de triazol. (A) diâmetro dos elementos de vaso (DCXSC): $\hat{Y}^* = 15,348 + 0,3239x - 0,0037x^2 + 0,00001x^3$ ($R^2 = 0,99$); (B) espessura do cilindro vascular (ECXSC): $\hat{Y}^{**} = 278,34 + 2,3947x - 0,0476x^2 + 0,0002x^3$ ($R^2 = 1$); (C) espessura da zona cambial (ECVC): $\hat{Y}^{**} = 23,314 + 0,169x - 0,0007x^2$ ($R^2 = 0,7$); (D) densidade dos elementos de vaso (DESXSC): $\hat{Y}^{**} = 44,61 + 0,3374x - 0,0019x^2$ ($R^2 = 0,93$); (E) número de

camadas celulares do câmbio vascular (NCCVC): $\hat{Y}^* = 3,6357 + 0,0241x - 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,7$)..... 79

Figura 16 - Fotomicrografias de secções transversais do caule de mudas de mandioca após a aplicação de diferentes concentrações de triazol via substrato no período de mudas. (A) testemunha; (B) 50 mg L⁻¹; (C) 100 mg L⁻¹; (D) 150 mg L⁻¹; (E) 200 mg L⁻¹, evidenciados elementos de vasos secundários (xilema e floema) e câmbio vascular..... 82

Figura 17 - (A) espessura do córtex (ECR): $\hat{Y}^* = 190,53 + 0,748x - 0,0039x^2$ ($R^2 = 0,91$); (B) número de camadas celulares do córtex de raízes (NCCR); (C) e diâmetro de elementos de vaso do xilema secundário de raízes (DCXSR): $\hat{Y}^{**} = 50,211 - 0,4693x + 0,0016x^2$ ($R^2 = 0,95$) de mudas de mandioca em vasos após a aplicação via substrato de triazol..... 84

Figura 18 - Fotomicrografias de secções transversais de raízes de mudas de mandioca após a aplicação de diferentes concentrações de triazol via substrato no período de mudas. (A, F) testemunha; (B, G) 50 mg L⁻¹; (C, H) 100 mg L⁻¹; (D, I) 150 mg L⁻¹; (E, J) 200 mg L⁻¹, evidenciados elementos de vasos secundários (xilema e floema), câmbio vascular, periciclo, epiderme, endoderme e compostos fenólicos (coloração azul) 87

Figura 19 - Trocas gasosas foliares de mudas de mandioca em campo após aplicação via substrato de PBZ. (A) taxa de transpiração (E mmol vapor d'água m⁻² s⁻¹); (B) condutância estomática (g_s mol m⁻² s⁻¹); (C) taxa de assimilação líquida potencial de CO₂ (A μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); (D) concentração interna de CO₂ na folha (C_i μmol CO₂ mol⁻¹ ar; (E) eficiência do uso da água (A/E) 89

Figura 20 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via substrato de PBZ. (A) altura de mudas aos 60 DAT (ALT 60): $\hat{Y}^{**} = 31,82 - 0,0665x$ ($r^2 = 0,95$); (B) altura de mudas aos 120 DAT (ALT 120): $\hat{Y}^{**} = 71,872 - 0,0888x$ ($r^2 = 0,80$); (C) altura de mudas aos 180 DAT (ALT 180); (D) diâmetro do caule aos 60 DAT (DC 60): $\hat{Y}^{**} = 7,93 - 0,013x$ ($r^2 = 0,96$); (E) diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120): $\hat{Y}^{**} = 16,37 - 0,0166x$ ($r^2 = 0,88$); (F) diâmetro do caule aos 180 DAT (DC 180)..... 91

Figura 21 - Características de qualidade e fisiológica de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) Índice de robustez aos 60 DAT (IR60): $\hat{Y}^{**} = 4,0383 - 0,0027x$ ($r^2 = 0,8246$); (B) Índice de robustez aos 120 DAT (IR120); (C) Índice de robustez aos 180 DAT (IR180); (D) intensidade da cor verde da folha aos 60 DAT (SPAD60); $\hat{Y}^* = 43,727 - 0,0472x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 0,99$); (E) intensidade da cor verde da folha aos 120 DAT (SPAD120); (G) intensidade da cor verde da folha aos 180 DAT (SPAD180)..... 94

Figura 22 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via substrato de PBZ. (A) número de folhas aos 120 DAT (NF120); (B) número de folhas aos 180 DAT (NF180); (C) número de ramificações aos 60 DAT (NRAM60); (D) número de nós aos 60 DAT (NNOS60); (E) comprimento médio de entrenós aos 60 DAT (COMPNOS60): $\hat{Y}^{**} = 0,9636 - 0,0182x + 0,0002x^2 - 0,0000004x^3$ ($R^2 = 0,93$) 96

Figura 23 - Pigmentos fotossintetizantes de mudas de mandioca em campo aos 120 DAT após aplicação via substrato de PBZ. (A) teor de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>); (B) teor de clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i>); (C) teor de clorofila total (Cl total <i>a</i> + <i>b</i>); (D) teor de carotenoides (Car); (E) relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total <i>a</i> + <i>b</i>)	98
Figura 24 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via foliar de PBZ. (A) altura de mudas aos 30 DAA (ALT30); (B) altura de mudas aos 120 DAA (ALT120): $\hat{Y}^{**} = 155,8 - 0,1607x$ ($r^2 = 0,79$); (C) diâmetro do caule aos 30 DAA (DC30); (D) diâmetro do caule aos 120 DAA (DC120): $\hat{Y}^{**} = 26,886 - 0,0286x$ ($r^2 = 0,93$); (E) índice de robustez aos 30 DAA (IR30); (F) índice de robustez aos 120 DAA (IR120).....	101
Figura 25 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via foliar de PBZ. (A) número de folhas aos 120 DAA (NF120): $\hat{Y}^{**} = 100,82 - 0,147x$ ($r^2 = 0,83$); (B) número de ramificações aos 120 DAA (NRAM120); (C) Intensidade da cor verde de folha aos 120 DAA (SPAD120); (D) potencial hídrico foliar aos 120 DAA (Ψ_w 120); (E) teor relativo de água foliar aos 120 DAA (TRA120)	103
Figura 26 - Características de trocas gasosas foliares de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$); (B) condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$); (C) taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A μ mol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$); (D) concentração interna de CO_2 na folha (C_i μ mol $CO_2 mol^{-1} ar$); (E) eficiência do uso da água (A/E): $\hat{Y}^* = 4,445 - 0,0023x$ ($r^2 = 0,85$).....	105
Figura 27 - Pigmentos fotossintetizantes de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) teor de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>); (B) teor de clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i>); (C) teor de clorofila total (Cl total <i>a</i> + <i>b</i>); (D) teor de carotenoides (Car); (E) relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total <i>a</i> + <i>b</i>)	107
Figura 28 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) Massa fresca de caule (MFC): $\hat{Y}^{**} = 1420,4 - 3,0595x$ ($r^2 = 0,97$); (B) massa fresca de folhas (MFF): $\hat{Y}^{**} = 615,28 - 1,2078x$ ($r^2 = 0,97$); (C) área foliar total (AFT): $\hat{Y}^{**} = 17966 - 34,283x$ ($r^2 = 0,94$); (D) massa seca de folhas (MSF): $\hat{Y}^{**} = 162,73 - 0,3391x$ ($r^2 = 0,89$)	109
Figura 29 - Características morfológicas e produtivas de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) comprimento médio de raízes tuberosas (COMPRAIZT); (B) diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZT); (C) massa fresca de raízes tuberosas (MFR): $\hat{Y}^* = 918,55 - 1,677x$ ($r^2 = 0,84$); (D) teor de matéria seca de raízes tuberosas (MSR); (E) teor de amido de raízes tuberosas (AMIDO).....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas de alturas de mudas (ALT), diâmetro do caule (DC), índice de robustez (IR) intensidade da cor verde nas folhas (SPAD), porcentagem de mudas com floração (FLOR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	45
Tabela 2 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características de diâmetro de raízes (DR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes fibrosas (MFRF), massa seca de raízes fibrosas (MSRF), massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	52
Tabela 3 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características do potencial de regeneração de raízes emergidas no quadrante A (QA), quadrante B (QB), quadrante C (QC), quadrante D (QD) quadrante superior (QS), quadrante inferior (QI) e total (TOTAL) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	54
Tabela 4 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características fisiológicas de taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$), taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i $\mu mol CO_2 mol^{-1} ar$) e eficiência do uso da água (A/E) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 45 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	57
Tabela 5 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características de altura de mudas aos 60 DAT (ALT 60), altura de mudas aos 120 DAT (ALT 120), diâmetro do caule aos 60 DAT (DC 60), diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120), intensidade da cor verde da folha aos 60 DAT (SPAD 60) e intensidade da cor verde da folha aos 120 DAT (SPAD 120) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	61
Tabela 6 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas de número de ramificações (NRAM), número de nós (NNOS) e comprimento de entrenós (COMPNOS) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 60 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	64

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características pigmento foliares de teor de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> mg m ²), teor de clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> mg m ²), teor de clorofila total (Cl total <i>a</i> + <i>b</i> mg m ²), teor de carotenoides (Car mg m ²) e relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total <i>a</i> + <i>b</i>) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	66
Tabela 8 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características de potencial hídrico foliar (Ψ_w), teor relativo de água nas folhas (TRA), número de folhas (NF), área foliar total (AFT), massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	68
Tabela 9 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	71
Tabela 10 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características comprimento de raízes fibrosas (CRAIZF), diâmetro de raízes fibrosas (DRAIZF), volume de raízes fibrosas (VRAIZF), massa fresca de raízes fibrosas (MFRF) e massa seca de raízes fibrosas (MSRF) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	73
Tabela 11 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características número de raízes tuberosas (NRAIZT), diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZT) e comprimento de raízes tuberosas (CRAIZT) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	75
Tabela 12 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa do diâmetro (DCXSC) e densidade (DESXSC) dos elementos de vaso; espessura do cilindro vascular (ECXSC); espessura (ECVC) e número de camadas celulares (NCCVC) da zona cambial de segmentos do caule em crescimento secundário, em corte transversal, de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	78
Tabela 13 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características de espessura (ECR) e número de camadas celulares do córtex (NCCR), diâmetro das células dos elementos de vaso do xilema secundário (DCXSR) de raízes de mudas de mandioca da variedade Novo	

Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	83
Tabela 14 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características fisiológicas de taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$), taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A μ mol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i μ mol $CO_2 mol^{-1} ar$) e eficiência do uso da água (A/E) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 45 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	88
Tabela 15 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas de altura de mudas aos 60 DAT (ALT60), altura de mudas aos 120 DAT (ALT120), altura de mudas aos 180 DAT (ALT180), diâmetro do caule aos 60 DAT (DC60), diâmetro do caule aos 120 DAT (DC120) e diâmetro do caule aos 180 DAT (DC180) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	90
Tabela 16 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas de índice de robustez aos 60 DAT (IR60), índice de robustez aos 120 DAT (IR120), índice de robustez aos 180 DAT (IR180), intensidade da cor verde de folhas aos 60 DAT (SPAD60), intensidade da cor verde de folhas aos 120 DAT (SPAD120) e intensidade da cor verde de folhas aos 180 DAT (SPAD180) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	93
Tabela 17 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas número de folhas aos 120 DAT (NF 120), número de folhas aos 180 DAT (NF 180), número de ramificações aos 60 DAT (NRAM 60), número de nós aos 60 DAT (NNOS 60) e comprimento de nós aos 60 DAT (COMPNOS 60) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	95
Tabela 18 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características teor de clorofila a ($Cl a$ mg m^{-2}), teor de clorofila b ($Cl b$ mg m^{-2}), teor de clorofila total ($Cl a + b$ mg m^{-2}), teor de carotenoides (Car mg m^{-2}) e razão carotenoides/clorofila total ($Car/ Cl a + b$) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	97
Tabela 19 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas de altura de mudas aos 30 DAA (ALT30), altura de mudas aos 120 DAA (ALT120), diâmetro do caule aos 30 DAA (DC30), diâmetro do caule aos 120 DAA (DC120), índice de robustez aos 30 DAA (IR30) e índice de robustez aos 120 DAA (IR120) de plantas de	

mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	100
Tabela 20 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características fisiológicas e morfológicas de número de folhas (NF120), número de ramificações (NRAM120), intensidade da cor verde de folhas (SPAD120), potencial hídrico foliar (Ψ_w) e teor relativo de água na folha (TRA) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo aos 120 DAA via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	102
Tabela 21 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características fisiológicas de taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$), taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i $\mu mol CO_2 mol^{-1} ar$) e eficiência do uso da água (A/E) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de concentrações de PBZ, aos 45 DAA. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	104
Tabela 22 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características teor de clorofila a ($Cl a$ $mg m^2$), teor de clorofila b ($Cl b$ $mg m^2$), teor de clorofila total ($Cl a + b$ $mg m^2$), teor de carotenoides (Car $mg m^2$) e razão carotenoides/clorofila total ($Car/ Cl a + b$) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	106
Tabela 23 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folhas (MFF), área foliar total (AFT) e massa seca de folhas (MSF) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	108
Tabela 24 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características comprimento de raízes (COMPRAIZ), diâmetro de raízes (DRAIZ), massa fresca de raízes (MFR), teor de matéria seca de raízes (MSR) e teor de amido (AMIDO) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.....	110

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Taxa de assimilação de CO ₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
A/Ci	Eficiência de carboxilação
A/E	Eficiência do uso da água
AFT	Área foliar total (cm^2)
A/g _s	Eficiência intrínseca do uso da água
ALT	Altura da planta (cm)
AMIDO	Teor de amido (%)
BL	Bloco
Car	Teor de carotenoides (mg m^{-2})
Car/Cl total	Relação carotenoides clorofila total
Ci	Concentração interna de CO ₂ na folha ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$)
Cl a	Teor de clorofila a (mg m^{-2})
Cl b	Teor de clorofila b (mg g m^{-2})
Cl total	Teor de clorofila total (mg m^{-2})
COMPNOS	Comprimento médio de entrenós (cm)
CRAIZR	Comprimento de raiz tuberosa (cm)
CV	Coefficiente de variação (%)
DAA	Dias após a aplicação
DAP	Dias após o plantio
DC	Diâmetro do colo (mm)
DCXSC	Diâmetro das células do xilema secundário do caule (μm)
DCXSR	Diâmetro das células do xilema secundário de raízes (μm)
DESXSC	Densidade de vasos no xilema secundário do caule
DR	Diâmetro da raiz (mm)
DRAIZT	Diâmetro de raiz tuberosa (mm)
E	Taxa de transpiração ($\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
ECR	Espessura do córtex de raízes (μm)
ECVC	Espessura do câmbio vascular do caule (μm)
EVXSC	Espessura do vaso xilemático secundário do caule (μm)
FLOR	Porcentagem de plantas floridas (%)
FV	Fonte de variação
GA	Giberelina
GL	Grau de liberdade
g _s	Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
i.a.	Ingrediente ativo
IQD	Índice de qualidade de Dickson
IR	Índice de robustez
IRGA	Analisador de gases por radiação infravermelha
MF	Massa fresca (g)
MFC	Massa fresca de caule (g)
MFF	Massa fresca de folhas (g)
MFPA	Massa fresca da parte aérea (g)
MFR	Massa fresca da raiz (g)
MFT	Massa fresca total (g)
MS	Massa seca (g)
MSC	Massa seca de caule (g)

MSF	Massa seca de folhas (g)
MSPA	Massa seca da parte aérea (g)
MSR	Massa seca das raízes (g)
MSR	Matéria seca de raízes tuberosas (%)
MST	Massa seca total (g)
MT	Massa túrgida
n mm ²	Número por milímetro quadrado
NCCR	Número de camadas do córtex de raízes
NCCVC	Número de camadas do câmbio vascular do caule
NF	Número de folhas
NNOS	Número de nós
NRAIZT	Número de raízes tuberosas
NRAM	Número de ramificações
PBZ	Paclobutrazol
PRR	Potencial de regeneração de raízes
QA	Quadrante A
QB	Quadrante B
QC	Quadrante C
QD	Quadrante D
QI	Quadrante inferior
QM	Quadrado médio
QS	Quadrante superior
r	Coefficiente de correlação de Spearman
R ²	Coefficiente de determinação (%)
r ²	Coefficiente de determinação linear (%)
Res	Resíduo
SAEG	Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas
SPAD	Soil Plant Analysis Development
T	Quadrante total
TRA	Teor relativo de água na folha (%)
TRAT	Tratamento
VR	Volume de raiz (cm ³)
Ψ _w	Potencial hídrico foliar (MPa)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Características e importância econômica da Mandioca.....	24
2.2 Propagação da cultura	25
2.2.1 Projeto Reniva e a Técnica de cultura de tecidos	27
2.2.2 Propagação rápida	28
2.3 Qualidade de mudas.....	30
2.4 Reguladores de crescimento	32
2.4.1 Paclobutrazol	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental	35
3.2 Aquisição do material propagativo	36
3.3 Experimento 1	38
3.3.1 Instalação e condução do Experimento 1	38
3.3.2 Delineamento experimental do Experimento 1	38
3.4 Experimento 2 - Ensaio I	39
3.4.1 Instalação e condução do Experimento 2 - Ensaio I	39
3.4.2 Delineamento experimental do Experimento 2 - Ensaio I	39
3.5 Experimento 2 - Ensaio II	39
3.5.1 Instalação e condução do Experimento 2 - Ensaio II	39
3.5.2 Delineamento experimental do Experimento 2 - Ensaio II	40
3.6 Características estudadas	41
3.6.1 Análises morfológicas	41
3.6.2 Análises anatômicas	42
3.6.3 Análises fisiológicas	43
3.6.4 Análise bioquímica	44
3.7 Análise estatística	44
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	45
4.1 Experimento 1	45
4.2 Experimento 2 - Ensaio I	57
4.3 Experimento 2 - Ensaio II	88
4.3.1 Experimento 2 - Ensaio II Aplicação à campo	100

5 CONCLUSÕES	113
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

1 INTRODUÇÃO

Originária há mais de 3.500 anos na América do Sul, provavelmente na bacia Amazônica brasileira, centro do maior número de exemplares do gênero *Manihot* (Ribeiro et al., 2012). A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é a principal cultura de raízes tuberosas no mundo, rica fonte de carboidratos, lipídios, carotenóides, vitaminas, minerais e baixo teor proteico, constitui-se uma opção viável para a segurança alimentar de inúmeras populações, em diferentes países situados entre os trópicos.

A produção mundial de raízes de mandioca no ano de 2020 foi de aproximadamente 303,5 milhões de toneladas, com produtividade média de 11,03 t ha⁻¹ (Fao, 2020). O Brasil ocupa o quinto lugar no ranking das principais nações produtoras de raízes da cultura, com cerca de 17,49 milhões de toneladas obtidas no mesmo ano, sendo superado por Gana, Tailândia, República Democrática do Congo e Nigéria, respectivamente.

Na última década, de acordo levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020), o Brasil obteve em 2011 cerca de 1,73 milhões de hectares colhidos de mandioca, em 2020 foram constatados 1,19 milhões de hectares colhidos. A produção caiu de 24,9 milhões de toneladas para 17,49 milhões de toneladas de raízes, registrando queda de 30% nos aspectos produtivos da cultura, no entanto, a produtividade média não apresentou grande oscilação numérica, se mantendo próximo a 14,7 t ha⁻¹.

A mandioca, geralmente, é propagada pelo método tradicional, a partir de pedaços do caule, este método apresenta baixa taxa de multiplicação comparado a outras culturas comerciais, uma proporção de 1:5 a 1:10 manivas por planta (Santos et al., 2009). As plantas provenientes desta propagação mantêm-se as características genéticas e morfofisiológicas da planta mãe, até mesmo a baixa qualidade vegetativa é hereditária.

Um dos principais aspectos correlacionados à baixa taxa de multiplicação é a perda de vigor, baixa qualidade fitossanitária e quantidade do material de plantio, pelo uso recorrente do método tradicional de propagação, o qual ao decorrer de sucessivas multiplicações contribui para degenerescência vegetativa (Shirima et al., 2019).

Métodos alternativos foram criados com intuito de solucionar tais aspectos. Devido a carência de um sistema viável de produção de mudas de mandioca de qualidade, o Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT desenvolveu o método da Propagação Rápida, que consiste na escolha de manivas de qualidade, cortadas em

pequenos fragmentos, contendo de 2 a 3 gemas, colocadas para se desenvolver em local protegido, posteriormente, faz-se o corte e enraizamento de brotações em recipientes plásticos, aclimatadas em casa de vegetação em substrato (Trindade et al., 2017).

A Embrapa Mandioca e Fruticultura lançou o projeto Reniva, por meio de ápices caulinares a partir da técnica de cultura de tecidos, juntamente com a Biofábrica de cacau - IBC e a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA. O Reniva consiste em uma rede de multiplicação e transferência de materiais propagativos de mandioca com alta qualidade genética e fitossanitária (Trindade et al., 2017).

Ambos os métodos de propagação citados visam aumentar a taxa de propagação, qualidade e disponibilidade de mudas de maniva-semente em menor tempo. No entanto, apresentam um obstáculo, devido às mudas provenientes destes métodos apresentarem desenvolvimento e estabelecimento lento, quando submetidas às condições de campo, sendo necessário a inclusão de manejos químico e/ou irrigação, devido a irregularidade de precipitação na região Nordeste.

Diante disso, a utilização dos reguladores vegetais é vista como uma possível solução, logo pouco estudada na fase de mudas da cultura, verificado que estes possam melhorar a qualidade, desenvolvimento e tolerância ao estresse ambiental de mudas de maniva-semente de mandioca, como já observado em outras culturas, por Moreno-Pérez (2021) estudando a qualidade de mudas de tomate e França et al. (2018) com pimentas.

O paclobutrazol (PBZ) é um regulador vegetal, do grupo triazol, que atua na inibição a biossíntese de giberelina (Taiz e Zeiger, 2017), partição da relação fonte-dreno de fotoassimilados, redirecionando carboidratos da parte aérea para armazenamento no sistema radicular. Este composto possui atividades antifúngicas, o qual entre outros, pode melhorar a qualidade e arquitetura de plantas submetidas, ou não, às condições adversas ao seu estabelecimento e desenvolvimento à campo (Bizuayehu e Getachew, 2021).

Na literatura ainda são escassos trabalhos referentes aos efeitos do paclobutrazol e sua aplicação na fase de mudas da cultura da mandioca. Nos poucos trabalhos, e em plantas a partir do método tradicional de propagação, apenas foi possível observar restrição do crescimento da parte aérea e maior produção de raízes de raízes tuberosas (Polthane et al., 2019), menor área foliar individual e total, e aumento no teor de matéria seca e amido em raízes (Medina et., 2012).

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do paclobutrazol nas características morfofisiológicas no estabelecimento, desenvolvimento e produção de mandioca.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características e importância econômica da Mandioca

Considerada um arbusto tropical e perene, planta heliófila, dicotiledônea, pertencente à classe *Magnoliopsida*, subclasse *Archichlamydeae*, divisão *Magnoliophyta*, ordem *Euphorbiaceae* e gênero *Manihot*, que é composto por cerca de 98 espécies, sendo a única espécie comercialmente produzida no Brasil (Vieira et., 2013). É uma espécie diplóide produtora de sementes viáveis, entretanto, é comumente propagada vegetativamente a partir de suas ramas (Soto et al., 2015; Quadros, 2016).

A cultura da mandioca é amplamente cultivada em todo o território brasileiro, devido sua capacidade de adaptação às mais diferentes condições edafoclimáticas (Khan e Souza, 2020). É considerada uma das mais importantes fontes de carboidratos entre culturas como o arroz, milho, batata e a cana de açúcar.

Componente importante na dieta humana e animal, por meio de suas raízes e folhas. A mandioca também é tida como grande fonte de matéria prima no ramo culinário, fármaco e industrial, com diversos subprodutos do seu processamento, como: farinha, fécula, tecelagem, recipientes biodegradáveis, tintas, medicamentos, adubos, bebidas, congelados, entre outros (Saengchan et al., 2015).

Exerce papel importante na segurança alimentar de populações de países em subdesenvolvimento, os quais possuem disponibilidade intermitente de alimentos (Reincke et al., 2018). Faz parte da dieta diária de mais de 800 milhões de pessoas ao redor do mundo (Valle e Lorenzi, 2014; Wang et al., 2018).

Apesar de ser tolerante às condições de baixa disponibilidade de água, a produtividade da mandioca pode ser reduzida em até 60% sob condições de déficit hídrico (Grafton et al., 2015). Necessita de precipitação ou suplementação hídrica na faixa de 1.000 a 1.500 mm/ano (Marques, 2020), de boa qualidade e bem distribuída durante o ano agrícola, e fotoperíodo de 10 a 12 horas/dia (Alves, 2002). Requer temperatura média de 25°C, temperaturas superiores a 38°C e inferiores a 15°C prejudicam o desenvolvimento da planta (Gomes, 2018).

Conhecida por produção satisfatória em locais marginais, também tem sentido os impactos da escassez de chuvas e oscilação da temperatura, ataque de pragas e doenças e perda qualidade vegetativa (Khan e Souza, 2020). As marcantes sazonalidades nos anos

agrícolas, a oscilação do valor de mercado e mudanças nos hábitos alimentares, acarretam impactos no consumo de raízes de mandioca.

O consumo médio brasileiro era cerca de 40,44 kg de raízes por habitante no ano de 2014, o qual foi diminuído para 30,6 kg em 2020, redução de aproximadamente 24,33%. Apresenta valores inferiores ao se relacionar ao consumo de habitantes da República Democrática do Congo, cerca de 253,23 kg/ano (FAO, 2020).

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020), os principais estados brasileiros produtores de raízes de mandioca são o Pará, Paraná e São Paulo, devido ao emprego de manejos tecnificados e produção destinada à indústria. A Bahia ocupa o sétimo lugar com uma produção estimada em 648,4 mil toneladas, 92,6 mil hectares de área colhida e produtividade média de 7,0 t ha⁻¹.

O município de Vitória da Conquista obteve, em 2020, a produção de 12.460 toneladas de raízes tuberosas e produtividade média de 7,0 t ha⁻¹ (IBGE, 2020), muito abaixo da média nacional e do potencial genético produtivo da cultura, 90 t ha⁻¹, sob condições ótimas de desenvolvimento (Cock et al., 1979).

Apesar da sua importância socioeconômica, a cultura não mantém um padrão estável na escala produtiva (IBGE, 2020). No Nordeste, levados pelos preços baixos de comercialização, custos elevados e alta demanda por grãos, muitos produtores estão migrando para culturas mais rentáveis como o milho e a soja, fato possível de se observar pela oscilação da área colhida, produção e produtividade nos últimos dez anos.

As mudanças climáticas, disponibilidade e qualidade fitossanitária de material de plantio, degenerescência vegetal, bem como a crescente preocupação com os temas segurança alimentar, estimulam pesquisadores ao redor do mundo a alertar-se sobre a discussão e elaboração de manejos adequados frente ao novo cenário agrícola, com intuito de produzir de forma racional e lucrativa (Oler, 2017).

2.2 Propagação da cultura

É considerada uma planta monoica, que apresenta flores femininas e masculinas dispostas em uma mesma planta, de regra em uma mesma inflorescência. A reprodução se dá via sexuada por alogamia, em que se faz necessário polinização por outra planta, este fenômeno é devido as flores femininas ficarem viáveis uma semana antes em relação às flores masculinas, fenômeno denominado protoginia (Ebertz e Palomino, 2017).

As sementes resultantes desta fecundação são responsáveis pela alta variabilidade genética, de grande valia agrônômica pelos melhoristas (Ebertz e Palomino, 2017; Souza et al., 2020). Embora o cultivo comercial seja comumente feito por manivas, programas de melhoramento genético têm mantido ativo banco germoplasma de propagação por sementes, a fim de obter acessos viáveis.

A *Manihot esculenta* sp. flabellifolia, ancestral, se reproduz por sementes, e a mandioca exclusivamente por clonagem vegetativa, por meio de segmentos do caule (McDonald et al., 2016). Segundo Conceição (1981) a propagação é tipicamente assexuada ou agâmica, método que tem por vantagem a obtenção de indivíduos idênticos ao material de plantio, que se desenvolvem devido reservas armazenadas no caule, reservas que nutriram raízes e parte aérea, até que a própria planta possa absorver água e nutrientes do solo, e realizar fotossíntese (Tokunaga et al., 2019).

O método tradicional de propagação apresenta potencial de propagação reduzido comparado às demais culturas comerciais, devido à baixa e lenta taxa de multiplicação a partir de fragmentos do caule na proporção de 5 a 10 manivas por planta de aproximadamente 20 a 30 cm (Santos et al., 2009). A baixa disponibilidade do material propagativo limita a produção em larga escala, sendo imprescindível alternativas que possibilitem aumento da taxa de propagação e obtenção de mudas livres de patógenos (Vidal et al., 2015).

A baixa produtividade observada nas diferentes regiões do Brasil, pode ser atribuída a escassa disponibilidade do material de plantio e qualidade fitossanitária, associado ao baixo nível tecnológico, fato comum na região semiárida do Nordeste, o que ao longo dos anos coloca em risco a atividade nestas localidades (Ibge, 2020). O método tradicional pode disseminar microrganismos patogênicos durante sucessivas gerações por manivas contaminadas, aliado ao baixo vigor e qualidade fitossanitária (Kidulile et al., 2018).

Alves et al. (2020) creem que a degenerescência e o envelhecimento vegetal, algumas das causas da baixa produtividade, estão associados ao método tradicional pela implicação dos anos consecutivos da clonagem do mesmo material de plantio, sem o emprego do manejo adequado, o que é refletido negativamente na quantidade e qualidade de manivas para plantios posteriores, ocasionando em muitos casos substituição do uso da cultura da mandioca.

Ao se iniciar qualquer atividade de exploração desta cultura deve ser feito a seleção e preparo do material de plantio, observando aspectos agrônômicos e

fitossanitários, vigor e adaptação da variedade em determinado ambiente e a destinação do produto comercial, que proporcionará aumento de produção e conseqüentemente redução de custos indesejados (Embrapa, 2016).

Alternativas foram criadas com o objetivo de solucionar tais limitações, melhorar a qualidade fitossanitária de manivas, aumentar a taxa de multiplicação, disponibilizar mudas durante todo o ano e em menor tempo hábil, concebendo-se de mudas de alto vigor pelo rejuvenescimento do vegetal e livres de infestação de microrganismos (Singh et al., 2021). Na cultura da mandioca houve aumento nas pesquisas nos últimos anos a nível mundial, devido ser uma das melhores alternativas no cenário agrícola atual e futuro, frente às mudanças climáticas (Cruz et al., 2018).

2.2.1 Projeto Reniva e Técnica de Cultura de Tecidos Vegetais

De acordo Shiji et al. (2015) a técnica de cultura de tecidos, *in vitro*, é um excelente método na obtenção de clones vegetais livres de contaminações em larga escala e uma ferramenta eficiente no melhoramento genético. É obtido novos indivíduos por meio de isolamento de fragmentos meristemáticos do vegetal, acondicionados em meios de cultura, asséptico, em seguida as mudas são aclimatadas em recipientes contendo substrato até estarem prontas para serem transplantadas à campo.

Além de garantir e recuperar a qualidade genética do material, aumenta o vigor vegetativo e a taxa de multiplicação da cultura em menor faixa de tempo, uma das limitações deste método é o custo de investimento em infraestrutura e mão de obra especializada (Singh et al., 2021). Outro obstáculo importante, é o lento estabelecimento e desenvolvimento, e o índice de sobrevivência de mudas na fase pós-aclimação e à campo quando comparadas às plantas advindas do método de propagação tradicional.

Programas de conservação e melhoramento genético têm utilizado a técnica de cultura de tecidos como o Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), na África, e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA) juntamente com o Instituto Biofábrica de Cacau (IBC), produzindo mudas livres de vírus e outras doenças sistêmicas, usando variedades resistentes a condições climáticas de cada região (Cardoso et al., 2018).

Na Bahia, a adoção da técnica de cultura em tecidos vegetais de mandioca foi designada como rede RENIVA, projeto da Embrapa em parceria com o IBC e a EBDA. A Embrapa fornece materiais superiores, resistentes de cada região e indexados, o IBC

por sua vez, fragmenta os meristemas apicais deste vegetal em meios de cultura enriquecidos. Posteriormente as mudas são alocadas em recipientes contendo substrato e aclimatados em casas de vegetação. O material resultante deste trabalho é distribuído entre os produtores selecionados pelos órgãos responsáveis (Trindade et al., 2017).

Castañeda-Méndez et al. (2017) juntamente com o CIAT, desenvolveram recentemente um método denominado como “hidropônico” em mudas de mandioca, com o intuito em induzir o enraizamento de plântulas tenras de mandioca, advindas do método da cultura de tecidos, *in vitro*, colocadas para aclimação *ex vitro*, usando apenas esponjas flutuantes alojadas em meio aquoso com soluções nutritivas.

A intenção é rustificar e aclimatar as plântulas frágeis advindas da cultura de tecidos, intensificando o surgimento de novas raízes por meio de soluções hidropônicas, promovendo assim mudas de qualidade. Além de simples manejo, o custo de investimento é irrisório, o qual pode ser adaptado para as diferentes regiões do mundo, apresenta alta taxa de sobrevivência em relação aos outros métodos (Castañeda-Méndez et al., 2017).

2.2.2 Propagação Rápida

O método da propagação rápida da mandioca foi desenvolvido por Ceballos et al. (1980) no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, para solucionar os problemas de quantidade e qualidade de mudas. Este método produz mudas, as manivas provenientes desta fase são usadas em plantios posteriores, e só após esse período o produtor poderá colher raízes comerciais.

Basicamente, este método consiste em corte de pedaços do caule (miniéstacas), situados no terço médio, desprezando o terço superior devido à juvenilidade do material e o terço inferior, devido material estar extremamente lignificado, o que pode ocasionar desuniformidade no desenvolvimento de brotos. As miniéstacas devem conter de 2 a 3 gemas, colocadas em canteiros de alvenaria contendo substrato e recoberto com proteção plástica transparente para favorecer o enraizamento.

Trindade et al. (2017) descrevem que, o local deve ser protegido com cobertura de plástico transparente e irrigado, favorecendo um microclima adequado para induzir a conversão de gemas em brotações, as quais são cortadas ao atingirem cerca de 12 cm, e posteriormente alocadas em recipientes contendo água para a emissão de raízes fibrosas, logo após colocadas recipientes contendo substrato comercial e aclimatadas em casa de vegetação.

Este método confere aumento de até 100 vezes à taxa de multiplicação da cultura, em um curto intervalo de tempo. Além de não necessitar de mão de obra especializada e alto valor de investimento na estrutura física, pode ser empregado em todas as regiões entre os trópicos do globo terrestre (Silva et al., 2020).

As manivas a serem utilizadas para plantio ou em métodos de propagação rápida, devem estar fisiologicamente maduras e ligeiramente lignificadas, provenientes de plantas de 10 a 14 meses de plantio, sadias e livres de microrganismos patogênicos. Geralmente pequenos produtores utilizam manivas mais velhas, as quais são colhidas suas raízes, e as manivas são armazenadas até a próxima estação chuvosa, fato que leva a desidratação de manivas e menor desenvolvimento inicial de plantas, quando este período se estende por vários meses (Ferreira Filho et al., 2013; Embrapa, 2016).

Recentemente Neves et al. (2020) desenvolveu um novo método juntamente a Embrapa que visa aumentar em 10 vezes a taxa de multiplicação e a velocidade da propagação em relação ao método tradicional. Esse método é feito a partir do corte de uma gema foliar imatura no caule, colocada para emitir raízes em tubete contendo substrato e sob tratamento químico contra insetos, sendo de baixo custo de aquisição e fácil manuseio, para que todos os produtores possam adotar em sua propriedade.

Atualmente existem pesquisas em andamento na África, em áreas do Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), na Nigéria; do Instituto Nacional de Pesquisa de Recursos de Culturas (NaCCARI), em Uganda; e do Instituto de Pesquisa Agrícola da Tanzânia (TARI). Essas instituições são parceiras no projeto “NextGen Cassava: melhoramento genético de mandioca de próxima geração”, financiado pela Universidade de Cornell (EUA) e Fundação Bill & Melinda Gates

Outra alternativa com o âmbito de aumentar a quantidade de mudas para o plantio da cultura mandioca é a partir de miniestacas advindas da do método da propagação rápida. No momento de aclimação das mudas da propagação rápida em recipientes plásticos ou tubetes, são colocadas em espaçamento reduzido para induzir a competição por espaço e luz solar, causando estiolamento da parte aérea.

Após o estiolamento da parte aérea, o excesso é cortado em pedaços reduzidos de aproximadamente 15 cm, sendo desprezado o terço superior, material imaturo e o terço inferior é mantido para novamente produzir material de plantio. O agravantes deste método é, por se tratar de estacas “nuas”, o enraizamento e desenvolvimento são lentos à campo, sendo necessário aplicação de irrigação e tratamento químicos nas estacas para promover a amissão de raízes e desenvolvimento da parte aérea.

2.3 Qualidade de mudas

A expansão agrícola e a alta demanda por produtos alimentícios de grande valor econômico, acarreta a realização de plantios em solos ricos e bem nutridos, induzindo assim outras culturas, ditas rústicas, aos ambientes marginais e sem emprego tecnológico. No caso da mandioca, considerada cultura de subsistência, geralmente é implantada em ambientes em que a maioria das outras culturas não são lavradas (de Mendonça et al., 2020).

Devido à grande expressão entre as culturas de interesse calórico, a mandioca se destaca pela sua rusticidade (Gomes et al., 2020). Porém, em sua maioria é cultivada por produtores rurais sem investimento financeiro devido e assistência técnica adequada para a realização de um manejo eficiente (Jala et al., 2019).

O sucesso inicial de qualquer plantio com intuito comercial, está intimamente ligado a qualidade do material de plantio a ser usado e sua condução, onde mudas bem nutridas e sadias tendem a aumentar sua sobrevivência em pleno campo, compreendendo o período pós viveiro (Melo et al., 2018).

Entretanto, esses cuidados neste período, visto em culturas de interesse conservacionista, florestais e muitas frutíferas, são poucos utilizados na mandiocultura. Grande parte da produção de mudas em viveiros clonais é regida por normas e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), fato incomum na mandiocultura, pois comumente é propagada por manivas, sem a adoção de normas e de cuidados no período de mudas em viveiros.

Para mudar este cenário, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, desenvolveu o método da Propagação Rápida, a partir de manivas de mandioca, que permite aumentar em até 100 vezes a taxa de multiplicação da cultura (Ceballos et al., 1980), e fornecer mudas de qualidade em todos os períodos do ano, método que sofreu adaptações para o cenário brasileiro (Embrapa, 2006; Fukuda e Carvalho, 2007).

Outro método foi desenvolvido pelo Instituto Biofábrica de Cacau e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, patentiado como projeto RENIVA (Rede de multiplicação e transferência de manivas sementes com qualidade genética e fitossanitária), foi adotado a técnica da cultura de tecidos, com intuito de também aumentar a taxa de multiplicação da cultura da mandioca e fornecer mudas livres de patógenos com alto vigor vegetativo (Rocha et al., 2014).

Apesar das vantagens descritas, são necessários estudos que auxiliem na compreensão da influência da qualidade morfofisiológica alcançada no viveiro sobre a sobrevivência e crescimento inicial das mudas à campo. Esses estudos podem ser uma importante ferramenta na tomada de decisões e no planejamento da produção de mudas e/ou implantação, visando maximizar os recursos e desmistificar conceitos relacionados à produção de mudas de mandioca (Melo et al., 2018).

Como a fase de muda ainda é pouco adotada na mandiocultura, além de ser vista como onerosa pela adoção materiais físicos, nutrição e manejo adequado, entretanto, é necessária para proporcionar melhor estabelecimento e desenvolvimento de mudas sob condições climáticas diferentes a serem impostas, evitando assim replantio e gastos adicionais, impactando positivamente nos ganhos do produto final (Alves et al., 2020).

Para avaliar a qualidade de mudas é necessário a adoção de alguns parâmetros, como a realização de avaliações, além de fácil obtenção e manuseio, fornece estimativa do desempenho, vigor vegetativo, equilíbrio entre a fitomassa de raízes e a parte aérea, frente às condições à campo, como é o caso da altura de mudas, diâmetro do colo, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea e radicular (Grossnickle, 2012).

Entre as análises mais importantes, podem ser citadas as que são realizadas pelo IRGA (Assimilação líquida, condutância estomática, taxa de transpiração e concentração subestomática) e a determinação de pigmentos fotossintetizantes (Carotenóides, clorofila *a* e *b*), método destrutivo ou mesmo Índice SPAD (não destrutivo), a partir dos quais é possível prever como o aparato fotossintético da planta está funcionando fisiologicamente.

Alguns índices também são relatados, com intuito de compreender como as mudas se adaptaram à campo, como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), Índice de Robustez (IR), Potencial de Regeneração de Raízes (PRR) e Índice de Colheita (IC), que avaliam o balanço entre a parte aérea e o sistema radicular, e suas relações (Teixeira, 2019).

Na cadeia produtiva da maioria das plantas, a formação de mudas e sua adaptação em campo é a fase mais importante da cultura, apresentando relação íntima ao desempenho final do cultivo (Gomes e Freire, 2019; Gomes Júnior et al., 2019), mudas de baixa qualidade podem aumentar o ciclo e, conseqüentemente, levar a gastos indesejados (Faria et al., 2019; Schorn et al., 2019).

Segundo Alves et al. (2020), admite-se que as causas envolvidas na perda de qualidade e no envelhecimento fisiológico do material de plantio são derivadas de

multiplicações vegetativas contínuas, ataque frequente de patógenos, estresse hídrico e desequilíbrio nutricional.

Como as manivas só estarão fisiologicamente maduras após o período médio de 12 meses após o plantio (Filho e Silveira, 2012), é necessário que todos os aspectos, nutricionais e morfofisiológicos, estejam interligados e bem conduzidos nesse intervalo de tempo, para fornecer material de qualidade para os plantios conseguintes.

2.4 Reguladores de crescimento vegetal

A mandioca é a quarta cultura alimentar fonte de carboidratos mais importante do mundo. O crescimento exponencial da população impulsiona a produção em larga escala e a busca de alimentos básicos para a segurança alimentar, principalmente para as populações de países em subdesenvolvimento (Otegunrin e Sawicka, 2019).

É uma planta que se adapta às mais diferentes condições, tal habilidade que promove seu cultivo em todos os estados brasileiros (Okogbenin et al., 2013), entretanto, quando submetida a longos períodos de estresses abióticos severos, as variáveis de crescimento (altura da planta, diâmetro do caule, área foliar, massa fresca e seca), variáveis fisiológicas (condutância estomática, transpiração e fotossíntese) e produtividade são afetados negativamente (Santos e Carlesso, 1998).

É de suma importância pesquisas de âmbito regional, com o intuito de direcionar o entendimento do comportamento das plantas nas condições locais, que a temática abrange elementos agrônômicos, como a física e química do solo, fisiologia e meteorologia, fatos que possam contribuir para uma solução comum entre pesquisadores e produtores (Bergamaschi e Begonci, 2017).

O manejo com reguladores de crescimento é visto como uma alternativa na utilização da proteção, vigor e qualidade de mudas, favorecendo a produção otimizada frente às oscilações climáticas e modulação nas primeiras fases das culturas. Principalmente serem utilizados em culturas de âmbito de segurança alimentar na agricultura contemporânea, como a mandioca (Srivastava, et al., 2016).

Reguladores de crescimento são substâncias sintéticas, ou mesmo orgânicas produzidas nos vegetais, controlando o crescimento e arquitetura da planta pela alteração do balanço hormonal entre giberelinas e citocininas, promovendo ou inibindo o rendimento e as funções fisiológicas (Taiz e Zeiger, 2013; Kumari et al., 2018). Os

compostos triazólicos também apresentam atividades fungicidas, aumentam a atividade antioxidante e tolerância ao estresse biótico e abiótico (Jungklang et al., 2017).

Pacentschuk et al. (2018) citam que os reguladores mais utilizados na agricultura são pertencem ao grupo dos triazóis, entre os comuns podem-se mencionar o Paclobutrazol (Bonzi®), o daminozide (B-nine®) e o cloreto de chlormequat (Cycocel®). Estes compostos são estruturalmente formados por anéis contendo 3 átomos de nitrogênio, clorofenil e cadeias laterais de carbono (Baninasab e Ghobadi, 2011).

2.4.1 Paclobutrazol

O condicionante vegetal Paclobutrazol, geralmente é encontrado como ingrediente ativo PBZ [(2RS, 3RS) -1- (4-clorofenil) -4, 4-dimetil-2- (1H-1, 2, 4-triazol-1-il) -pentan-3-ol] em alguns produtos comerciais, como o Cultar 250 SC Syngenta (Baninasab e Ghobadi, 2011). O PBZ atua no segundo estágio da biossíntese das giberelinas, inativando a atividade dos compostos ent-caureno oxidase e ent-caurenóico oxidase (Kondhare et al., 2014).

A atividade do paclobutrazol consiste em inibir a biossíntese de esteróis e giberelinas. O paclobutrazol bloqueia a oxidação do ent-caureno para ácido caurenóico (GA₁₂-aldeído), pela inativação da enzima citocromo P450, através da reação de desmetilação oxidativa (Rady e Maybelle, 2012; Kondhare et al., 2014), resultando em quebra da dominância e crescimento apical e favorecendo o desenvolvimento radicular.

As giberelinas (GA's) estimulam o alongamento celular, germinação de sementes, brotações laterais, florescimento, tubo polínico e maturação do pólen (Santos, 2019). Quando atividade das GA's são inibidas pela atividade dos triazóis, ainda ocorre alongamento celular, mas não nas células novas e em desenvolvimento, fenômeno que dura até a permanência destes compostos no interior da planta (Pacentschuk et al., 2018).

De acordo Taiz e Zeiger (2017), a biossíntese das giberelinas ocorre em 3 fases distintas nas células vegetais, a primeira nos plastídeos formando geranyl-difosfato, e depois ciclando para ent-caureno. A segunda ocorre no retículo endoplasmático, gerando o GA₁₂-aldeído a partir da oxidação do ent-caureno. A terceira ocorre no citoplasma onde ocorrem reações oxidativas dando origem às demais giberelinas.

As moléculas do PBZ apresentam melhor absorção pela planta quando aplicado via solo ou substrato, pois é facilmente absorvido pelas raízes, deslocando-se até o xilema, onde seram transportadas para os meristemas apicais, por outro lado, quando aplicado via

foliar a atividade é restrita, e pouco móvel no floema. No ato da aplicação, deve-se levar em consideração fatores climáticos como a umidade do solo, velocidade do vento e temperatura ambiente no momento da realização da prática (Benett et al., 2014).

A aplicação de paclobutrazol em algumas mudas de diversas culturas já avaliadas, obtiveram menor área foliar individual nas folhas subsequentes a aplicação. O efeito observado foi de folhas mais espessas, menor comprimento de entrenós, diâmetro caulinar reduzido, estômatos menores, maior concentração de pigmentos fotossintéticos, incremento radicular, melhor qualidade e resistência de mudas (Teshahun, 2018).

Em plantas tratadas, aumenta-se o teor de ácido abscísico, que é favorecido pelo controle de abertura e fechamento estomático, conseqüentemente diminui a perda de água e melhor uso e eficiência da mesma (Ashraf et al., 2011). De maneira geral, a aplicação do paclobutrazol melhora o status hídrico vegetal (Potencial hídrico e teor relativo de água), restringe o crescimento apical e aumenta o número de vasos xilemáticos, aumenta o teor de prolina, pigmentos fotossintetizantes, fotossíntese líquida e partição dos fotoassimilados (Soumya et al., 2017). Estudos também tem relacionado a repressão das GA's dependente da ação da proteína DELLA, a qual interfere na atividade de transcrição de genes que codificam o fitohormônio ácido abscísico, antagônico as GA's (Goldberg-Moeller et al., 2013), ocasionando inibição de sua atividade.

Os efeitos do paclobutrazol variam a depender da espécie, estágio vegetativo, nutrição da planta, época de aplicação, método de aplicação, concentração, entre outros (Mabvongwe et al., 2016). Em algumas plantas pode induzir a floração (Oliveira, 2020), em outras o crescimento radicular e produtividade (Kamran et al., 2018; Teshahun e Menzir, 2018), mas em geral retardando o crescimento da parte aérea e partição dos fotoassimilados para o sistema radicular (Kamran et al., 2018).

A literatura disponível sobre a utilização de reguladores de crescimento em mudas da cultura da mandioca ainda é escassa. Existem poucos trabalhos, alguns abrangendo o uso de CCC (Cloro de clorocolina) e PBZ (Paclobutrazol), entretanto, apenas em plantas de mandioca do tipo mesa (Silva, 2019) e sob aplicações foliares.

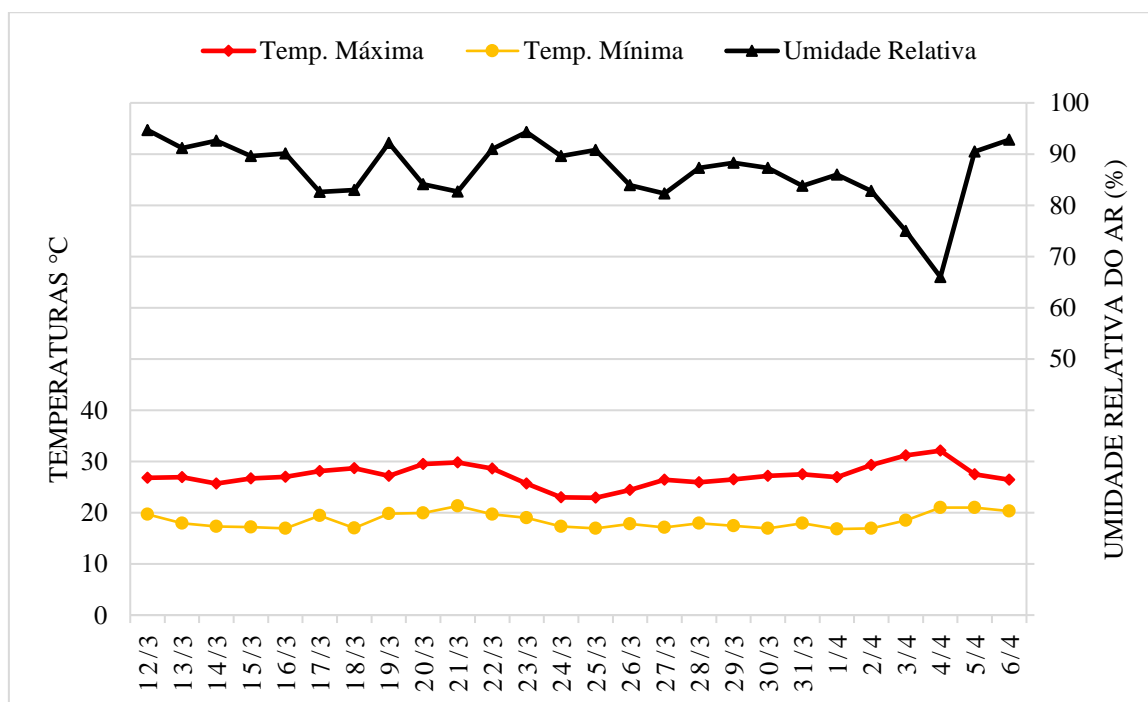
Em estudo realizado por Medina et al. (2012), a aplicação foliar de CCC e PBZ em plantas, somente aos 40 dias após o plantio, restringiu a altura das plantas de mandioca e elevou os conteúdos de amido nas raízes. Silva (2019), não observou diferenças na morfologia das plantas tipo mesa com a aplicação de diferentes doses de PBZ. Panyapruerk et al. (2016) observaram que a aplicação de baixas concentrações foliares de PBZ aumentaram a produtividade de raízes em relação à testemunha.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

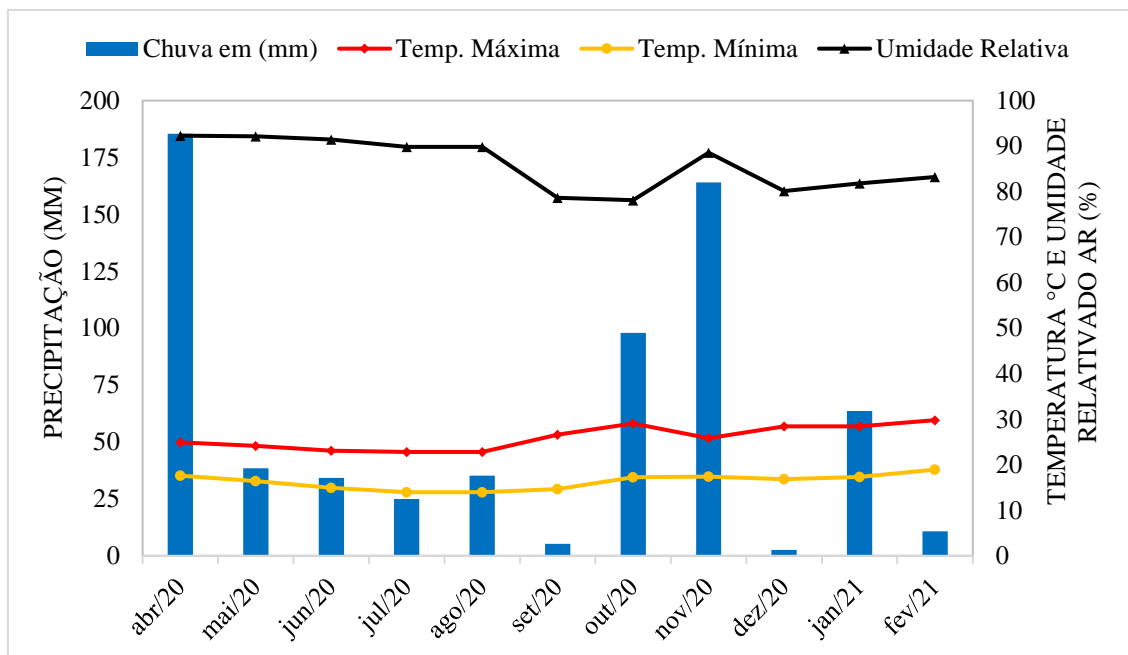
O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista, no período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2021. A instituição está localizada a 14° 53' de Latitude Sul e 40°48' de Longitude Oeste, e apresenta altitude média de 928 m. O clima foi determinado conforme classificação de Köppen do tipo Cwb (subtropical de altitude). O município de Vitória da Conquista possui em média 923 metros de altitude, temperatura média anual de 21° C e a precipitação média anual de 730 mm.

Os dados climatológicos coletados durante a realização do experimento, referentes à temperatura máxima e mínima (°C), umidade média relativa (%) e precipitação (mm), encontram-se na Figura 1 e 2.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Vitória da Conquista, estado da Bahia (2020)

Figura 1 - Médias diárias de umidade relativa do ar (%), temperaturas máximas (T_{máx} ext.) e mínima (T_{min} ext.) do meio exterior do ambiente protegido no período do Experimento 1, compreendendo os meses de março de 2020 a abril de 2020.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Vitória da Conquista, estado da Bahia (2020)

Figura 2 - Médias mensais de umidade relativa do ar (%), temperaturas máximas (T_{máx ext.}), mínima (T_{min ext.}) e precipitação (mm) do meio exterior do ambiente protegido no período do Experimento 2 (Ensaio I e II), compreendendo os meses de abril de 2020 a fevereiro de 2021.

O trabalho foi dividido em dois experimentos. Experimento 1 (Produção de mudas) foi desenvolvido em ambiente protegido, coberto por filme de 150 micra e transparência de 50% (Sombrite®), com bloqueio dos raios ultravioletas.

O experimento 2 (Composto por mudas do experimento 1) foi dividido em dois ensaios, um à campo e outro no mesmo ambiente do experimento 1, entretanto, em vasos.

3.2 Aquisição do material propagativo

O material de plantio foi obtido pelo método da propagação rápida, desenvolvido pelo CIAT (1982), e em seguida modificado para as condições edafoclimáticas brasileiras (Fukuda e Carvalho, 2007), usou-se fragmentos a partir do terço médio de manivas de aproximadamente 14 meses de idade, da coleção de germoplasma da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia da variedade Novo Horizonte. Este material foi desenvolvido pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical em Cruz das Almas - BA, visa atender o mercado de fécula com alto teor de amido e adequada para o plantio

mecanizado, resultado entre o cruzamento dos acessos BGM0116 (parental feminino) e BGM1727 (parental masculino) (Oliveira et al., 2020).

Em 14 de janeiro de 2020, realizou-se o plantio de miniestacas em dois canteiros de alvenaria, medindo 2,1 m de comprimento, 1,1 m de largura e 0,3 m de altura. Os canteiros foram preenchidos com uma camada (0,1 m) de brita, areia lavada (0,05 m) e por último solo (0,1 m) proveniente da área experimental.

O plantio das miniestacas foi realizado em sulcos transversais abertos manualmente, espaçados a 0,1 m entre linhas e profundidade de 0,05 m. O solo foi adubado conforme recomendação de Nogueira e Gomes (1999). A irrigação foi realizada diariamente, uniformemente para manter a umidade dos canteiros e favorecer o enraizamento de mini estacas e recoberto com plástico transparente.

As brotações foram cortadas ao atingiram entre 0,1 e 0,12 m de altura (cerca de vinte e oito dias após o plantio - DAP), com auxílio de uma lâmina de bisturi à 0,01 m de altura em relação ao ponto de emergência do broto da miniestaca, e colocadas em copos plásticos transparentes contendo água destilada (Figura 3 a-e).

A água era trocada a cada três dias, com intuito de evitar contaminação do recipiente. Cada copo continha quatro brotações, onde permaneceram em ambiente protegido com telado Sombrite® de 50% de luminosidade até emitirem raízes de 0,01 a 0,02 m de comprimento.

Após o enraizamento, as brotações foram transplantadas para tubetes de polietileno com capacidade de 290 cm³ (16 cm de comprimento e 6,5 cm de diâmetro), contendo substrato vegetal comercial, composto de casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica, e alocados em bandejas com cinquenta e quatro células, no entanto, foram utilizadas apenas vinte e sete células (Para manter distanciamento entre as mudas e não ocorrer estiolamento - Figura 3 f-h).

Vinte e oito DAT as mudas foram submetidas aos tratamentos (Concentrações de PBZ: 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de ingrediente ativo do produto comercial Cultar 250 SC® (250 g i.a. L⁻¹ de PBZ)), onde as bandejas ficaram emergidas em uma caixa de isopor com 64 litros de cada solução, durante 1 minuto até a saturação do substrato (Teixeira, 2019). Processo realizado ao final da tarde e, os tubetes foram submersos até a altura do colo das mudas, verificado na Figura 3.



Figura 3 - (a) corte de miniestacas contendo 3 gemas; (b) plantio de miniestacas em canteiro de alvenaria; (c) proteção com plástico transparente; (d) corte de brotações; (e) enraizamento de brotações em copos plásticos; (f) transplântio de brotações em tubetes com substrato; (g) aplicação das concentrações de PBZ pela imersão de tubetes; (h) efeito das concentrações na altura de plantas.

3.3 Experimento 1

3.3.1 Instalação e condução do experimento 1

As mudas foram obtidas pelo método da propagação rápida, citado no tópico 3.2. No dia 09 de março de 2020 foram aplicados os tratamentos e 28 DAA foram colhidas, e avaliadas, logo após, as demais foram transplantadas para vasos e à campo. No intervalo de tempo entre a aplicação dos tratamentos e a primeira coleta, a irrigação foi realizada em intervalos de 2 dias para favorecer a umidade do substrato. Durante essa fase as plantas permaneceram em ambiente protegido com telado de 50% de transparência.

3.3.2 Delineamento experimental do Experimento 1

O delineamento seguido no Experimento 1 foi adotado o inteiramente casualizados, sendo cinco concentrações do regulador de crescimento Paclobutrazol (0,

50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de ingrediente ativo do produto comercial Cultar 250 SC® (250 g i.a. L⁻¹ de PBZ)) e quatro repetições, totalizando vinte parcelas, cada uma composta por vinte e sete plantas em tubetes alocadas em bandeja de capacidade de cinquenta e quatro células.

3.4 Experimento 2 - Ensaio I (Vasos)

3.4.1 Instalação e condução do experimento 2 - Ensaio I

Para o plantio do Experimento 2 - Ensaio II, em vasos, foram utilizadas mudas do Experimento 1, em 6 de abril de 2020, aos 28 DAA, e mantidos em ambiente protegido com tela de 50% de transparência. O solo utilizado foi proveniente da área experimental, já aplicado o calcário, e adubação realizada conforme recomendação de Nogueira e Gomes (1999), em uma única aplicação no plantio. A irrigação foi realizada de acordo o método da capacidade de vasos, seguindo a metodologia de Casaroli e Jong Van Lier (2008). A colheita e avaliação foram feitas no dia 6 de agosto de 2020.

3.4.2 Delineamento experimental do Experimento 2 - Ensaio I

O delineamento experimental utilizado para o experimento em vasos, com capacidade de 20 dm³ (32,5cm de altura x 34,5cm de diâmetro superior e 22 cm de diâmetro inferior), foi o inteiramente casualizado (DIC), com mudas do Experimento 1, em cinco repetições, uma planta por vaso, totalizando vinte e cinco parcelas.

3.5 Experimento 2 - Ensaio II (Campo)

3.5.1 Instalação e condução do experimento 2 - Ensaio II

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Eutrófico (Santos et al., 2018), com relevo levemente inclinado e textura franco-argilo-arenosa.

A análise química apresentou os seguintes resultados: pH (em água) = 5,5 ; P = 5,0 mg dm⁻³ (Extrator Mehlich⁻¹); K⁺ = 0,3 cmolc dm⁻³ (Extrator Mehlich⁻¹); Ca²⁺ = 1,5 cmolc dm⁻³ (Extrator KCl 1N); Mg²⁺ = 0,7 cmolc dm⁻³ (Extrator KCl 1N); Al³⁺ = 0,2 cmolc dm⁻³ (Extrator KCl 1N); H⁺ = 2,3 cmolc dm⁻³ (CaCl₂ 0,01M e SMP); SB = 2,5

cmolc dm^{-3} ; $t = 2,7 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $T = 5,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $V = 50\%$; $m = 7\%$ e $\text{MO} = 8 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo o mesmo solo usado nos vasos e estufins.

O preparo do solo do Experimento 2 - Ensaio II consistiu em uma aração e gradagem com 0,25 m de profundidade. A correção do solo foi feita para elevar a saturação por bases a 60%, com aplicação de calcário (PRNT 80%) e incorporação manual três meses antes do plantio. As covas foram abertas com auxílio de um cavador articular com 0,2 m de profundidade. No plantio foi realizada a adubação fosfatada com 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples. Aos quarenta e cinco dias após o plantio aplicou-se 40 kg ha^{-1} de N na forma de ureia, conforme recomendação de Nogueira e Gomes (1999).

O plantio foi realizado a partir das mudas do Experimento 1, em 6 de abril de 2020. A irrigação foi realizada por fita gotejadora, com gotejadores de pressão nominal de $1,6 \text{ L h}^{-1}$ espaçados a 0,3 m. A irrigação foi mantida de acordo com a necessidade anual da cultura (Oliveira et al., 2006), dividida entre os meses, e calculada semanalmente pela diferença da ocorrência de precipitação. A aplicação de formicidas e o controle de plantas daninhas, por meio de capinas manuais, foram realizados conforme necessidade.

Em 18 de outubro de 2020, quando notou-se perda do efeito das concentrações sobre as variáveis morfofisiológicas, foi realizado no fim do período vespertino aplicação foliar do PBZ, nas concentrações de 0, 250, 500 e 1000 mg L^{-1} de ingrediente ativo do produto comercial Cultar 250 SC® ($250 \text{ g i.a. L}^{-1}$ de PBZ), correspondentes a mesmas plantas submetidas as concentrações em ordem de grandeza, por meio de um pulverizador costal XP jacto, com capacidade de 20 litros, em volume de calda de 200 L ha^{-1} .

A colheita e avaliação final foram realizadas no dia 6 de fevereiro de 2021, dez meses após o transplante de mudas para o campo, por meio do arranquio manual das plantas.

3.5.2 Delineamento experimental do Experimento 2 - Ensaio II

O delineamento experimental utilizado em campo foi o de blocos casualizados (DBC) com mudas do Experimento 1 sob as cinco concentrações do regulador de crescimento paclobutrazol (0, 50, 100, 150 e 200 mg L^{-1} de ingrediente ativo do produto comercial Cultar 250 SC® ($250 \text{ g i.a. L}^{-1}$ de PBZ)) (posteriormente: 0, 250, 500 e 1000 mg L^{-1}), em oito blocos, sete plantas por parcela, totalizando quarenta parcelas e duzentos e oitenta plantas no experimento.

Cada bloco foi constituído por uma única linha de plantio com trinta e cinco plantas, espaçadas a 0,6 metros (m) e cerca de 21 m de comprimento. As parcelas foram compostas por uma linha de plantio com sete plantas cada, sendo cinco úteis, totalizando 3 m². O experimento foi constituído por oito linhas de plantio, espaçadas a 1,0 m, cada uma sendo divididas em dois blocos, cada um possuía todos os tratamentos.

3.6 Características estudadas

3.6.1 Análises morfológicas

- a) Altura das plantas: mensurada a partir do nível do solo até o ápice da haste principal com régua graduada em centímetros. Os resultados foram expressos em cm;
- b) Diâmetro do Colo: mensurado na parte basal da planta, com o auxílio de um paquímetro digital (DC-60, Western, China). Os resultados foram expressos em mm;
- c) Número de Nós: quantificando o número de nós (gemas) ao longo do caule principal;
- d) Comprimento de Entrenós: medindo-se o comprimento médio entre 6 entrenós, com auxílio de régua graduada. Os resultados foram expressos em cm;
- e) Número de Folhas: quantificando o número total de folhas na planta;
- f) Porcentagem mudas com Florescimento: quantificado pela razão entre o número de plantas contendo floração e o número de plantas em cada parcela;
- g) Área Foliar Total: medida da área de todas as folhas de uma planta, determinado por meio do medidor da área foliar (LI 3100, LI-COR, USA) com resolução de 0,1 mm². Os resultados foram expressos em m²;
- h) Comprimento médio de Raízes: utilizando fita métrica graduada, medindo de uma extremidade a outra da raiz, em três raízes por planta. Os resultados foram expressos em cm;
- i) Diâmetro médio de Raízes: utilizando paquímetro digital (DC-60, Western, China), foi obtido através da medição da parte central de três raízes de cada planta. Os resultados foram expressos em mm;

- j) Volume de Raízes: mensurado a partir do deslocamento de água, segundo a metodologia proposta por da Costa et al. (2018). Os resultados foram expressos em cm³;
- k) Índice de robustez: calculada entre a razão da altura de muda (cm) pelo diâmetro (mm) do colo, com base na fórmula: $IR = \frac{Alt}{DC}$, proposta por Dickson et al. (1960);
- l) Índice de qualidade de Dickson et al., 1960: realizada seguindo a fórmula:
- $$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{Alt (cm)}{DC (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}}$$
- Em que: IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = massa seca total; ALT = altura de planta; DC = diâmetro do caule; MSPA = massa seca da parte aérea; MSR = massa seca da raiz;
- m) Massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca de folhas, massa fresca e seca de raízes: determinadas a partir da retirada de raízes, haste e folhas de mudas, colocadas em recipientes de papel e colocadas em estufa a 65° C, durante 72 horas (Monteiro, 2012). Após este período, as frações da planta foram pesadas em balança digital de precisão e registrados os valores obtidos em gramas;
- n) Porcentagem de matéria seca em raízes tuberosas: realizado de acordo a metodologia proposta por Kawano et al. (1987), a partir da balança hidrostática (peso variável), com base na fórmula: $Y = 158 X - 142,0$, onde X é a gravidade específica e Y é a matéria seca (%).
- o) Teor de amido em raízes tuberosas: estimado ao subtrair o teor de matéria seca pela constante 4,65 Conceição (1983).
- p) Potencial de regeneração de raízes: realizado segundo a metodologia de Stone et al. (1962);

3.6.2 Análises anatômicas

- a) Para a caracterização anatômica, amostras da raiz e do caule dos diferentes tratamentos foram fixadas em FAA 70 (formaldeído, ácido acético e etanol 70%; 1: 1: 18, v/v; (Johansen, 1940). Após a fixação foram desidratadas em série etanólica crescente e incluídas metacrilato (Historesin, Leica©) de acordo com as recomendações do fabricante. Seções transversais e

longitudinais foram obtidas utilizando o micrótomo rotativo (RM 2235, Leica Microsystems, Deerfiel, IL, USA), com auxílio de navalhas de vidro. Os cortes obtidos foram montados em lâminas de vidro e corados azul de Toluidina com pH 4,5 (O'Brien e McCully, 1981) para a caracterização estrutural. Para análises e documentação foi utilizado o microscópio de luz (Leica DM 2500) com câmera fotográfica digital (DM 2500, Leica Alemanha) acoplada.

- b) As análises e quantificações morfométricas dos tecidos foram feitas partir de fotomicrografias obtidas em microscópio de luz utilizando o software Leica Application Suíte V4.1 (DM2500), Leica Microsystem, Wetzlar, Germany) com sistema de captura de imagem digital (DFC295, Leica Microsystem, Wetzlar, Germany), equipado com filtro de luz polarizada, onde foram analisadas: diâmetro das células do xilema secundário, espessura do vaso xilemático secundário, densidade de vasos do xilema secundário, número de camadas e espessura da zona cambial do caule; e espessura do córtex, número de camadas do córtex e diâmetro das células do xilema secundário de raízes fibrosas.

3.6.3 Análises Fisiológicas

- a) Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development): feita por meio do clorofilômetro portátil, modelo SPAD-502, MINOLTA, Japão, pela manhã, usando a média de três leituras em pontos diferentes no lóbulo central da primeira folha totalmente expandida a partir do ápice caulinar, situada no terço superior da planta.
- b) Potencial hídrico foliar: mensurado a partir da mesma folha usada para o SPAD, coletada e avaliada às 05:00 horas da manhã. Com auxílio de uma câmara de pressão (Modelo 1000, PMS, Corvallis), foi feita a leitura em Bar, conforme metodologia de Scholander et al. (1965), com posterior conversão da unidade para MPa;
- c) Teor relativo de água na folha: determinado por meio da metodologia de Čatský (1960), utilizando-se a seguinte equação:
$$TRA = \frac{MF - MS}{MT - MS} \times 100$$

Em que: MF, MT e MS são as massas fresca, túrgida e seca, respectivamente;

- d) Trocas gasosas foliares: medida entre 8 h e 12 h, com auxílio de um analisador de gases por radiação infravermelha (LCPro, ADC, UK), sendo: assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$), acoplado em uma fonte de luz actínica, de 1100 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ de radiação fotossinteticamente ativa;

3.6.4 Análises Bioquímicas

- a) Pigmentos fotossintetizantes: determinados conforme a metodologia de Wellburn (1994), utilizando 3 discos de 6mm de diâmetro, colocados em recipientes com 4 mL de solução (acetona 80%), durante 72 horas no escuro e, posteriormente, realizado a leitura em espectrofotômetro (700 Plus, Femto, Brasil), em comprimentos de onda de 665 nm, 649 nm e 480 nm; clorofila *a*, *b* e carotenoides, respectivamente.

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Cochran, para verificação da normalidade e homogeneidade de variâncias, respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1 (Ribeiro Júnior, 2001).

O estudo das concentrações de Paclobutrazol do Experimento 1 e 2 foram submetidas à análise de regressão polinomial, escolhendo o modelo com base no coeficiente de determinação na significância do F e na adequação do modelo ao fenômeno biológico, quando verificado efeito os gráficos foram gerados pelo programa Excel.

A correlação de Spearman foi analisada por meio do teste “t”, a 5% de probabilidade, para avaliar a relação entre as características dependentes.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1 - Produção de mudas de mandioca sob aplicação de diferentes concentrações de paclobutrazol via substrato

Para as mudas de mandioca submetidas às diferentes concentrações do paclobutrazol aos 28 dias após a aplicação, foi possível verificar efeito dos tratamentos ($p < 0,05$) nas variáveis de altura de mudas, índice de robustez, intensidade da cor verde de folhas e porcentagem de mudas com florescimento. Não houve efeito significativo sobre as variáveis diâmetro do colo e índice de qualidade de Dickson (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa de alturas de mudas (ALT), diâmetro do caule (DC), índice de robustez (IR) intensidade da cor verde nas folhas (SPAD), porcentagem de mudas com florescimento (FLOR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte aos 28 dias após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT	DC	IR	SPAD	FLOR	IQD (x 10 ⁻⁴)
Tratamento	4	29,445**	0,592	0,944**	60,020**	317,500**	5,325
Resíduo	15	1,217	1,248	0,104	8,786	35,000	9,100
CV (%)		6,03	7,43	8,38	12,23	38,16	18,97

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

O modelo matemático de regressão polinomial de segunda ordem foi ajustado para o comportamento das variáveis de altura de mudas (ALT), índice de robustez (IR) e porcentagem de plantas com florescimento (FLOR) (Figura 4 A, C e E, respectivamente). Para a variável intensidade da cor verde de folhas (SPAD) foi definido o modelo de regressão polinomial de terceira ordem (cúbico) (Figura 4 D), e para as variáveis diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson não foi possível definir um modelo de regressão polinomial (Figura 4 B e F, respectivamente).

Houve efeito significativo da aplicação das diferentes concentrações de paclobutrazol, aos 28 DAA, na altura de mudas (Tabela 1), cujas respostas foram obtidas pelo ajuste do modelo matemático de regressão polinomial de segunda ordem, com valor mínimo de 15,19 cm obtido na concentração 135,625 mg L⁻¹ de PBZ (Figura 4 A). A restrição acentuada de parte aérea até a concentração de 135,62 mg L⁻¹ de PBZ, verifica-

se uma redução de 32,63% em relação à testemunha, cerca de 7,3 cm, seguida de pequena oscilação no parâmetro nas concentrações superiores, ambas se mantendo inferiores às médias da testemunha.

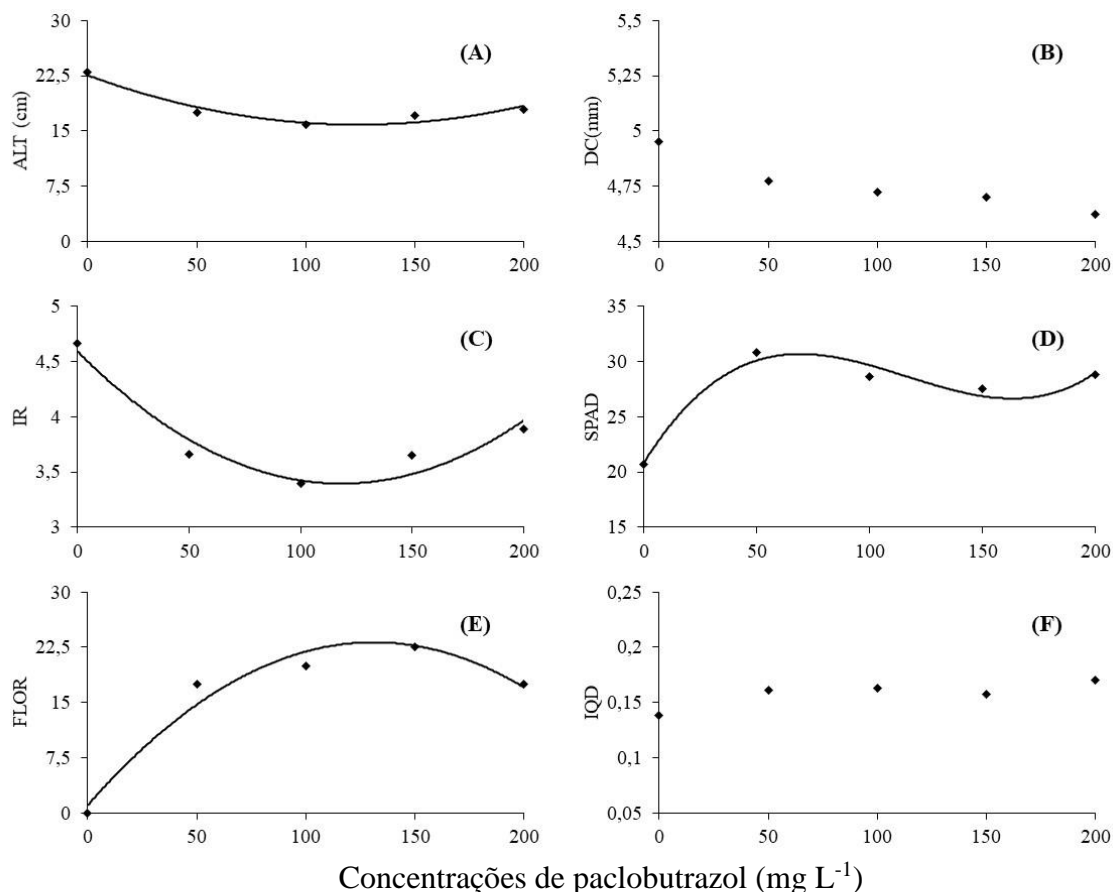


Figura 4 - Variáveis morfológicas de mudas de mandioca 28 dias após a aplicação de paclobutrazol via substrato. (A) Altura de mudas (ALT): $\hat{Y}^{**} = 22,548 - 0,1085x + 0,0004x^2$ ($R^2 = 0,93$); (B) Diâmetro do colo (DC); (C) Índice de robustez (IR): $\hat{Y}^{**} = 4,5899 - 0,0202x + 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,94$); (D) Intensidade da cor verde de folhas (SPAD): $\hat{Y}^{**} = 20,857 + 0,33x - 0,0034x^2 + 0,00001x^3$ ($R^2 = 0,96$); (E) Porcentagem de plantas com florescimento (FLORES): $\hat{Y}^{**} = 1,0714 + 0,3371x - 0,0013x^2$ ($R^2 = 0,96$); (F) Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Em trabalho conduzido por de Oliveira e Fiorine (2006) estudando a produção de mudas de mandioca pelo método da propagação rápida, com o plantio de estacas em diferentes recipientes (tubetes plástico e biodegradável) de 50 cm³, observaram que na oitava semana, a altura de mudas foi de aproximadamente 28,2 cm em tubetes de plástico, superior ao valor (22,54 cm) da testemunha deste estudo, provavelmente devido a alocação de tubetes próximos aos outros, acarretando estiolamento.

O efeito mais contundente à aplicação do regulador vegetal paclobutrazol é o impacto na altura de mudas tratadas em relação à testemunha. É a variável mais citada na literatura. Vários trabalhos mencionam o papel do paclobutrazol na restrição do crescimento de mudas, até a permanência do produto no vegetal, como visto em mudas de maracujazeiro amarelo (Teixeira et al., 2019), pimenta ornamental (França et al., 2018), roseira (Carvalho-Zanão et al., 2018), milho (Hütsch e Schubert, 2020) e oliveira (Ajmi et al., 2020).

A aplicação do paclobutrazol inibe a oxidação de ent-caureno para GA₁₂-aldeído na rota da biossíntese das giberelinas, é um fitorregulador que em interação com ácido abscísico e citocininas são responsáveis por diversas reações a nível celular, conseqüentemente, pelo crescimento, desenvolvimento e arquitetura de mudas (Desta e Amare, 2021). Quando a rota de produção de giberelinas é bloqueada, pela inativação da enzima citocromo oxidase P450, resulta em uma maior síntese de ácido abscísico (ABA) na via de metabólitos secundários, portanto, o teor elevado de ABA no vegetal é responsável por reduzir o vigor e quebrar a dominância apical de mudas, o que levou a restrição do crescimento das mudas no presente estudo.

Estudos sobre a utilização de reguladores de crescimento no desenvolvimento de mudas de mandioca ainda são escassos na literatura, os existentes referentes a essa cultura, ainda são limitados às plantas advindas da técnica tradicional de propagação vegetativa por manivas. Silva (2019) verificou que a aplicação via foliar de paclobutrazol a partir dos 90 dias após a emergência de plantas provenientes de manivas, não apresentou diferenças morfológicas significativas em relação à testemunha.

Medina et al (2012) observaram restrição no porte aéreo de plantas advindas de manivas, quando o paclobutrazol foi aplicado na dose de 45 e 90 mg i.a (ingrediente ativo) por planta, via foliar aos 220 dias após o plantio. A restrição do crescimento aéreo está intimamente ligada ao menor desenvolvimento do comprimento de internódios, verificado por Abah et al. (2017) e Teixeira et al. (2019).

Para o presente estudo, o modelo matemático de regressão polinomial referente à altura de mudas não apresentou comportamento linear, episódio que pode ser explicado devido ao curto espaço de tempo entre a aplicação via substrato e a época de estimativa (28 dias). Fato este que, também pode ser atribuído a não expressão do ajuste matemático para as médias do diâmetro do colo (DC) (Figura 4 A e B).

O aumento do diâmetro de mudas em relação a restrição do crescimento apical, é um importante parâmetro na obtenção de mudas robustas e de qualidade, que

possivelmente possam conceder suporte para o desenvolvimento radicular e apical. Já em mudas ditas estioladas, devido ao crescimento excessivo em busca de luz solar, encontra-se uma grande diferença entre a distribuição de fitomassa no vegetal, ou seja, pequeno diâmetro do caule e planta alta, o que induz a quebra ou acamamento deste vegetal (de Lima Silva).

O diâmetro do colo de plantas é altamente modificado pela aplicação de paclobutrazol, pelo desenvolvimento do córtex e do câmbio vascular, em número e diâmetro de feixes vasculares, fatores interligados à altura, condução de água e distribuição de fotoassimilados no vegetal (Teixeira et al., 2019). O paclobutrazol quando aplicado via solo ou substrato vegetal, tende a permanecer ou até mesmo se fixar, e ser disponibilizado de forma lenta e gradual para a absorção pelas raízes (D'Arêde et al., 2017).

Para a variável índice de robustez (IR) o modelo matemático ajustado foi ao de regressão polinomial de segunda ordem (quadrático), inicialmente com declínio da curva resposta até o valor de 3,46cm obtido na concentração 112,2 mg L⁻¹ de PBZ, valor inferior à média da testemunha (Figura 4 C). Como este índice aborda o equilíbrio da fitomassa, entre a ALT e o DC, sua variação em função das concentrações seguiu o mesmo comportamento da variável altura.

Uma muda dita de alta qualidade deve apresentar um IR entre 2,5 a 3,5, a depender da espécie e seu estádio vegetativo, o que indica uma elevação da taxa de sobrevivência e estabelecimento à campo (Cargnelutti Filho et al., 2018). Valores superiores a 10 unidades considera-se fora dos padrões estabelecidos, o que figura indícios de mudas estioladas, resultando em tombamento e até deformação do torrão de mudas no momento do plantio (Carneiro, 1995, Oliveira et al., 2020).

Birchler et al (1998) recomenda o IR abaixo de 10, já Carneiro (1995) cita valores entre 5,4 a 8,1. Portanto, todas as plantas do estudo, de acordo com as literaturas citadas, estão em um índice de robustez adequado para se desenvolver em campo. Segundo Sipioni et al. (2016) a aplicação de 50 mg paclobutrazol por muda, via foliar, em *Capsicum frutescens* cv. Malagueta obteve aos 40 DAA um IR abaixo do nível de estiolamento, caso não verificado no tratamento com presença de adubação nitrogenada.

Embora a adoção de avaliações de parâmetros morfológicos no período de mudas seja comumente utilizada para verificar a qualidade do vegetal em viveiros florestais, é necessário a ampliação para outras áreas comerciais de culturas de interesse agrônômico. Esses parâmetros podem ser utilizados na produção de mudas de mandioca para diminuir

os gastos indesejados e aumentar a taxa de sobrevivência e desenvolvimento em condições de campo.

Para a aplicação dos tratamentos em relação a variável intensidade da cor verde de folhas (SPAD) foi verificado ajuste ao modelo matemático de regressão polinomial de terceira ordem, com valor máximo de 30,7 unidades na concentração de 70,38 mg L⁻¹ de PBZ, e o valor mínimo de 27,5 unidades obtido na concentração de 156,28 mg L⁻¹ de PBZ (Figura 4 D), entretanto, as médias das mudas sob as diferentes concentrações mantiveram superiores à testemunha. O índice SPAD tem sido utilizado para correlacionar a leitura com os teores de clorofila, nitrogênio e a tonalidade da cor verde folhas de diversas culturas.

Koshy et al. (2018) trabalhando com 14 variedades de mandioca provenientes de manivas na Índia, avaliou a relação entre os métodos de estimativa de intensidade da cor verde e pigmentos fotossintetizantes, e obteve um valor médio de 43,48 unidades no SPAD, variando de 31,4 a 55,9. Byju e Anand (2009) indicam que quando as plantas de mandioca apresentam valores inferiores a 25 unidades está ocorrendo um desajuste na nutrição nitrogenada ou, até mesmo estresse biótico ou abiótico, sendo necessário remediação.

Na aplicação das diferentes concentrações de paclobutrazol no presente trabalho, ambos os tratamentos estão acima da faixa considerada crítica, de acordo ao estabelecido por Byju e Anand (2009). Kishorekumar (2006) relata que, normalmente é verificado aumento no índice SPAD ao se aplicar concentrações de paclobutrazol, devido a menor expansão da área foliar individual, conseqüentemente, aumento do teor de clorofilas e cloroplastos por unidade de área e espessura do mesofilo foliar.

Em trabalhos conduzidos com mudas de *Coffea arabica*, Carvalho et al. (2015) relataram comportamento linear crescente até a concentração de 100 mg L⁻¹ de paclobutrazol. D'Arêde et al. (2017) avaliaram o índice SPAD aos 120 dias após a aplicação via foliar de paclobutrazol em mudas de café até a concentração de 1000 mg L⁻¹ e observou o ajuste linear crescente do índice, porém, Ribeiro (2018) não verificou diferenças significativas com aplicações de até 200 mg L⁻¹ em mudas de café, via foliar, onde a utilização do regulador tende a aumentar a concentração de pigmentos e nitrogênio por unidade de área foliar.

Ao se aplicar diferentes concentrações do regulador de crescimento ocasionou florescimento em mudas tratadas em relação à testemunha, de ordem crescente até atingir o valor máximo em 22,82% de mudas com florescimento na concentração de 129,65 mg

L⁻¹ de PBZ (Figura 4 E). O bloqueio da rota da biossíntese de GA's pela aplicação exógena de reguladores vegetais promove o florescimento, comumente visto em mangueiras, onde aplicações consistem em homogeneizar o surgimento de panículas, escalonamento de produção e maior resistência a queda de frutos prematuros (Oliveira, 2020).

A principal finalidade do uso do paclobutrazol em frutíferas é a conversão de gemas em botões florais, em culturas como a acerola (Sousa et al., 2020), cajueiro (Mog et al., 2019) e mangueira (Oliveira et al., 2020). Fitohormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, em relação íntima, regulam o desenvolvimento de gemas meristemáticas e sua diferenciação celular em floral ou vegetativa (Taiz e Zeiger, 2017).

Nyan et al., (2017) testando o efeito do paclobutrazol sobre as características de crescimento, trocas gasosas e floração de mudas de Extremosa (*Lagerstroemia indica*) submetidas à diferentes concentrações e dois métodos de aplicação aos 2 meses após o plantio da estaca, obteve na concentração de 1500 mg L⁻¹, via solo, aumento no número de flores em 25% em cada muda e a 3000 mg, via foliar, aumentou o número de flores em 21% das mudas em relação à testemunha.

Apesar da ocorrência do florescimento, fato indesejado para o presente trabalho devido a juvenilidade do material propagativo, torna-se uma importante descoberta para os melhoristas devido a variedade tipo indústria Sergipe, a mais cultivado na região de Vitória da Conquista, habitualmente não apresentar flores nas condições climáticas impostas, sendo propagada exclusivamente por manivas, não havendo a possibilidade de cruzamento cruzado com outras variedades, impedindo assim a renovação genômica desta variedade.

O florescimento é dependente de vários fatores como fotoperíodo, temperatura ambiente, fenologia, status nutricional e hídrico, e sobretudo concentração de fitohormônios, como giberelinas (Fan et al., 2017 a; Fan et al., 2017 b). No entanto, os estudos sobre a formação de flores e na produção de sementes pela aplicação do paclobutrazol são diminutos, e inexistentes na cultura da mandioca, principalmente no período de mudas.

No momento da ocorrência da diferenciação de gemas vegetativas em floríferas, ocorre a translocação de carboidratos de reservas da muda para o ponto de surgimento de flores (Behnam et al., 2021). Entretanto, como as mudas da propagação rápida ainda se encontravam tenras e com baixo estoque de reservas, a translocação de nutrientes para o

florescimento contribuiu para o efeito negativo no desenvolvimento de raízes e incremento da fitomassa das mudas tratadas em relação à testemunha.

Não foi possível ajuste de um modelo matemático de regressão para explicar o comportamento da variação em função das concentrações, das médias obtidas referentes ao índice de qualidade de Dickson (Figura 4 F), devido a não expressão das variáveis alusivas à fitomassa. As concentrações de paclobutrazol influenciaram o IR e a ALT, pela ocorrência do florescimento, observado pela correlação de Spearman ($r = -0,75^{**}$ e $-0,83^{**}$, respectivamente), os quais levam em consideração a distribuição da fitomassa na muda e a qualidade da muda, parâmetros que são de grande importância para a produção de mudas frutíferas e florestais, mas, também se tornam uma alternativa viável para avaliar a qualidade de mudas de mandioca.

Apesar do IQD não ter apresentado tendência de ajuste de um modelo matemático de regressão, Birchler et al. (1998) sugerem que para considerar uma muda de qualidade com grande probabilidade de sobrevivência em campo, o IQD deve se situar abaixo de 10 e superior a 0,2 unidades. No presente estudo, ambos os tratamentos permaneceram abaixo da faixa ideal, fato devido às variáveis de massa fresca e seca de mudas não apresentarem aumento significativo sob a aplicação dos tratamentos. Foi observado que o IQD de mudas apresentou correlação positiva com as variáveis MFR ($r = 0,91^{**}$), MFPA ($r = 0,70^{**}$), MSR ($r = 0,90^{**}$), MSPA ($r = 0,71^{**}$) e MST ($r = 0,83^{**}$).

Em estudo conduzido por Jala et al. (2019) avaliando o efeito do substrato orgânico em três variedades de mudas de mandioca advindas do método de propagação rápida, obteve aos 45 dias após o plantio o IQD de 0,55 e 0,49 para as variedades BRS Formosa e BRS Kiriris, respectivamente. Entretanto, o valor ideal para mudas de mandioca ainda não foi definido, sendo necessário mais trabalhos referentes a este parâmetro.

Para as variáveis de fitomassa de mudas de mandioca não foi possível observar efeito ($p < 0,05$) significativo (Tabela 2) e não houve ajuste de modelo matemático de regressão polinomial que explicasse a variação em função das concentrações, das médias de volume de raízes (VR), massa fresca (MFRF) e massa seca (MSRF) de raízes fibrosas, massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) de parte aérea (Figura 5 B, C, D, E e F, respectivamente) a partir da aplicação dos tratamentos.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a variável DR e ajuste para o modelo de regressão polinomial de segunda ordem (Figura 5 A), foi verificado aumento do diâmetro médio de raízes em função da aplicação dos tratamentos (T2, T3, T4 e T5) onde as médias

foram superiores à testemunha, o ponto máximo de 0,71mm foi obtido na concentração 120 mg L⁻¹.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa de diâmetro de raízes (DR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes fibrosas (MFRF), massa seca de raízes fibrosas (MSRF), massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		DR (x10 ⁻²)	VR (x10 ⁵)	MFRF (x 10 ⁻²)	MSRF (x 10 ⁻³)	MFPA (x 10 ⁻²)	MSPA (x 10 ⁻²)
Tratamento	4	5,772**	8,904	2,259	2,332	9,599	1,061
Resíduo	15	0,052	41,937	2,755	3,043	10,404	1,169
CV (%)		3,05	37,73	18,45	18,32	16,76	16,84

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Teixeira et al. (2019) obtiveram médias de diâmetro de raízes com o mesmo comportamento do presente estudo, modelo de regressão polinomial de segunda ordem, onde foi trabalhado com concentrações equidistantes (40 até 160 mg L⁻¹ de PBZ) em mudas de maracujazeiro amarelo, entretanto, com médias de DR superiores ao presente estudo.

O paclobutrazol atua na restrição do crescimento da parte aérea, acarretando folhas novas com menor expansão longitudinal de folhas e caules em relação às raízes e, portanto, menor acúmulo de fitomassa na parte aérea em relação às plantas testemunhas. Assim, provavelmente devido a florescimento, não foi possível obter ganhos na fitomassa radicular das mudas submetidas às diferentes concentrações.

O uso do paclobutrazol reduz a fitomassa da parte aérea de mudas e tende aumentar a fitomassa radicular, bem como a qualidade de mudas (Teixeira et al., 2019). No presente trabalho verifica-se a relação 3:1 (massa fresca: massa seca), não havendo incremento dos tratamentos sob aplicação do regulador vegetal. Bennett et al. (2014) trabalhando com mudas híbridas de tomateiro, aplicando concentrações de até 150 mg L⁻¹ por muda, via foliar, observou incremento até a concentração de 76,6 mg L⁻¹, e coeficientes de variação (CV) próximos ao presente estudo.

Mortate et al (2018) avaliando as respostas de mudas de pimentão sob aplicação de reguladores vegetais, comprovaram que a aplicação de paclobutrazol cessou o incremento da massa seca total de mudas, sendo maior na testemunha e no tratamento com aplicação de nutrientes via foliar. Téllez (2020) aplicando a concentração de 90 mg

L⁻¹ do ingrediente ativo PBZ, via coroa do abacaxi ornamental, avaliou a massa seca do caule, folhas e raízes em diferentes épocas de avaliações, e observou decréscimo da variável em função dos tratamentos em relação à testemunha.

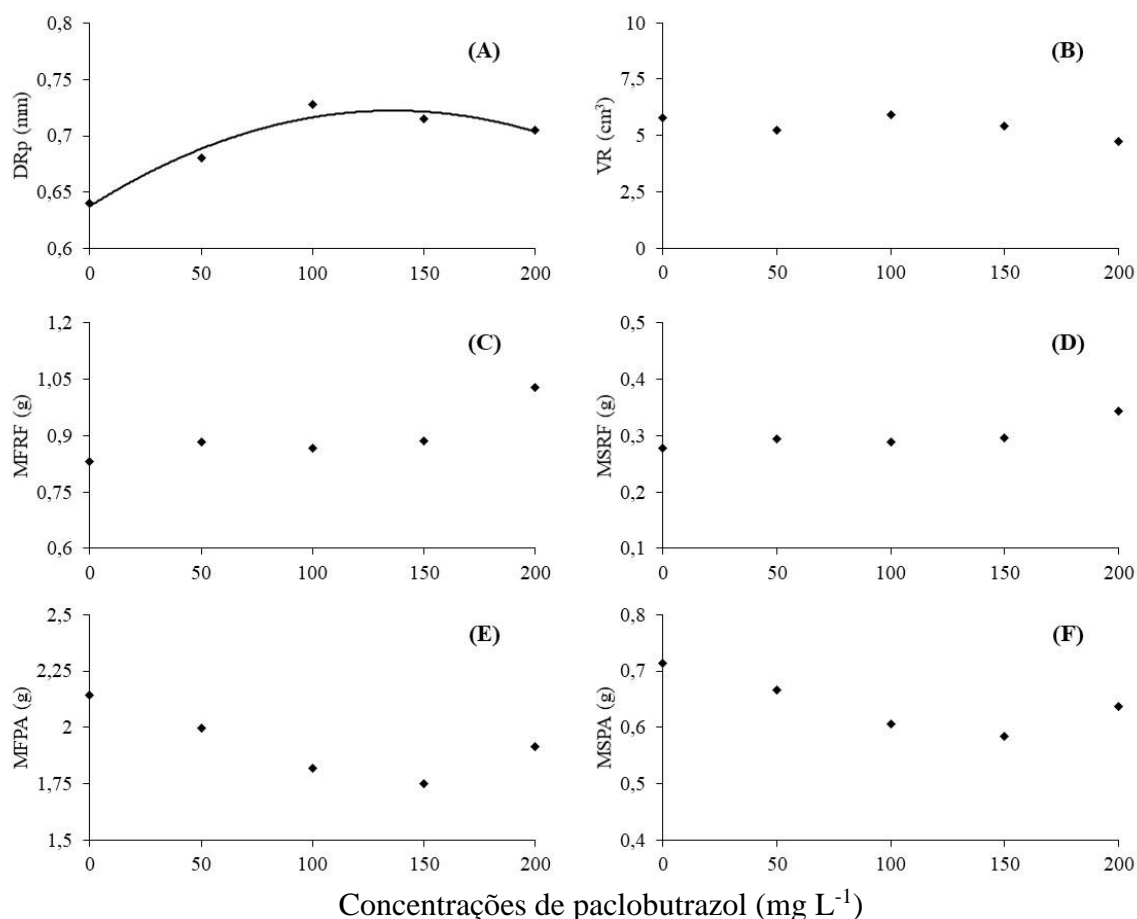


Figura 5 - Variáveis de mudas de mandioca após a aplicação de paclobutrazol via substrato. (A) Diâmetro de raízes (DR): $\hat{Y}^{**} = 0,6376 + 0,0012x - 0,000005x^2$ ($R^2 = 0,95$); (B) Volume de raízes (VR); (C) Massa fresca de raízes fibrosas (MFRF); (D) Massa seca de raízes fibrosas (MSRF); (E) Massa fresca de parte aérea (MFPA); (F) Massa seca de parte aérea (MSPA).

Taiz e Zeiger (2013) relatam que é possível a ocorrência da modulação do crescimento apical de mudas sem nenhum impacto positivo ou negativo sobre a distribuição de fitomassa no vegetal (massa fresca e seca total), relato obtido no presente trabalho, bem como no estudo de Lima et al., (2020) com aplicação de 0, 1,1 e 2,2 kg do ingrediente ativo por hectare em capim-baiano.

Para as variáveis do potencial de regeneração de raízes (PRR), quadrante A (QA), quadrante B (QB) e quadrante inferior (QI) não foram verificados efeito significativo

($p < 0,05$) sob a aplicação das diferentes concentrações de PBZ via substrato. As variáveis do quadrante A (QA), quadrante B (QB), quadrante superior (QS) e total (QT) o modelo ajustado foi o de regressão linear decrescente (Figura 6 A, B, E e G, respectivamente). A variável quadrante C (QC) o modelo matemático foi o de regressão polinomial de segunda ordem. Não foi possível determinar modelo matemático para as variáveis quadrante D (QD) e quadrante inferior (QI), salientando altos valores de coeficiente de variação (CV) obtidos nesta avaliação (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa do potencial de regeneração de raízes emergidas no quadrante A (QA), quadrante B (QB), quadrante C (QC), quadrante D (QD) quadrante superior (QS), quadrante inferior (QI) e total (TOTAL) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte aos 42 dias após aplicação, via substrato, de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		QA	QB	QC	QD	QS	QI	TOTAL
Bloco	3	0,183	47,383	8,983	25,400	8,133	8,050	13,516
Tratamento	4	19,925	42,675	67,325**	66,200*	148,500*	102,800	486,425**
Resíduo	12	14,558	24,008	5,191	15,733	32,133	74,800	75,725
CV (%)		58,25	82,35	40,32	80,94	80,98	53,88	37,75

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

A emergência de raízes no quadrante A (QA) teve comportamento à redução linear ao se aplicar as diferentes concentrações de paclobutrazol, uma diferença significativa de 57,6% de raízes emergidas no quadrante sob a aplicação da maior concentração em relação à testemunha (Figura 6 A). Mesmo comportamento linear decrescente foi ajustado à emergência de raízes no quadrante B (QB), com uma diferença de 74,74% em relação à testemunha (Figura 6 B).

Pelo ajuste do modelo matemático é possível afirmar que o aumento das concentrações de paclobutrazol reduziram a emergência de raízes nos quadrantes A e B. A menor emissão de novas raízes é prejudicial para o desenvolvimento das mudas em campo, configurando baixa absorção de água e nutrientes, e menor sustentação da parte aérea em relação à testemunha, que pode favorecer o tombamento de plantas na ocorrência de ventos fortes contra a direção do local de menor incidência raízes.

No quadrante C (QC) houve uma tendência crescente até a concentração de 42,75 mg L⁻¹ de PBZ de aproximadamente 8,64 raízes emergidas até começar a decrescer nas demais concentrações (Figura 6 C). O quadrante D não apresentou raízes reais estatisticamente (Figura 6 D).

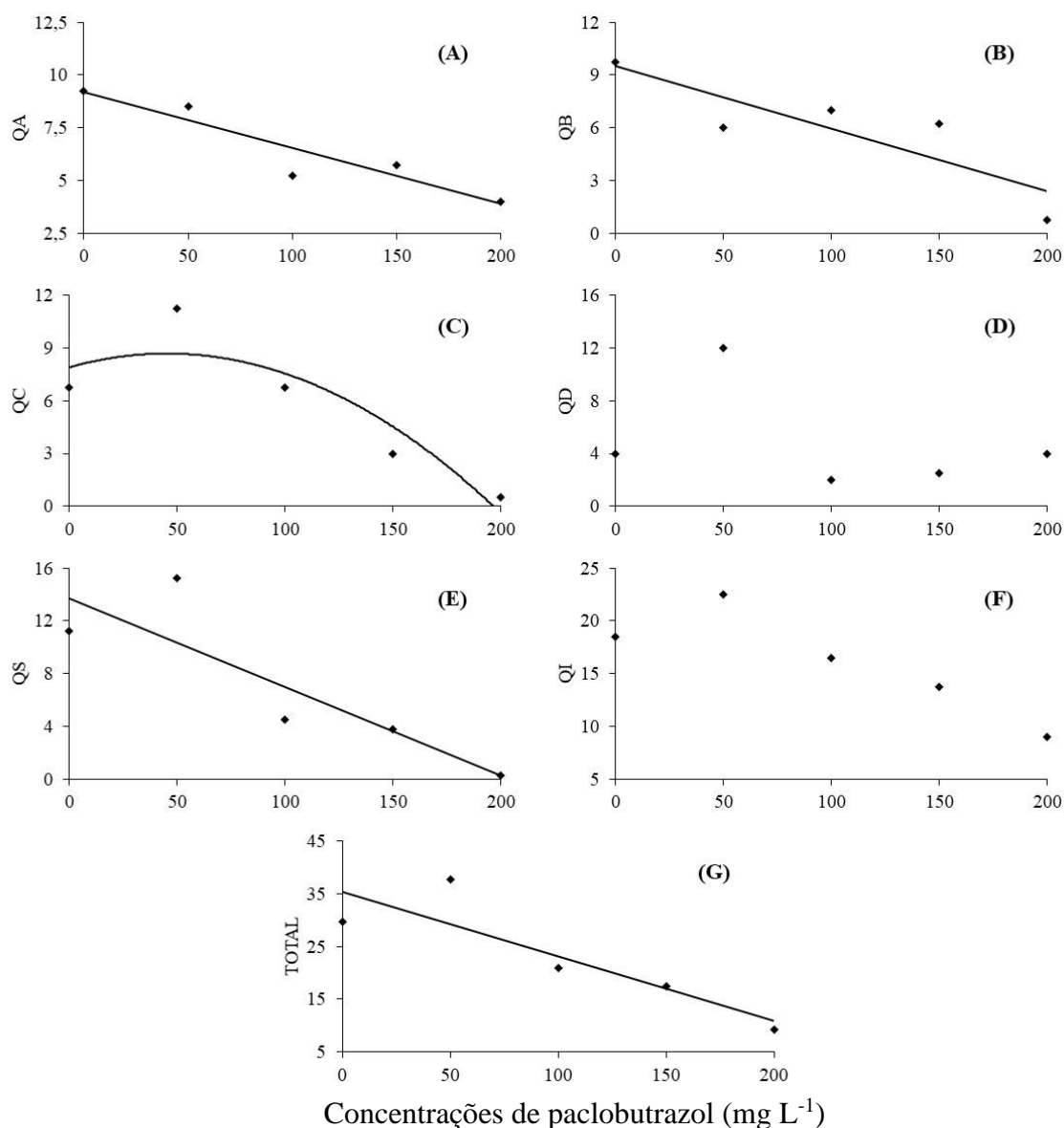


Figura 6 - Variáveis de mudas de mandioca após a aplicação de paclobutrazol via substrato. (A) Raízes emergidas no quadrante A (QA): $\hat{Y}^* = 9,2 - 0,0265x$ ($r^2 = 0,88$); (B) Raízes emergidas no quadrante B (QB): $\hat{Y}^* = 9,5 - 0,0355x$ ($r^2 = 0,73$); (C) Raízes emergidas no quadrante C (QC): $\hat{Y}^{**} = 7,9071 + 0,0342x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 0,83$); (D) Raízes emergidas no quadrante D (QD); (E) Raízes emergidas no quadrante superior (QS): $\hat{Y}^{**} = 13,7 - 0,067x$ ($r^2 = 0,75$); (F) Raízes emergidas no quadrante inferior (QI); (G) Raízes emergidas total (QT): $\hat{Y}^{**} = 35,3 - 0,1225x$ ($r^2 = 0,77$).

Para o quadrante da porção superior (QS), foi ajustado o modelo de regressão linear decrescente até a maior concentração do paclobutrazol (Figura 6 E), uma queda de aproximadamente 97,8% em relação às raízes emergidas no quadrante da testemunha. Para o quadrante inferior (QI) não foi possível determinar um modelo matemático de regressão polinomial (Figura 6 F) que explicasse a variação das médias obtidas, apresentando alto valor de coeficiente de variação como em todas as variáveis do PRR.

Para a avaliação do total de raízes emergidas (TOTAL), a tendência observada foi o decréscimo linear em relação da maior concentração (200 mg L⁻¹) do paclobutrazol até a testemunha, apresentando redução de aproximadamente 69,3% (Figura 6 G). A aplicação das maiores concentrações de paclobutrazol reduziram significativamente o número de raízes emergidas, obtendo assim mudas que possivelmente apresentaram dificuldades em estabelecimento e desenvolvimento à campo.

O método de potencial de regeneração de raízes se trata de uma avaliação presente em mudas de interesse florestais e grande interesse na silvicultura, o qual foi adotado no presente estudo. O PRR foi adaptado para a confecção de mudas de mandioca com intuito de avaliar a capacidade destas se adaptarem e desenvolverem.

O conhecimento sobre a distribuição de raízes nos quadrantes torna possível a tomada de decisão, sobretudo, o preparo do solo e a distribuição mineral ao longo das linhas de plantio. O número de raízes emergidas nas mudas de mandioca advindas do método de propagação rápida é considerada menor, em relação a culturas como o eucalipto (Braga et al., 2013), devido a rápida alteração entre os tipos de raízes durante a fase de estabelecimento e desenvolvimento da muda de mandioca.

As raízes exercem funções de sustentar o crescimento apical em direção a luz solar e absorver água e sais minerais, sendo carregados via xilema para os ápices da estrutura vegetal. Cerca de 15 dias após o plantio de manivas ou estacas surgem as primeiras raízes adventícias nas gemas para sustentação do crescimento inicial da parte aérea. Aos 30 a 45 dias surgem as raízes fibrosas, as quais penetram o solo em busca de água e nutrientes, e posteriormente, 60 aos 90 dias tornam-se raízes tuberosas com elevado acúmulo de amido (Alves, 1990).

4.2 Experimento 2 - Ensaio I: mudas de mandioca conduzidas em vasos

Nesta fase, as médias das mudas de mandioca conduzidas em vasos, submetidas às diferentes concentrações do triazol na época de mudas (Experimento 1), apresentaram resposta significativa aos tratamentos ($p < 0,05$) para a variável eficiência do uso da água (A/E), e as demais variáveis não apresentaram efeito significativo, aliado aos altos valores de coeficiente de variação (Tabela 4) aos 45 DAT.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa de taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$), taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A μ mol CO_2 $m^{-2} s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i μ mol CO_2 mol $^{-1}$ ar) e eficiência do uso da água (A/E) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 45 dias após o transplante. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		E	g_s (x 10^{-3})	A	C_i (x 10^2)	AE
Tratamento	4	1,072	4,632	16,416	14,899	4,074*
Resíduo	20	0,960	5,5543	42,270	5,243	1,405
CV (%)		36,98	37,03	40,06	10,33	19,18

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

A variável concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i) (Figura 7 D) apresentou médias que se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, mesmo não sendo significativo pelo teste F aos 45 DAT, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,78**. O modelo matemático ajustado para as variáveis C_i e AE foi o de regressão polinomial de terceira ordem.

Para as variáveis taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A), condutância estomática (g_s) e taxa de transpiração (E) (Figura 7 A, B e C, respectivamente) não foram verificadas diferenças pelo teste F na aplicação das diferentes concentrações de triazol (Tabela 4).

Produtos químicos do grupo dos triazóis, inibidores da biossíntese das giberelinas, têm sido utilizados pela sua ação protetora e antioxidante (Kamram et al., 2020) em plantas submetidas às condições adversas ao seu desenvolvimento, bem como melhorias no balanço da fitomassa (Collado et al., 2021), translocação de fotoassimilados, status

hídrico (Xu et al., 2017), trocas gasosas e pigmentos fotossintetizantes (Carvalho-Zanão et al., 2018).

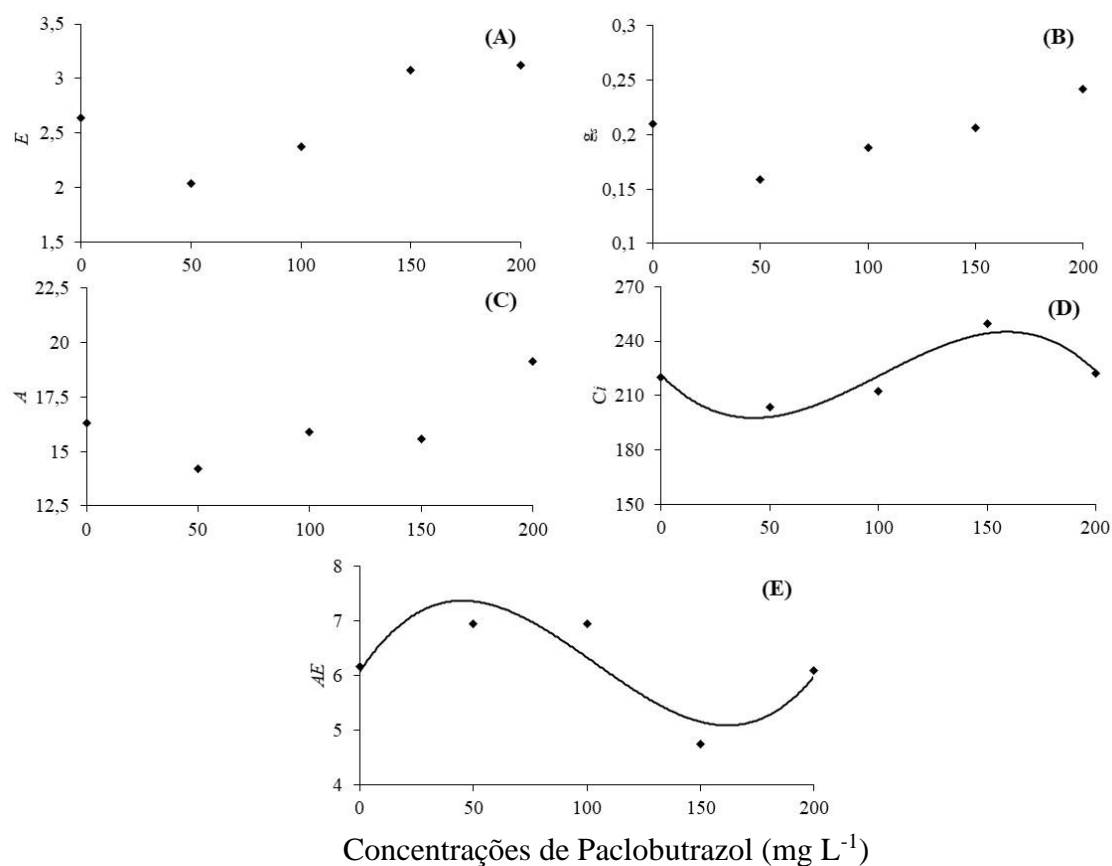


Figura 7 - Trocas gasosas foliares de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$); (B) condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$); (C) taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$); (D) concentração interna de CO_2 na folha (C_i $\mu mol CO_2 mol^{-1} ar$): $\hat{Y}^* = 221,36 - 1,2206x + 0,0181x^2 - 0,00006x^3$ ($R^2 = 0,89$); (E) eficiência do uso da água (A/E): $\hat{Y}^* = 6,0688 + 0,0635x - 0,0009x^2 + 0,000003x^3$ ($R^2 = 0,78$).

Pelos vários estudos já idealizados ainda não foi elucidado um padrão para a modulação do impacto do triazol nas trocas gasosas foliares da maioria das culturas já testadas anteriormente (Teixeira et al., 2019), esse parâmetro ainda não foi definido devido o vasto prognóstico obtido em culturas onde os efeitos variam de acordo a espécie, estado vegetativo, condição morfofisiológica, fatores edafoclimáticos, método de aplicação e concentrações do ingrediente ativo. Como a aplicação deste regulador na cultura da mandioca ainda não é uma atividade recorrente, principalmente na fase de mudas, caso do presente estudo, o qual não foi possível relacionar os resultados obtidos com algum trabalho nesse sentido.

Conforme Navarro et al. (2007), relacionam a condutância estomática (g_s) com a assimilação de CO_2 (A) e disponibilidade de água, onde a g_s em condição de menor atividade, fechamento pela perda de turgescência, tende a aumentar a resistência à entrada de CO_2 e a reduzir a fotossíntese líquida do aparato fotossintético, impactando em menor produção de fitomassa e consumo de água.

Ferreira et al. (2018) ao aplicarem diferentes doses (g.i.a m^2 de copa) do triazol para induzir a floração em mangueiras obtiveram redução de 33% na taxa de fotossíntese, e 17% na condutância estomática sob aplicação da maior dose (5 g), a qual promoveu ativação do mecanismo de defesa (fechamento) estomático para minimizar a perda de água, fato também relacionado ao aumento do número de vasos condutores e de menor diâmetro.

Na ocasião em que, a fixação de CO_2 supera a taxa de liberação deste para a atmosfera (respiração) obtém-se a fotossíntese líquida (Taiz e Zeiger, 2013). A taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A) do presente trabalho não foi afetada pelos tratamentos diante o teste F (Tabela 4), permanecendo equiparada à testemunha, e não pôde se enquadrar em um modelo matemático de regressão polinomial (Figura 7 C), o que indica que, aos 45 DAT as concentrações de triazol não modularam a eficiência de assimilação do substrato fotossintético, mesmo fato acontecido para a taxa de transpiração (E) e condutância estomática (g_s) (Figura 7 A e B, respectivamente), devido ao efeito redutor sobre o sistema radicular pela aplicação do triazol, como proposto por Kurian e Lyer (1992). Fato adverso aos obtidos por Simões et al. (2017) ao verificar ajuste osmótico pela aplicação de triazol, sendo efetivo na menor taxa de transpiração e alta afinidade com a condutância estomática, sendo a eficiência na assimilação de CO_2 menos sensível à aplicação do triazol.

D'Arêde et al. (2017) relacionaram o aumento da taxa de transpiração devido ao menor acúmulo da fitomassa da parte aérea em relação à fitomassa de raízes, esta variável é influenciada por esses fatores, sendo explicada a não expressão desta variável no presente estudo (Tabela 4), a fitomassa de folhas não foi significativa pelo teste "F" sob a aplicação dos tratamentos (Tabela 5).

Apesar de as variáveis A e g_s serem comumente afetadas pela aplicação dos reguladores (Wagas et al., 2019), apenas a variável concentração interna de CO_2 (C_i) na câmara subestomática apresentou efeito (Tabela 4) e o modelo de regressão ajustado foi o polinomial de terceira ordem (Figura 7 D), obtendo o menor valor de $197,72 \mu mol CO_2 mol^{-1} ar$ na concentração de $39,19 mg L^{-1}$, na qual era esperado uma maior taxa de

fotossíntese, e o maior valor de 241,24 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ na concentração de 173,03 mg L^{-1} , mantendo inferiores às mudas de mandioca tratadas com concentrações do herbicida mesotrione por Silveira et al. (2013).

A C_i é relacionada ao teor de K e a atividade da fotossíntese, quanto mais eficiente o processo de fotossíntese, maior consumo, e menor a concentração interna de CO_2 na câmara subestomática devido seu gasto no processo de produção de carboidratos, entretanto, se sua entrada for limitada pelo ajustamento estomático impactará severamente no decréscimo da fotossíntese líquida.

Teixeira et al. (2019) apresentam ajuste do modelo de regressão de segunda ordem para as variáveis A , E e g_s , com leve decréscimo até a concentração de 80 mg L^{-1} e, posteriormente, ascensão até as maiores concentrações. Por outro lado, a variável C_i é observado maior ponto próximo a concentração de 80 mg L^{-1} , e leve declínio restritivo, mas, mantendo-se acima do valor da testemunha em mudas de maracujazeiro amarelo sob tratamentos com triazol aplicados, via substrato, no período de mudas em ambiente protegido.

Apesar de não ter obtido respostas entre as concentrações e a maioria das variáveis referentes às trocas gasosas nas mudas de mandioca tratadas, é possível observar no trabalho conduzido por Veríssimo et al. (2010) que os valores de quatro variedades de mandioca estudadas aos 56 DAP, mantiveram médias inferiores à média da maior concentração do triazol no presente estudo em relação a A e g_s , e valores superiores a E .

A cultura da mandioca por apresentar metabolismo intermediário C3-C4 na assimilação de carbono, possui controle estomático eficiente sobre as trocas gasosas nas mais diversas condições edafoclimáticas (El-Sharkawy, 2007) e tendem a perder menos água que as demais culturas vegetais de interesse agrícola, devido ao uso eficiente da água (AE).

A variável AE foi afetada ($p < 0,05$) pela aplicação dos tratamentos (Tabela 4), o modelo de regressão ajustado foi o polinomial de terceira ordem (Figura 7 E), obtendo o menor valor de 5,46 na concentração de 154,26 mg L^{-1} , e o maior valor de 7,38 na concentração de 45,74 mg L^{-1} . Os resultados sobre o uso eficiente da água ainda são muito contraditórios, pois há relatos de diferentes comportamentos sobre baixas e altas concentrações do triazol.

Devido ao trabalho ter sido conduzido em ambiente protegido e, essas condições apresentarem baixa afinidade com as condições climáticas externas, as trocas gasosas não sofreram modificação com a aplicação das diferentes concentrações do triazol, o qual é

visto com interação íntima com os fatores climáticos, tal condição pode ter mascarado os possíveis efeitos do regulador vegetal nas trocas gasosas foliares neste período.

As leituras referentes à altura de mudas (60 DAT e 120 DAT) e diâmetro do colo (60 DAT) apresentaram resposta ($p < 0,01$) significativa (Tabela 5) para a aplicação dos tratamentos, com ajuste de suas médias ao modelo linear decrescente que tenderam à redução em virtude do aumento das concentrações do triazol.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa de altura de mudas aos 60 DAT (ALT 60), altura de mudas aos 120 DAT (ALT 120), diâmetro do caule aos 60 DAT (DC 60), diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120), intensidade da cor verde da folha aos 60 DAT (SPAD 60) e intensidade da cor verde da folha aos 120 DAT (SPAD 120) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT 60 (x 10 ⁻¹)	ALT 120	DC 60	DC 120 (x 10 ⁻²)	SPAD 60	SPAD 120
Tratamento	4	15,733**	134,890**	2,900**	9,125	1,647	13,214
Resíduo	20	2,028	20,725	0,520	52,750	1,686	18,547
CV (%)		19,01	15,84	12,01	7,42	3,67	11,78

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

As menores médias de altura aos 60 e 120 DAT foram obtidas na maior concentração de 200 mg L⁻¹, com valores de 16,73cm e 22,38cm, na ordem de 45,4% e acentuou-se em 36,2% em relação à testemunha (Figura 8), respectivamente, devido ao efeito acumulativo sob a variável desde o período de mudas. O mesmo comportamento sobre a restrição da altura foi obtido por Barbosa et al. (2009) e Wanderley et al. (2014) conduzindo mudas de girassol em vasos, onde foram aplicadas concentrações do triazol em substrato.

O balanço entre as taxas endógenas dos fitohormônios, inibição da biossíntese das GA's, aumento da concentração de ácido abscísico e citocininas pela aplicação de reguladores de crescimento, como o paclobutrazol na rota metabólica metileritritol-fosfato da biossíntese das GA's (Zheng et al., 2012), acarreta menor crescimento de parte aérea sob concentrações exógenas, visto que as GA's são responsáveis pelo alongamento celular (Taiz e Zeiger, 2017).

Existem três tipos de reguladores vegetais que agem antagonicamente a síntese de GA's, sendo os compostos cloreto de mepiquat e o cloreto de chlormequat inibem a conversão de geranilgeranil-difosfato para ent-caureno na primeira fase de formação das GA's. Na segunda etapa, a via pode ser obstruída pela ação de compostos cíclicos

contendo nitrogênio, impedindo a síntese de ent-caureno para ent-caurenóico oxidase (GA₁₂-aldeído), papel desempenhado por paclobutrazol (PBZ) e uniconazole, que bloqueiam a atividade do citocromo P450. E na terceira e última fase das GA's atuam o etil-trinexapac (TrixE) e o prohexadione-Ca (ProCa) que bloqueiam a transição do GA₁₂-aldeído para a síntese das demais giberelinas (Rademache et al., 2005; Taiz e Zeiger, 2017).

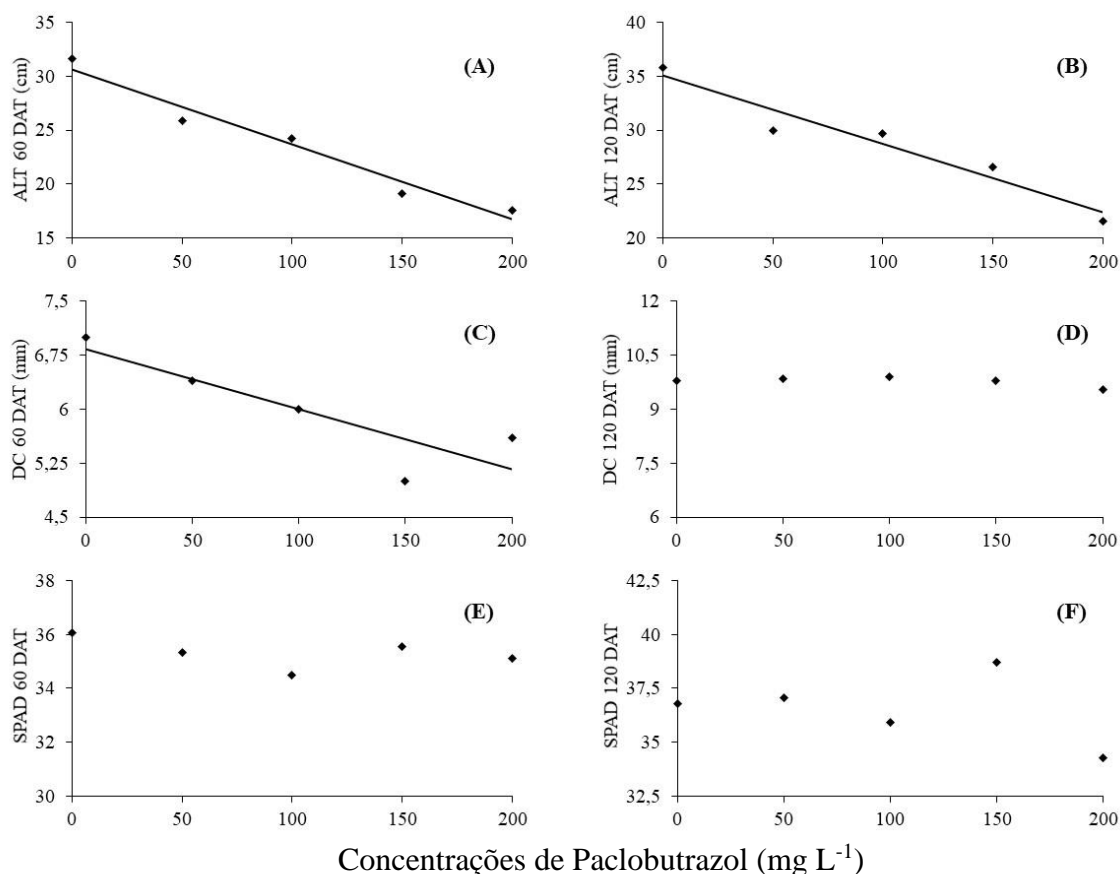


Figura 8 - Características morfofisiológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) altura de mudas aos 60 DAT (ALT 60): $\hat{Y}^{**} = 30,64 - 0,0696x$ ($r^2 = 0,96$); (B) altura de mudas aos 120 DAT (ALT 120): $\hat{Y}^{**} = 35,1 - 0,0636x$ ($r^2 = 0,93$); (C) diâmetro do caule aos 60 DAT (DC 60): $\hat{Y}^{**} = 6,84 - 0,0084x$ ($r^2 = 0,76$); (D) diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120); (E) intensidade da cor verde da folha aos 60 DAT (SPAD 60); (F) intensidade da cor verde da folha aos 120 DAT (SPAD 120).

Pardos et al. (2005) elucidam que a maneira correta, a concentração e a fase fenológica ainda não foram definidas para as culturas que se testaram o efeito do triazol sobre variáveis morfofisiológicas e bioquímicas. Entretanto, autores definem que a aplicação via solo ou substrato é mais eficiente em relação à aplicação via foliar, devido

o tempo de exposição ao produto e ser mais bem aproveitado e distribuídos via xilema, pelo movimento acropetal a partir do contato com as raízes (França et al., 2018) até os ápices caulinares por forças resultantes de diferença de pressão na rota transpiratória.

Aos 60 DAT, foi verificado menor diâmetro de 5,16 mm na maior concentração (Figura 8 C), no entanto, aos 120 DAT não foi possível observar efeito ($p < 0,05$) (Tabela 5) sob as concentrações, também não houve ajuste de modelo de regressão polinomial (Figura 8 D), possivelmente está relacionado a perda de ação do triazol sobre esta variável, pelo desenvolvimento da parte aérea entre as duas leituras, sobrepondo o efeito residual verificado na primeira avaliação, mesmo fato evidenciado por Brito et al. (2016) em três épocas de avaliações, em trabalho avaliando os efeitos da aplicação de diferentes concentrações, via substrato, sob o desenvolvimento inicial de girassol ornamental.

Sobre o efeito do regulador no índice SPAD ainda é ambíguo na literatura, pois ora se constata aumento da concentração de citocininas pela inibição das GA's (Fletcher et al., 1986) que ocasiona aumento do teor de clorofilas e, conseqüentemente, a cor verde, e por outro lado, é argumentado maior concentração de clorofilas pela menor expansão da área foliar individual (Roseli et al., 2021).

Em estudos que, por ocasião, verificarem diminuição do índice SPAD em plantas tratadas em relação à testemunha, possivelmente, foi acometida pelo fator fitotóxico devido a aplicação exacerbada do ingrediente ativo. No presente estudo, não foi verificado efeito sobre a aplicação dos tratamentos e também não houve ajuste de modelo de regressão polinomial (Figura 8 E e F, respectivamente) para a variável índice SPAD.

Reguladores de crescimento vegetal exercem funções importantes na modulação de caracteres morfofisiológicos de crescimento, desenvolvimento e adaptação edafoclimática (Vineeth et al., 2016), mantendo equilíbrio entre a distribuição da fitomassa, processos enzimáticos e bioquímicos para garantir melhor desempenho agrônômico do vegetal.

É evidenciado que, a restrição do crescimento da parte aérea pela ação inibitória da biossíntese das GA's ocorre devido o encurtamento da distância de entrenós, ao cessar a capacidade natural da divisão e alongamento celular. A aplicação do triazol promoveu melhor balanço da fitomassa, encurtamento de entrenós e aumentou o mesófilo foliar em mudas de maracujazeiro amarelo (Teixeira et al., 2019) e em roseira (Carvalho-Zanão et al., 2017).

No que concerne às variáveis número de ramificações (NRAM) e número de nós (NNOS) não foi possível verificar efeito ($p < 0,05$) sobre a aplicação das concentrações do

triazol pelo teste F (Tabela 6), posteriormente, não foi possível ajuste para um modelo matemático de regressão polinomial que representasse graficamente a variação do comportamento das médias aos 60 DAT (Figura 9 A e B, respectivamente).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características morfológicas de número de ramificações (NRAM), número de nós (NNOS) e comprimento de entrenós (COMPNOS) de mudas de mandioca da variedade BRS Novo Horizonte em vasos após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 60 dias após o transplante. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		NRAM (x 10 ⁻¹)	NNOS	COMPNOS (x 10 ⁻¹)
Tratamento	4	1,000	5,240	2,610*
Resíduo	20	2,800	10,920	0,853
CV (%)		24,57	19,62	38,12

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Em trabalho desenvolvido por Nyan et al., (2017) avaliando o efeito do triazol sobre as características morfofisiológicas de mudas de Extremosa (*Lagerstroemia indica*) submetidas a altas concentrações (0, 1500, 3000 e 4500 mg L⁻¹) e dois métodos de aplicação (via solo e foliar) aos 2 meses após o plantio da estaca, verificaram inibição do crescimento da parte aérea, devido a restrição do alongamento de entrenós e perda da dominância apical, aumentando assim o número de ramos laterais.

Ribeiro (2018), verificou redução do índice de ramificação aos 100 DAA em plantas de *Coffea arabica* em condições de restrição luminosa em ambiente protegido de 20 e 40 % de transparência, e leve acréscimo em plantas conduzidas a pleno sol sob a aplicação via substrato de concentrações de até 40 mg do ingrediente ativo (PBZ) por planta.

A característica número de nós (NNOS) não apresentou efeito (p<0,05) (Tabela 6) sob as aplicações do triazol no presente estudo, onde não houve resposta sobre redução ou aumento de novas gemas laterais. Brito et al. (2016) verificaram redução linear na altura de plantas e número de nós nas diferentes épocas de avaliação.

O comprimento de entrenós (COMPNOS) apresentou efeito (p<0,05) significativo (Tabela 6) sob aplicação do triazol, com ajuste ao modelo de regressão linear decrescente (Figura 9 C) até a maior concentração, de ordem de aproximadamente 48,3% de restrição de alongamento de entrenós em relação à testemunha.

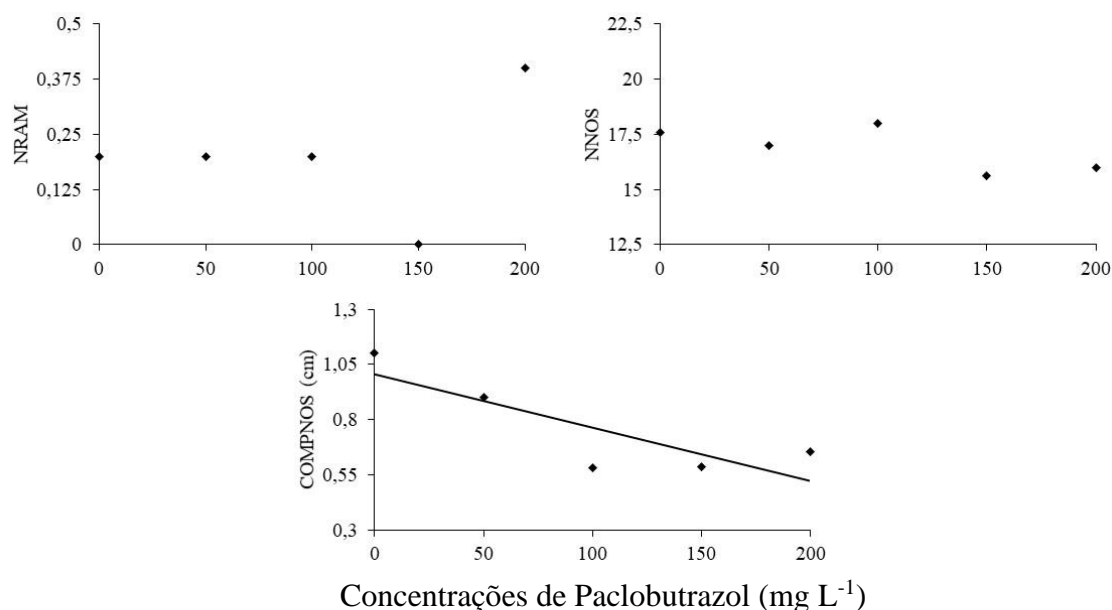


Figura 9 - Características morfológicas mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) número de ramificações (NRAM); (B) número de nós (NNOS); (C) comprimento de entrenós (COMPNOS): $\hat{Y}^{**} = 1,008 - 0,0024x$ ($r^2 = 0,70$).

A compactação de ramos sob aplicação de reguladores vegetais foi evidenciada por Teixeira et al. (2019), em mudas de maracujazeiro amarelo, Ribeiro et al. (2017) em plantas de cafeeiro Catuaí e Handami et al. (2018) com batata inglesa. Não apresentaram efeito significativo no maracujazeiro amarelo no período de entressafra por Ataíde et al. (2006), sendo constatados essas informações até o momento do início da perda de efeito sobre os vegetais, onde observaram taxa elevada de crescimento e alongamento da distância dos entrenós.

Para as estimativas referentes aos pigmentos fotossintéticos (Clorofila *a*, *b* e carotenoides) e suas relações (Clorofila total e carotenoides/clorofila total) em mudas de mandioca não foi possível verificar efeito ($p < 0,05$) significativo (Tabela 7) a partir da aplicação das concentrações do triazol, posteriormente, não foram determinados modelos matemáticos de regressão polinomial (Figura 10 A, B, C, D e F) aos 120 DAT, somados as respostas sob as concentrações sobre trocas gasosas (Tabela 9).

A eficiência do aparato fotossintético é dependente das condições climáticas e concentração de pigmentos como clorofila *a*, *b* e carotenoides. As clorofilas *a* (P_{680} e P_{700}) são responsáveis pela oxidação da molécula de água e conversão de energia luminosa no ciclo de Calvin-Benson em energia química e, posteriormente, utilizada para produção de carboidrato no estroma dos cloroplastos, sendo as clorofilas *b* atuantes como pigmentos

acessórios. Os carotenoides operam semelhantes as clorofilas *b*, situados próximos às membranas dos cloroplastos, protegem o aparato fotossintético em condições luminosas que possam causar danos, canalizando a energia para as clorofilas *a*, nos tilacóides (Taiz e Zeiger, 2017).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa pigmento foliares de teor de clorofila *a* (Cl *a* mg m²), teor de clorofila *b* (Cl *b* mg m²), teor de clorofila total (Cl total *a* + *b* mg m²), teor de carotenoides (Car mg m²) e relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total *a* + *b*) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		Cl <i>a</i> (x 10 ⁻¹)	Cl <i>b</i> (x 10 ⁻²)	Cl total (x 10 ⁻¹)	Car (x 10 ⁻²)	Car/Cl total (x 10 ⁻³)
Tratamento	4	5,310	2,758	6,583	5,848	2,722
Resíduo	20	4,341	6,372	6,605	7,650	3,690
CV (%)		21,21	45,77	20,44	15,89	13,68

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Foi relatado por Falcioni (2017) que a aplicação do triazol aumenta o teor de pigmentos fotossintetizantes por unidade de área em plantas de tabaco em vasos, aplicando o triazol via foliar (25 mg/vaso). A aplicação também resulta em melhoria na fluorescência da clorofila e teor de carotenoides em mudas de tomate (Melo et al., 2014) e em soja (Sousa, 2019). A elevação da taxa de pigmentos está associada a maior concentração de citocininas, devido a inibição da biossíntese de GA's e assim contribuindo para maior eficiência da fotossíntese e proteção do aparato fotossintético em condições estressantes (Soumya, 2014).

No presente estudo, as plantas não sofreram efeito de fitotoxicidade pela aplicação das diferentes concentrações, e também não foram afetadas para o aumento das concentrações dos pigmentos (Tabela 7), corroborando com Ferraz (2018) o qual avaliou o efeito de diferentes inibidores da biossíntese de GA's em plantas de tomateiro via foliar. Fato também comprovado por Ribeiro (2018), onde as diferentes concentrações (0, 10, 20, 30 e 40 mg L⁻¹) aplicadas via foliar em mudas de *Coffea arabica* da variedade Catuaí Vermelho IAC 144 não interferiram no teor de pigmentos fotossintetizantes aos 100 DAA, e Lucho et al. (2018) em plantas de *Stevia rebaudiana* advindas da técnica de cultura de tecidos, cujo tratamento com triazol foi aplicado (100 µM) via hidroponia e, avaliando em diferentes intervalos de exposição (24, 48 e 96 horas).

Os teores de clorofila *a* e *b* tendem diminuir com o aumento do nível de sombreamento sobre o desenvolvimento do vegetal ou até mesmo pela degradação deste, promovido por fatores bióticos ou abióticos, como alta irradiação térmica e ataque de pragas. Em condições estressantes de alta irradiação as concentrações de carotenoides tendem a aumentar ou manter semelhante às plantas em condições adequadas, devido esse pigmento atuar como fonte de proteção pelo excesso de luz solar e até mesmo sob excesso da aplicação exacerbada do triazol.

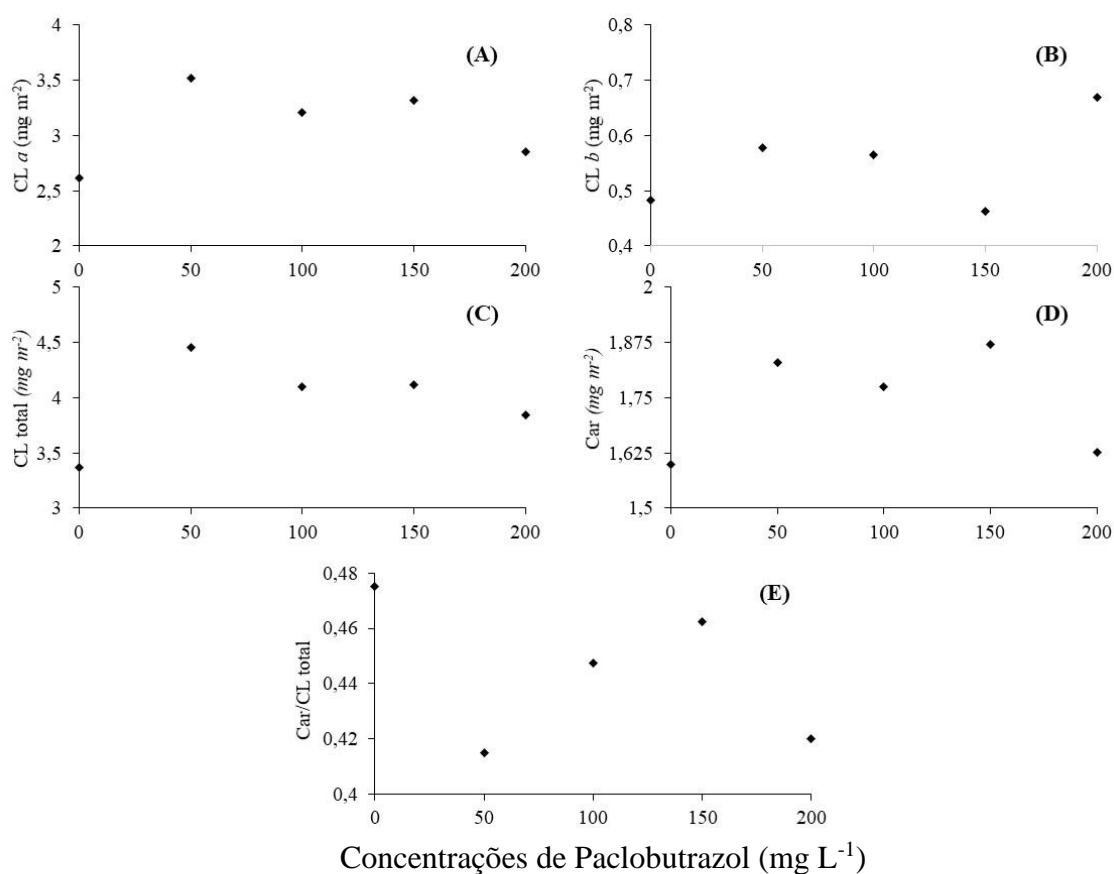


Figura 10 - Pigmentos fotossintetizantes de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) teor de clorofila *a* (Cl *a*); (B) teor de clorofila *b* (Cl *b*); (C) teor de clorofila total (Cl total *a* + *b*); (D) teor de carotenoides (Car); (E) relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total *a* + *b*).

Lima (2020) testando o efeito de diferentes doses (0; 0,5; 1; 1,5 e 2 g.i.a após a poda) de triazol por metro linear de copa em mangueiras de 5 anos de idade, no estado do Espírito Santo, com manejo de poda de frutificação e sem poda, os teores de clorofila *a*, *b* e total aumentaram até a concentração de 0,5 no manejo sem poda em relação à testemunha até decrescerem nas maiores doses. Os teores de carotenoides, relação

clorofila *a*/clorofila *b* e relação clorofila total/carotenoides não obtiveram efeito sob aplicação dos tratamentos.

Os teores de pigmentos fotossintetizantes e suas relações tendem a aumentar pela aplicação do triazol, como verificado em pimentas por de Araújo Ascoli et al. (2020). Ao se fazer a adoção da aplicação de reguladores vegetais é de grande valia que seu efeito não contribua para a diminuição ou degradação dos pigmentos, bem como, a intensidade da cor verde de folhas e proteção contra a degradação (D'Arêde et al., 2017).

Em condições de estresse salinos, as variáveis fotossintetizantes tendem a diminuir gradativamente até a degradação completa das membranas celulares ao longo de grande intervalo de tempo sobre a exposição a tal condição. De acordo Khunpona et al. (2017) mudas de arroz sob estresse salino por 7 dias, foi notificado redução média de 25%, e 50% aos 12 dias, a aplicação do triazol reduziu o efeito da degradação desses pigmentos em relação à testemunha mantida sob estresse.

Para as características número de folhas (NF), potencial hídrico foliar (Ψ_w), área foliar total (AFT), massa fresca de folhas (MFF) e massa seca de folhas (MSF) não foram possíveis observar efeito ($p < 0,05$) significativo da aplicação das diferentes concentrações do triazol sobre estas variáveis (Tabela 8) aos 120 DAT. Para a característica teor relativo de água nas folhas (TRA) foi observado efeito significativo (Tabela 8) com ajuste ao modelo de regressão polinomial de segunda ordem (quadrático) com ponto máximo de 96,74% na concentração de $38,12 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 11 B).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa de potencial hídrico foliar (Ψ_w), teor relativo de água nas folhas (TRA), número de folhas (NF), área foliar total (AFT), massa fresca de folhas (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplantio. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		Ψ_w ($\times 10^{-3}$)	TRA	NF	AFT ($\times 10^2$)	MFF	MSF ($\times 10^{-1}$)
Tratamento	4	17,150	79,595**	5,460	50,143	3,026	1,126
Resíduo	20	6,300	10,659	6,520	23,841	2,180	1,367
CV (%)		17,48	3,48	34,13	29,12	36,82	37,71

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

O NF geralmente é mantido ou acrescido com a aplicação do triazol, devido a inibição da biossíntese de GA's, ocasionalmente quebra da dominância apical e surgimento de brotações laterais pela elevada concentração celular dos fitohormônios

citocininas e ácido abscísico (D'Arêde et al., 2017). A aplicação do triazol apresentou efeito sobre o aumento de folhas, fato que está apoiado pelos médias de número de ramificações que também não foram alteradas (Tabela 8).

D'Arêde et al. (2017) relatam aumento significativo do número de folhas na concentração de 482 mg L⁻¹ em relação à testemunha, e relacionam este fato ao efeito denominado “hormese” ou contra resposta às aplicações de compostos tóxicos em baixas concentrações que, ao invés de restringir o desenvolvimento de uma variável, tende a aumentar em determinadas partes do vegetal, o qual é observado pelo comportamento curva resposta das concentrações sobre a variável, onde aumenta até esta concentração e nota-se decréscimo em altas concentrações. Inversamente a área foliar total obteve comportamento linear decrescente com o aumento das concentrações.

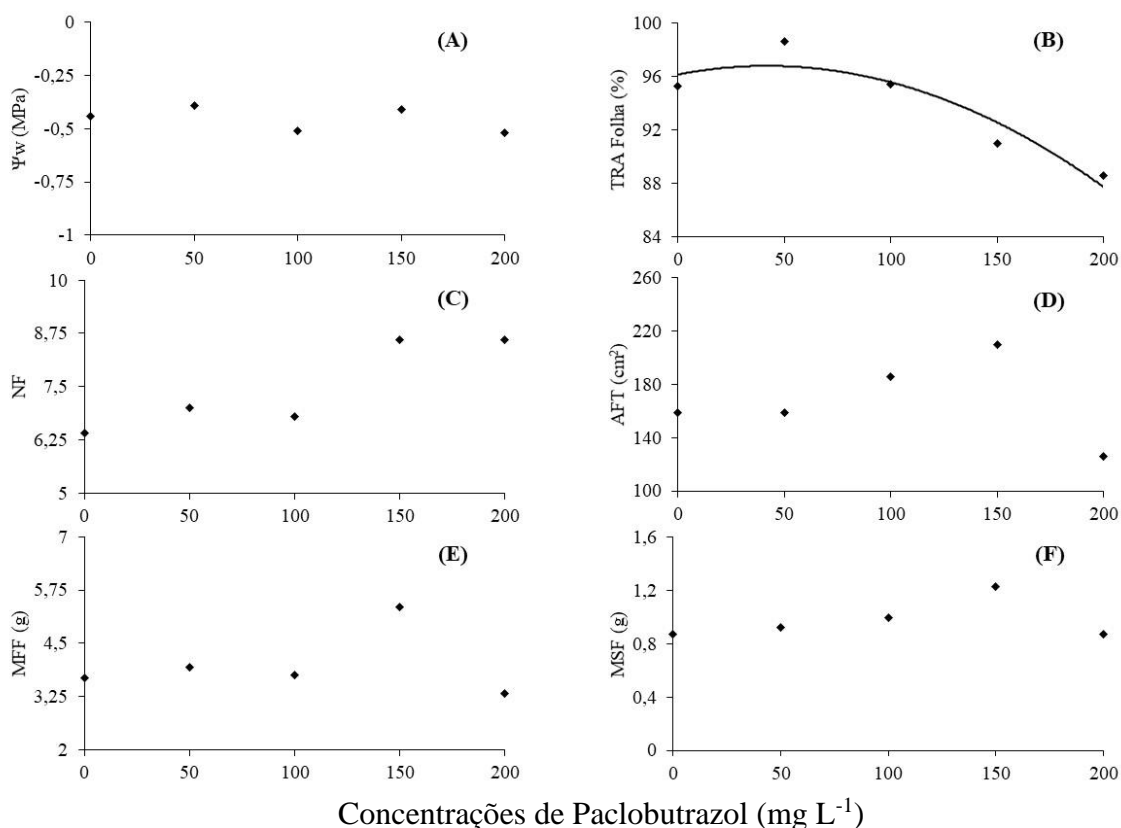


Figura 11 - Características morfológicas e bioquímicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) potencial hídrico foliar (Ψ_w); (B) teor relativo de água nas folhas (TRA): $\hat{Y}^* = 96,163 + 0,0305x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 0,88$); (C) número de folhas (NF); (D) aera foliar total (AFT); (E) massa fresca de folhas (MFF); (F) massa seca de folhas (MSF).

Ribeiro et al. (2017) obtiveram em mudas de cafeeiro aumento do NF de aproximadamente 36,29% em relação à testemunha na concentração de 200 mg L⁻¹ do

triazol aplicada via solo aos 120 DAA, atribuído a elevação do nível de citocininas que são responsáveis pela emissão de novas folhas e maior tempo de permanência destas na planta, em contrapartida a restrição do crescimento apical. Entretanto, o aumento do número de folhas não contribuiu para o aumento da área foliar total, a aplicação do triazol acarreta folhas novas com menor expansão da área foliar individual e total.

Foi relatado aumento significativo do NF em *Capsicum frutescens* e *Solanum pseudocapsicum* (Nascimento, 2018) e roseiras (Grossi et al., 2018). França et al. (2017) estudando métodos de aplicação do triazol (10 μM) em mudas de cultivares de pimenta não obtiveram diferença entre a aplicação foliar em relação à testemunha, entretanto, na aplicação via solo, a cultivar Biquinho Vermelho apresentou menor número de folhas em relação aos métodos mencionados acima.

Benett et al. (2014) apresentaram comportamento quadrático da curva resposta da área foliar nas diferentes concentrações do triazol, aplicados via foliar, em mudas de variedades de tomateiro, com ponto mínimo 102,75 mg L^{-1} , e logo após um leve acréscimo perante as maiores concentrações.

Brito et al. (2016) relataram ajuste de modelo de regressão linear decrescente até a dose de 600 mg L^{-1} no substrato em mudas de girassol, obtendo uma menor área foliar total em relação à testemunha. Teixeira et al. (2019) observaram restrição da área foliar das mudas de maracujazeiro em relação à testemunha sob a aplicação do triazol via substrato, cujo comportamento da curva resposta ter sido ajustada ao modelo de regressão de segundo grau, aliado ao fato da aplicação dos tratamentos promoverem menor alongamento celular, menor área foliar individual e redução do número de folhas.

As mudas de mandioca do presente estudo sob tratamentos com triazol foram conduzidas por 120 dias na condição próximo à capacidade de campo, o efeito crescente no teor relativo de água (Figura 11 B) foi registrado próximo a primeira concentração com presença do regulador, corroborando com o efeito do AE (Tabela 4), e posteriormente queda da curva resposta (figura 7), mesmo não havendo submissão de estresse hídrico, ocorreu expressão das concentrações na modulação do status hídrico foliar nas mudas.

Ribeiro et al. (2017) não notificou diferenças no TRA (%) com aplicação das concentrações de triazol em mudas de café, relaciona a não expressão do efeito sobre o diâmetro do colo, os quais exercem interferência sobre o status hídrico do vegetal e tendem a diminuir em condições de baixa disponibilidade de água.

Geralmente, a aplicação do triazol tende a aumentar o TRA em plantas tratadas em relação à testemunha em condições de baixa disponibilidade de água, como visto em

trabalhos com *Curcuma alismatifolia* (Jungklang e Saengnil, 2012), em *Fragaria ananassa* (Parvin et al., 2015) e em *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink (Jungklang et al., 2017) onde o triazol aumentou a turgidez celular e permaneceu distante da faixa de desidratação celular (60%).

A variável potencial hídrico foliar na antemanhã (Ψ_w) não apresentou efeito significativo sob os tratamentos devido a irrigação constante que contribuiu para não expressão, mantendo próximo a capacidade de campo. D'Arêde et al. (2017) obtiveram valores referentes a massa seca de parte aérea (folhas e caule) que apresentaram ajuste do modelo linear decrescente, e Ψ_w inferiores à testemunha nas concentrações intermediárias indicando que sob essas aplicações a água no interior da folha permanece com menor estado energético, a maior concentração tendeu a se igualar à testemunha.

No presente estudo não foi possível verificar efeito ($p < 0,05$) dos tratamentos (Tabela 8) sobre a fitomassa de folhas de mudas de mandioca e ajuste das médias ao modelo matemático de regressão polinomial (Figura 11 E e F). As concentrações modulam o crescimento da parte aérea sem interferir no balanço da fitomassa das mudas, fato também comprovado por Ribeiro et al. (2017). O fenômeno mais contundente na literatura é justamente a restrição do crescimento e menor acúmulo de biomassa na parte aérea, e aumento na fitomassa de raízes, como proposto por Pardalore et al. (2019) em pimentas e lima et al. (2020) em grama batatais.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplantio. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		MFC	MSC
Tratamento	4	15,076*	1,203*
Resíduo	20	8,193	0,639
CV (%)		23,32	27,07

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Alguns trabalhos têm relatados ganhos no acúmulo da fitomassa da parte aérea e total de mudas tratadas com diferentes concentrações do triazol, Collado e Hernández (2021) avaliaram o efeito do regulador sobre o desenvolvimento de plântulas ornamentais, e em pimenta pôr da Silva et al. (2020) com aplicação única, trabalho que

avaliou o efeito de combinação com nitrogênio e até três aplicações via foliar na fase de mudas.

O comportamento da curva resposta das variáveis massa fresca (MFC) e seca do caule (MSC) (Figura 12) seguiram a mesma tendência linear decrescente da massa fresca e seca de raízes fibrosas (Figura 11), se mantendo inferior à testemunha, essa resposta pode estar relacionada a atividade do triazol em deslocar carboidratos de reservas para o processo reprodutivo (floração) e raízes como proposto por Khalil e Aly. (2013) fenômeno não observado neste estudo.

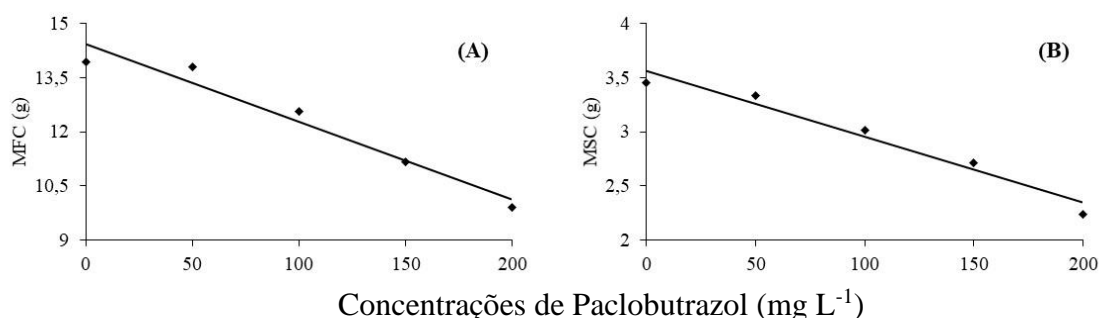


Figura 12 - Características morfológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) massa fresca de caule (MFC): $\hat{Y}^* = 14,416 - 0,0214x$ ($r^2 = 0,95$); (B) massa seca de caule (MSC): $\hat{Y}^* = 3,5616 - 0,0061x$ ($r^2 = 0,96$)

Todas as variáveis referentes à análise das raízes fibrosas foram verificadas respostas ($p < 0,05$) sob a aplicação das diferentes concentrações do triazol (Tabela 10), verificado efeito sobre o comprimento de raízes fibrosas (CRAIZF), diâmetro de raízes fibrosas (DRAIZF), volume de raízes fibrosas (VRAIZF), massa fresca de raízes fibrosas (MFRF) e massa seca de raízes fibrosas (MSRF) aos 120 DAT.

Para ambas as variáveis CRAIZF, VRAIZF, MFRF e MSRF foram estabelecidos modelos de regressão polinomial lineares decrescentes em relação a aplicação das concentrações do triazol em mudas tratadas e respectiva testemunha (Figura 13 A C, D e E, respectivamente).

As variáveis reduziram sua expressão a maneira que se aumentou as concentrações do regulador, fato incomum, e que é apoiado pelo impacto negativo do triazol e ocorrência do florescimento no período de mudas do presente estudo. No momento do florescimento acarreta a translocação de carboidratos dos tecidos de reservas para o ponto de inserção das gemas floríferas (ponto de diferenciação celular), mas como se tratava de mudas advindas da multiplicação rápida, tenras e com baixo conteúdo de

reservas, a translocação das reservas prejudicou o incremento de biomassa nas raízes em relação às mudas sem aplicação do triazol.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa comprimento de raízes fibrosas (CRAIZF), diâmetro de raízes fibrosas (DRAIZF), volume de raízes fibrosas (VRAIZF), massa fresca de raízes fibrosas (MFRF) e massa seca de raízes fibrosas (MSRF) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplante. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		CRAIZF	DRAIZF (x 10 ⁻¹)	VRAIZF	MFRF (x 10 ⁻²)	MSRF
Tratamento	4	6,473**	9,319*	3,235*	3,878*	38,730**
Resíduo	20	0,477	0,487	0,960	1,009	7,769
CV (%)		20,32	21,43	25,25	30,97	48,10

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Teixeira et al. (2019) definiram o modelo de regressão polinomial de segunda ordem para a característica volume de raízes fibrosas no maracujazeiro amarelo, para a variável diâmetro de raízes foi adotado o modelo de terceira ordem, onde ambas as concentrações foram significativamente superior à testemunha, fato justificado pela alteração fonte dreno com o papel antagônico do triazol em bloquear a síntese de giberelinas, conseqüentemente, restrição do crescimento da parte aérea e maior desenvolvimento do sistema radicular, como já observado por Kamram et al. (2018) na cultura do milho, D'Arêde et al. (2017) e Ribeiro et al. (2017) em mudas de cafeeiro, e em *Catharanthus roseus* (Jaleel et al., 2007). Fletcher et al. (2000) associa o ganho em incremento do alongamento das raízes fibrosas à presença de células maiores no parênquima devido a aplicação do triazol o que induz a expansão celular.

Wagas et al. (2017) estudando o efeito da aplicação de triazol na cultura da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) em condições salinas, puderam comprovar que ocorre acréscimo do comprimento e massa fresca de raízes em plantas tratadas, indicando que a aplicação do triazol mantém a morfologia das raízes em solos salinos igualmente ao de plantas submetidas a condições adequadas, graças ao ajuste osmótico e papel atenuante em mitigar o estresse em condições adversas.

Em geral, a aplicação de concentrações de triazol via foliar, encharcamento via solo ou mesmo substrato, é evidenciado um maior acúmulo de fitomassa em raízes em detrimento à parte aérea, devido a inversão da fonte-dreno. Tem sido relatado acréscimo

em diferentes culturas, fases fenológicas e concentrações como em trabalhos de Zenhom et al. (2018), Mehmood et al. (2021), Yooyongwech et al. (2017), Jabir et al. (2017) e Jie et al. (2017).

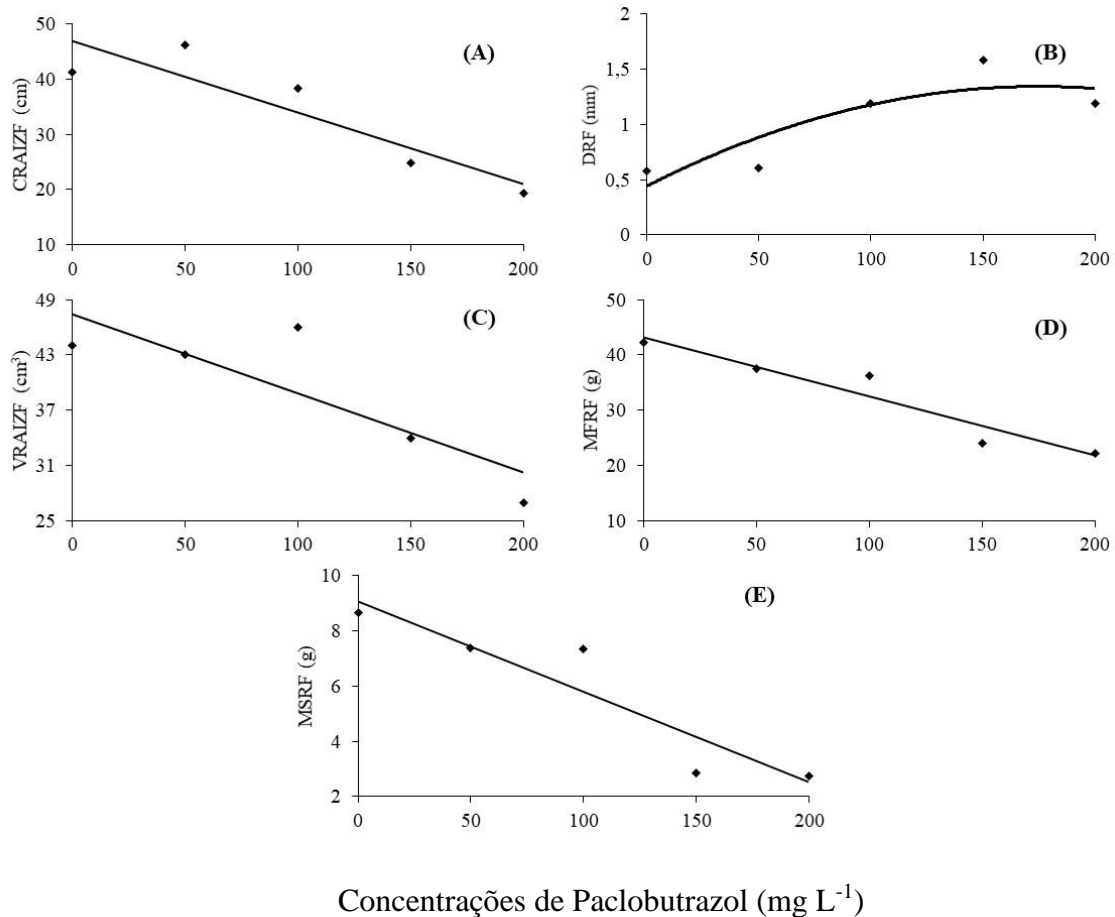


Figura 13 - Características morfológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) comprimento de raízes fibrosas (CRAIZF): $\hat{Y}^{**} = 47 - 0,13x$ ($r^2 = 0,82$); (B) diâmetro de raízes fibrosas (DRAIZF): $\hat{Y}^* = 0,4425 + 0,0103x - 0,00003x^2$ ($R^2 = 0,75$); (C) volume de raízes fibrosas (VRAIZF): $\hat{Y}^{**} = 47,4 - 0,086x$ ($r^2 = 0,71$); (D) massa fresca de raízes fibrosas (MFRF): $\hat{Y}^{**} = 43,129 - 0,1068x$ ($r^2 = 0,91$); (E) massa seca de raízes fibrosas (MSRF): $\hat{Y}^{**} = 9,0652 - 0,0327x$ ($r^2 = 0,86$).

A variável diâmetro de raízes fibrosas (DRAIZF) apresentou resposta significativa ($p < 0,05$) à aplicação dos tratamentos (Tabela 10), com ajuste ao modelo de regressão polinomial de segunda ordem (Figura 11 B), com ponto máximo (1,32mm) obtido na concentração de 171,7 mg L⁻¹ e pouca oscilação até a maior concentração, mantendo-se as médias superiores à testemunha. O crescimento de raízes fibrosas é tido como uma importante característica na adaptação e desenvolvimento de plantas diferentes condições

edafoclimáticas, para melhor absorção de água e nutrientes, no entanto, o aumento do diâmetro ocasionado pela aplicação do triazol e sua função ainda não estão bem esclarecidos, sendo necessário mais estudos para elucidar os pontos positivos e negativos sobre o aumento do diâmetro de raízes fibrosas na cultura da mandioca.

Kamran et al. (2018) e Soumya et al. (2017) justificam que o aumento do diâmetro de raízes do milho é devido ao aumento das células e camadas do parênquima cortical, ou mesmo a translocação de fotoassimilados, apoiado pelos resultados de Fletcher et al. (2000) na cultura da soja e Teixeira et al. (2019) em maracujazeiro amarelo. No entanto, há trabalhos que identificaram restrição do desenvolvimento do diâmetro de raízes, que se apoiam em que, geralmente, não é possível obter condições de desenvolvimento de plantas dos trabalhos anteriores, e que o triazol implica em efeitos variados até mesmo condições semelhantes de cultivo (Kamran et al., 2018).

Quase totalidade das variáveis referentes às avaliações (Diâmetro e comprimento) de raízes tuberosas foram significativas (Tabela 11) ao teste de média ($p < 0,05$), com exceção do número de raízes tuberosas (NRAIZT) à aplicação das diferentes concentrações do triazol, via substrato, no período de mudas em tubetes.

Mesmo não sendo significativo ao teste de médias onde apresentou alto valor de coeficiente de variação (Tabela 11), as médias do NRAIZT puderam se ajustar ao modelo de regressão polinomial linear decrescente, com R^2 de 0,96, onde o maior número foi obtido pela testemunha e menores médias em função do aumento das concentrações (Figura 14 A).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa número de raízes tuberosas (NRAIZT), diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZT) e comprimento de raízes tuberosas (CRAIZT) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 120 dias após o transplantio. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		NRAIZT	DRAIZT	CRAIZT
Tratamento	4	3,500	20,618*	15,635*
Resíduo	20	1,300	6,928	4,795
CV (%)		43,85	25,28	28,00

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

As variáveis DRAIZT e CRAIZT foram significativas ($p < 0,05$) e apresentaram médias que se ajustaram ao modelo de regressão linear pela curva resposta (Figura 14 B

e C, respectivamente). A diminuição destas variáveis de raízes em relação às plantas tratadas e à testemunha, se apoiam no fenômeno de translocação de reservas para os pontos de florescimento ocorrido no período de mudas.

A aplicação exógena de triazol aumenta a partição de fotoassimilados para as raízes de sustentação e de armazenamento, ao mesmo tempo que restringe o alongamento longitudinal de caules e expansão foliar. As enzimas ADP-glicose pirofosforilase são responsáveis pela síntese de amido, estoque e aumento do diâmetro de raízes, em condições normais de atividade celular (Tekalign e Hammes, 2005).

No momento em que se avaliou o comportamento das raízes fibrosas (adventícias e basais) e tuberosas, se tratava de um período de transição no estágio fenológico, onde as raízes fibrosas (fixação e absorção) entraram em processo de diferenciação e iniciou-se o procedimento de tuberização (Chaweewan e Taylor, 2015).

A aplicação do triazol neste estudo afetou negativamente as variáveis de raízes tuberosas, as raízes de armazenamento são consideradas a principal constituinte comercial da cultura da mandioca, entretanto, nesse momento o interesse era de apenas suporte para propiciar um melhor estabelecimento e desenvolvimento de mudas à campo.

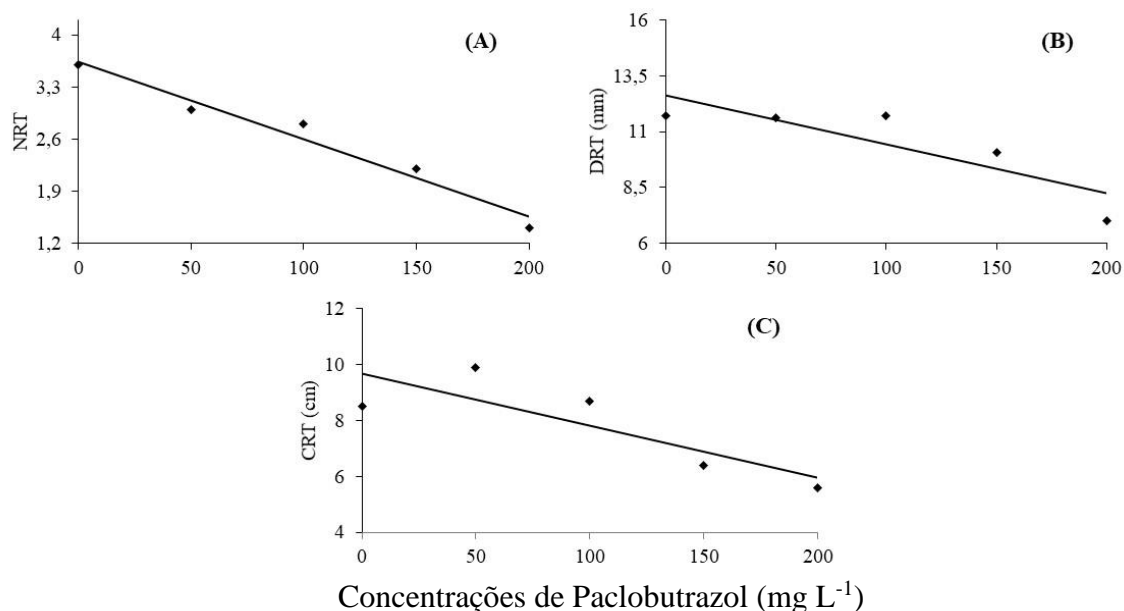


Figura 14 - Características morfológicas de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) número de raízes tuberosas (NRAIZT): $\hat{Y}^{**} = 3,64 - 0,0104x$ ($r^2 = 0,96$); (B) diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZT): $\hat{Y}^{**} = 12,6 - 0,0219x$ ($r^2 = 0,72$); (C) comprimento de raízes tuberosas (CRAIZT): $\hat{Y}^{**} = 9,68 - 0,0186x$ ($r^2 = 0,70$).

A relação entre as características morfológicas de número, comprimento e diâmetro de raízes tuberosas e concentrações do triazol foram definidas pelo ajuste ao modelo de regressão linear decrescente, onde as médias dos tratamentos permaneceram inferiores à média da testemunha (Figura 14).

A aplicação do triazol em culturas de tubérculos influencia a velocidade e aumento de raízes em processo de tuberização, pela ação antagônica da síntese de GA's e inversão do direcionamento dos fotoassimilados, dessa maneira estimula o processo de armazenamento de amido em raízes (Šimko,1994). Esse aumento foi tratado por Bueno (2018) no desenvolvimento *in vitro* de acessos de *Pfaffia glomerata*, Tekalign e Hammes (2005) em *Ipomoea batatas* e Abah et al. (2017) em *Manihot esculenta* Crantz. A menor concentração de GA's, elevação de teores de citocininas e auxinas, aceleram o processo de tuberização na cultura da mandioca (Panyapruek et al., 2016) devido a aplicação do triazol, via solo, também foi relatado aumento da matéria seca e produção.

Pelos resultados obtidos neste estudo, é nítido que a aplicação dos tratamentos com triazol em mudas de mandioca reduziram as variáveis de crescimento e prejudicou a distribuição de fitomassa em toda a estrutura vegetal, corroborando com o trabalho de Téllez (2020) em abacaxi ornamental em vasos, cujos tratamentos foram aplicados via coroa.

As GA's são responsáveis pelo crescimento do vegetal, regulação do crescimento e florescimento, o qual ocorre em condições adversas ao crescimento de raízes, ou seja, a ocorrência de flores se dá em contrapartida a redução dos teores das giberelinas (Monselise, 1985). Fato que fortalece a hipótese de a ocorrência de florescimento neste estudo ter prejudicado o desenvolvimento de raízes.

No presente estudo, foi observado o efeito significativo ($p < 0,05$) da aplicação de diferentes concentrações de triazol sob as variáveis anatômicas do caule (Tabela 12) de mudas de mandioca em vasos aos 120 DAT.

O caule, em corte transversal, apresentou crescimento secundário em todos os tratamentos. Com sistema de revestimento secundário (periderme) instalado, exibiu córtex e medula parenquimática. Os tecidos vasculares secundários aparecem como um cilindro contínuo, com raios parenquimáticos estreitos. Na região do córtex, camadas de fibras são observadas na região do floema, cuja presença persiste sem alteração do espessamento de parede nas mudas tratadas com as diferentes concentrações do triazol.

O Triazol ocasionou efeito significativo no xilema. O valor médio do diâmetro dos elementos de vaso (DCXSC) apresentou adequação para o modelo de regressão de

terceira ordem, exibindo ponto máximo de 23,64 μm na concentração de 58,89 mg L^{-1} e ponto mínimo de 12 μm na concentração de 189,77 mg L^{-1} (Figura 15 A).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa do diâmetro (DCXSC) e densidade (DESXSC) dos elementos de vaso; espessura do cilindro vascular (ECXSC); espessura (ECVC) e número de camadas celulares (NCCVC) da zona cambial de segmentos do caule em crescimento secundário, em corte transversal, de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em vasos aos 120 DAT, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QM			GL	QM	
		DCXSC (x10)	ECXSC (x10 ³)	ECVC		DESXSC (x10)	NCCVC
Tratamento	4	11,242*	42,919**	243,395**	4	36,195**	2,200*
Resíduo	45	3,594	0,994	38,862	15	0,473	0,516
CV (%)		31,15	13,98	20,81		4,31	15,45

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

As médias da variável espessura do cilindro vascular (ECXSC) foi descrita tendência ao modelo de regressão polinomial de terceira ordem, onde o ponto de máxima culminou na concentração de 31,55 mg L^{-1} e ponto mínimo em 154 mg L^{-1} , ambas com 312 e 134 μm , respectivamente (Figura 15 B).

As moléculas do triazol são transportadas preferencialmente via xilema (Zhang et al., 2021), por isso notou-se aumento em determinadas concentrações nas variáveis referentes a este vaso. O estabelecimento de vasos secundários, responsáveis pela condução de água e nutrientes no sentido ascendente pelo xilema, e fotoassimilados (descendente) pelo floema, não influenciaram no status hídrico das mudas tratadas com triazol (Tabela 4).

A aplicação do triazol acresceu a densidade de vasos (DESXSC) até a concentração 88,78 mg L^{-1} (modelo quadrático), o qual apresentou ponto máximo de 59,6 unidades/ mm^{-2} (Figura 15 D). Logo após foi notado um declínio acentuado, onde a média de densidade de elementos de vaso na maior concentração permaneceu 39,45% inferior ao ponto culminante e 19,19% em relação à testemunha.

Menor densidade de vasos do xilema foi verificado no caule sob maior concentração do triazol, logo, valores reduzidos de diâmetro e espessura dos vasos xilemáticos, atribuídos a ação triazol no vegetal por inibir o crescimento da parte aérea ou ter proporcionado estresse químico. Onde menor expressão dos vasos normalmente

levaria a melhoria no status hídrico de mudas em condições de estresse hídrico, todavia, tal condição não foi imposta para este estudo.

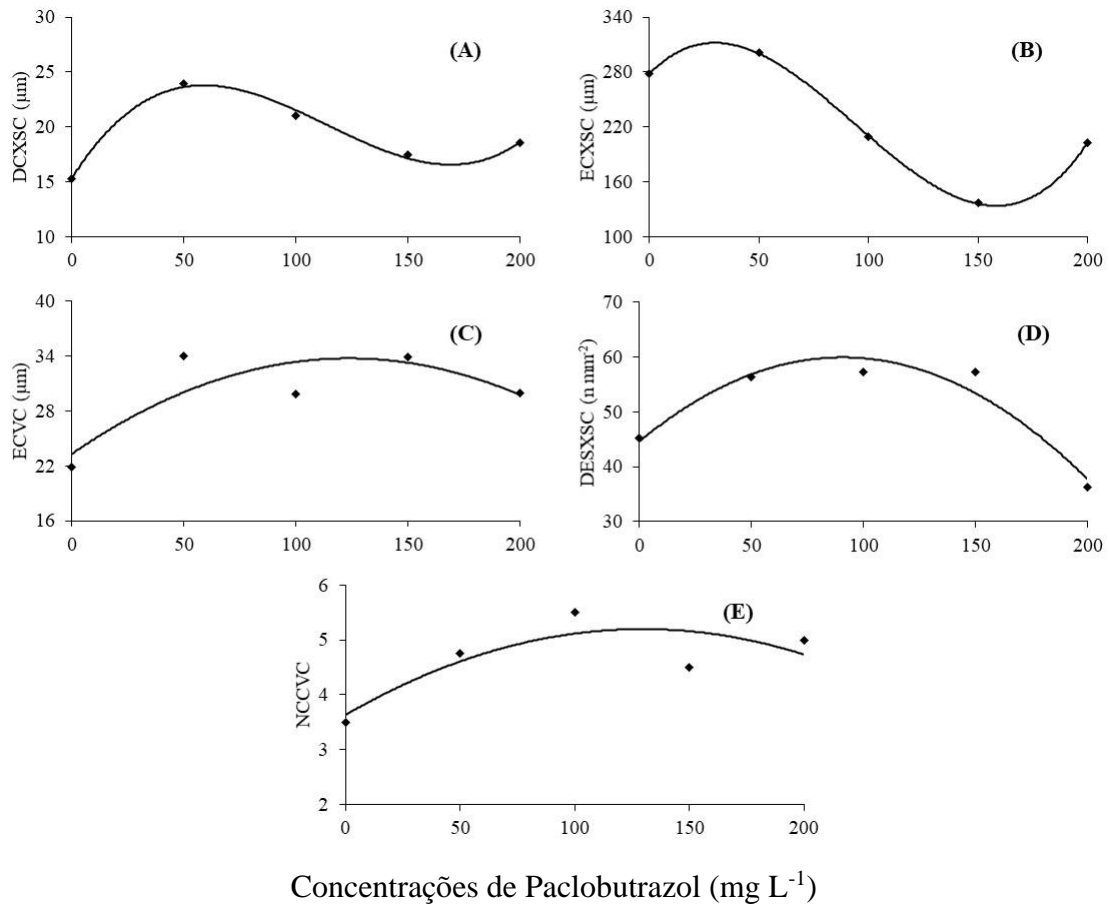


Figura 15 - Características anatômicas do caule, em corte transversal, de mudas de mandioca em vasos após a aplicação via substrato de triazol. (A) diâmetro dos elementos de vaso (DCXSC): $\hat{Y}^* = 15,348 + 0,3239x - 0,0037x^2 + 0,00001x^3$ ($R^2 = 0,99$); (B) espessura do cilindro vascular (ECXSC): $\hat{Y}^{**} = 278,34 + 2,3947x - 0,0476x^2 + 0,0002x^3$ ($R^2 = 1$); (C) espessura da zona cambial (ECVC): $\hat{Y}^{**} = 23,314 + 0,169x - 0,0007x^2$ ($R^2 = 0,7$); (D) densidade dos elementos de vaso (DESXSC): $\hat{Y}^{**} = 44,61 + 0,3374x - 0,0019x^2$ ($R^2 = 0,93$); (E) número de camadas celulares do câmbio vascular (NCCVC): $\hat{Y}^* = 3,6357 + 0,0241x - 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,7$).

As variáveis número de camadas celulares da zona cambial (NCCVC) e espessura da zona cambial do caule (ECVC) apresentaram tendência de aumento com a aplicação dos tratamentos, com ajuste para modelo de regressão quadrático (Figura 15 C e E, respectivamente). As médias das variáveis permaneceram superiores à testemunha, com pontos de máxima de 5,25 e 33,51 μm obtidos nas concentrações de 133,9 e 120,7 mg L^{-1} , para NCCVC e ECVC, respectivamente.

Houve aumento da espessura dos estratos celulares da zona cambial do caule das mudas tratadas em relação à testemunha, porém, as médias das mudas que foram

submetidas a aplicação do triazol acarretaram pouca variação deste parâmetro entre os tratamentos (T2, T3, T4 e T5).

O aumento da espessura da zona cambial indica maior atividade deste meristema (Teixeira et al., 2019) e está intimamente ligado às respostas de diâmetro dos elementos de vaso, espessura do cilindro vascular e densidade dos elementos de vaso do xilema secundário do caule. O crescimento secundário ocorre com a instalação do câmbio vascular, que forma floema e xilema secundário. A aplicação do triazol desencadeou o aumento da atividade do câmbio vascular (Figura 15 C e E, respectivamente) em mudas tratadas, no entanto, a testemunha também apresentou crescimento secundário, com presença do câmbio vascular, com atividade cambial reduzida.

O fenômeno do crescimento secundário está associado à idade, fatores estressantes como excesso de água ou mesmo sua falta, térmico, entre outros (Prata e Mendonça, 2009), e neste caso, também pela aplicação exógena do triazol no período de mudas, o qual reduziu precocemente o período de juvenilidade das mudas. Ainda assim, não foi possível comprovar tal interferência pelos fatores abióticos, devido às mudas terem sido conduzidas em ambiente protegido durante o período de mudas e em vasos.

Em mudas tratadas com PBZ o câmbio vascular apresenta maior atividade na formação de vasos condutores em relação às não tratadas, o córtex aumenta até duas vezes mais e acumula nutrientes, enquanto a diferenciação vertical é restringida, McDaniel et al. (1990) avaliando a alteração morfológica do caule de *Euphorbia pulcherrima* sob a aplicação de 25 mg L⁻¹, averiguou redução dos vasos xilemáticos, com células e fibras ambíguas, aos 28 dias após a aplicação foliar.

Teixeira et al. (2019) verificaram diminuição da espessura da zona cambial, diâmetro basal do caule e diâmetro médio das células do xilema, aumento da densidade de vasos xilemáticos e diâmetro do caule (20 cm do solo), ambas até a maior concentração (160 mg L⁻¹) de paclobutrazol aplicado via substrato em mudas de maracujazeiro amarelo.

Na mesma linha de raciocínio, Abd El-Aal e Mohamed (2017) relataram aumento significativo do diâmetro do caule de *Pelargonium zonale*, devido influência positiva da combinação de pinching e PBZ sobre as variáveis anatômicas de córtex, cutícula, periderme, espessura dos vasos e região do câmbio vascular de plantas tratadas em relação à testemunha.

O vegetal ao ter seu desenvolvimento vegetativo inibido pela ação de composto triazolico, promove modificações anatômicas, morfológicas e fisiológicas, reduzindo a juvenilidade em algumas espécies, melhorando o status protetor em plantas submetidas a

estresses e estimulam o desenvolvimento reprodutivo em determinadas angiospermas (Soumya et al., 2017). Em condições normais, Luz solar e giberelinas induzem o vegetal a incorporar moléculas de carbono e cálcio para a formação de parede na parte aérea (caule e folhas) e síntese de lignina para proteção e sustentação do crescimento da parte aérea (Falcione, 2017), por outro lado, a aplicação de triazol (inibidor de giberelinas) acarreta restrição do crescimento de parte aérea e maior desenvolvimento do sistema radicular.

Apesar, o comportamento das variáveis DCXSC, ECXSC, DESXSC NCCVC e ECVC não contribuíram para resposta significativa do diâmetro do caule (Tabela 12) no período de avaliação, possivelmente por menores impactos no parênquima medular e cortical do caule.

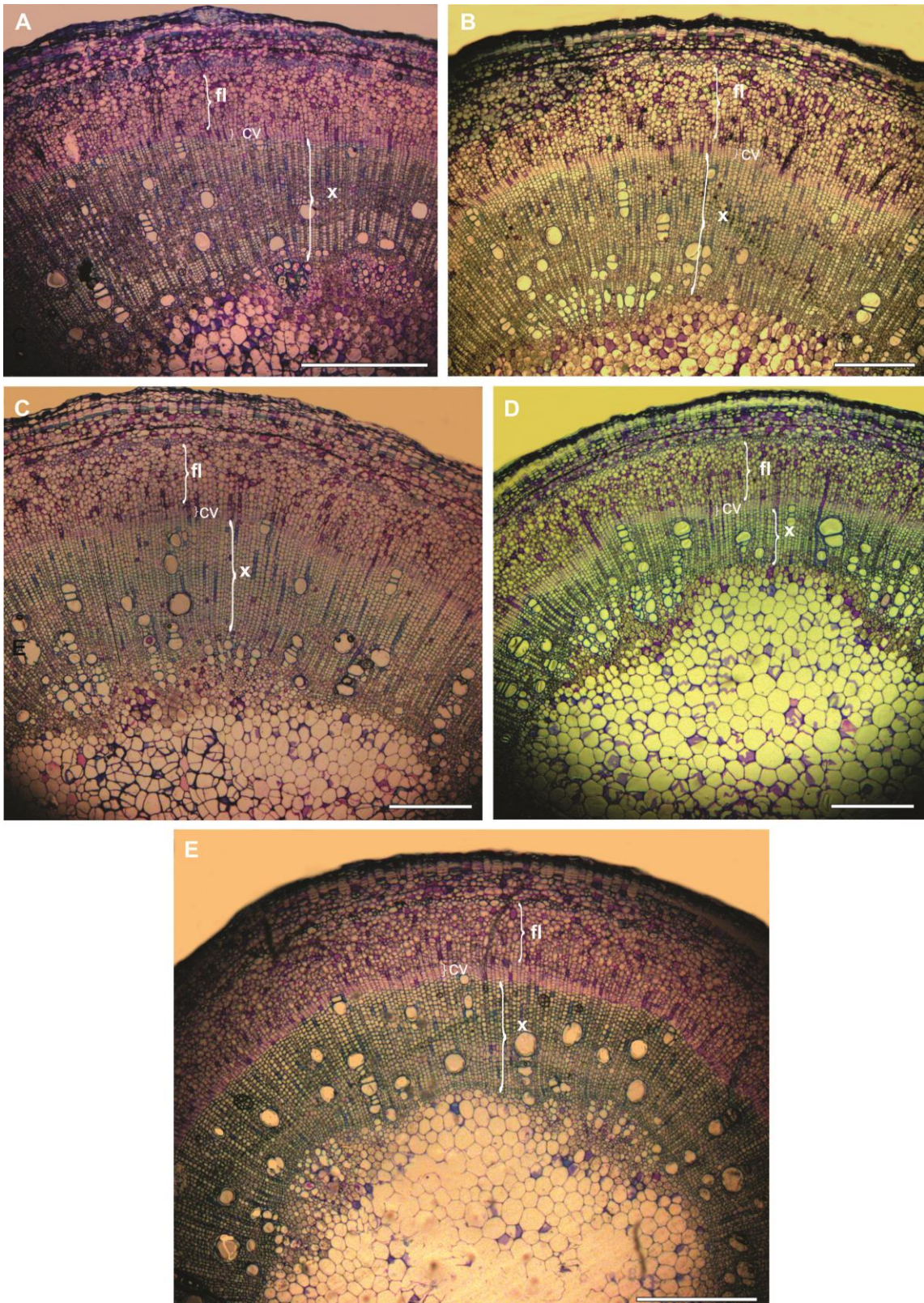


Figura 16 - Fotomicrografias de secções transversais do caule de mudas de mandioca após a aplicação de diferentes concentrações de triazol via substrato no período de mudas. (A) testemunha; (B) 50 mg L⁻¹; (C) 100 mg L⁻¹; (D) 150 mg L⁻¹; (E) 200 mg L⁻¹, evidenciados elementos de vasos secundários (xilema e floema) e câmbio vascular.

A ação do triazol foi evidenciada ($p < 0,05$) sob os parâmetros espessura do córtex (ECR) e diâmetro dos elementos de vaso do xilema secundário (DCXSR). Entretanto, não foi possível verificar resposta significativa ($p < 0,05$) e ajuste de modelo de regressão polinomial (Figura 17 B) que explicasse o comportamento das médias da variável número de camadas do córtex (NCCR) em raízes fibrosas de mudas de mandioca em vasos aos 120 DAT (Tabela 13).

Tabela 13 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa das características de espessura (ECR) e número de camadas celulares do córtex (NCCR), diâmetro das células dos elementos de vaso do xilema secundário (DCXSR) de raízes fibrosas de mudas de mandioca da variedade BRS Novo Horizonte em vasos, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QM		GL	QM
		ECR ($\times 10^2$)	NCCR		DCXSR ($\times 10$)
Tratamento	4	37,956**	36,920	3	45,695**
Resíduo	45	2,364	2,962	36	0,507
CV (%)		7,44	14,36		10,61

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Nesta fase de desenvolvimento do órgão e avaliação dos cortes transversais, foi notório epiderme e exoderme unisseriadas, córtex parenquimático a endoderme com estria de Caspary evidente. O cilindro vascular, constituído por cinco pólos de protoxilema (pentarco), apresentou periciclo unisseriado e medula parenquimática.

Foi apresentado efeito crescente da ECR (modelo quadrático) até o T3 em relação à testemunha sob aplicação do triazol, e pouca oscilação do T2 até o T4, entretanto, a maior concentração (T5) apresentou média inferior aos demais tratamentos e a testemunha (Figura 17 A). O ponto máximo de 226,4 μm foi obtido na concentração de 95,9 mg L^{-1} , efeito mais notório nas mudas do T2 e T3, onde foi percebido presença de xilema e floema secundários bem estabelecidos.

A ECR seguiu o mesmo comportamento do diâmetro médio das raízes fibrosas (tabela 13), entretanto, diferiu-se no comportamento da média da maior concentração (T5), o qual estatisticamente (Figura 17 A) apresentou espessura reduzida das células das camadas do córtex e maior presença de compostos fenólicos, sinalizando estresse nas mudas tratadas sob a maior concentração.

Como verificado por Teixeira et al. (2019), houve aumento do número de camadas e da espessura do córtex de raízes, episódio verificado até as concentrações intermediárias no presente estudo (Figura 17 A e C), até a maior concentração apresentar médias

inferiores às demais, e o número de camadas não apresentando resposta (Figura 17 B) significativa ($p < 0,05$).

A aplicação do triazol inibe a biossíntese das giberelinas, acarretando menor expansão das células vegetais da parte aérea e aumentando o volume radial do sistema radicular (Jabir et al., 2017) pela ação das citocininas, fato que contribuiu para aumento do diâmetro médio das raízes, espessura do córtex até a concentração intermediária e surgimento do crescimento secundário nas raízes de mudas de mandioca submetidas aos tratamentos com triazol, excluindo o caso na testemunha.

A aplicação do triazol promoveu o surgimento do câmbio vascular nas raízes das mudas tratadas com PBZ, em contraste à testemunha que apresentou crescimento primário. Por outro lado, a atividade do câmbio vascular adicionou células de floema e xilema secundário. O periciclo também sofreu efeito dos tratamentos, apresentando intensa divisão celular, visto tratar-se de um tecido que tem a capacidade de retomar a atividade meristemática e participar na formação do câmbio vascular (Taiz e Zeiger, 2017), entretanto, neste período não foi observado sua divisão na testemunha, se fez presente em uma única camada sem sofrer divisão.

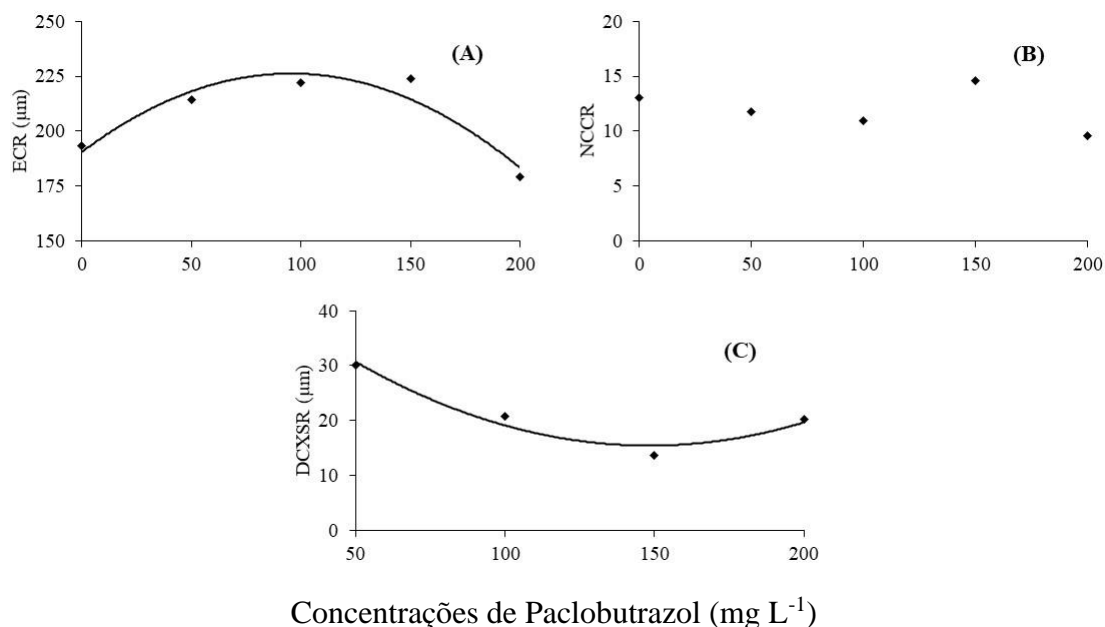


Figura 17 - (A) espessura do córtex (ECR): $\hat{Y}^* = 190,53 + 0,748x - 0,0039x^2$ ($R^2 = 0,91$); (B) número de camadas celulares do córtex de raízes (NCCR); (C) e diâmetro de elementos de vaso do xilema secundário de raízes (DCXSR): $\hat{Y}^{**} = 50,211 - 0,4693x + 0,0016x^2$ ($R^2 = 0,95$) de mudas de mandioca em vasos após a aplicação via substrato de triazol.

É evidenciado o uso de apenas quatro pontos no gráfico (Figura 17 C), devido ao desenvolvimento de elementos de vasos secundários (crescimento secundário) apenas nos tratamentos contendo aplicação do triazol, excluindo o tratamento testemunha na variável envolvendo xilema secundários na raiz, pois apresentou apenas crescimento primário.

A atividade do câmbio vascular promoveu o aumento do diâmetro das raízes sob a aplicação dos tratamentos com presença do triazol (Tabela 13) por acrescentar floema e xilema secundários e também promover a atividade de divisão das células pericíclica, situação também evidenciada na espessura do córtex.

Apesar de não quantificado, houve visível aumento de idioblastos contendo compostos fenólicos na região cortical da raiz de mudas sob aplicação dos tratamentos com presença do triazol, de forma mais acentuada na maior concentração (Figura 18) a qual apresentou a menor espessura média do córtex.

Compostos fenólicos possuem vários efeitos biológicos, incluindo atividade antioxidante e desempenham um papel importante na mecânica de defesa da planta sob condição de estresse (Wojdylo et al., 2007; Xiang et al., 2019; Albuquerque et al., 2021). O aumento das concentrações de PBZ acresce a biossíntese de compostos fenólicos, idioblastos e substâncias de reserva, fato evidenciado por Oliveira et al. 2020 em mangueira, e também no presente estudo, que pode ser visualizado na raiz em corte transversal sob aplicação do triazol (Figura 18).

A síntese de compostos fenólicos, metabólitos secundários, em alguns casos se dão a partir de estresse térmico (alta radiação), atuam como fotoprotetores e na dissipação de moléculas de radicais livres no aparato fotossintético, são considerados excelentes indicadores de defesa de plantas sob respostas a interação com o meio ambiente (Taiz e Zeiger, 2017), como é o caso dos metabólitos secundários linamarina e lotoastralina (compostos cianogênicos) na mandioca.

Nas raízes das mudas sob tratamentos de 50 e 100 mg L⁻¹ foi verificado afrouxamento das células do córtex pela presença de espaços entre as células do córtex, constituindo aerênquima lisogênico (Figura 18), responsáveis pela difusão dos gases do interior das raízes para o meio externo do vegetal, diagnosticado pela ruptura de membranas e, posteriormente, morte celular devido ao aumento da sintetização do etileno no vegetal desencadeado pela ação do triazol.

Para a variável DCXSR foi definido ajuste para o modelo de regressão polinomial de segunda ordem (quadrático) com tendência a redução da variável sob influência da elevação das concentrações em relação ao tratamento de 50 mg L⁻¹ (Figura 17 C). O ponto

mínimo (15,8 μm) foi obtido na concentração de 146,6 mg L^{-1} , apesar de não ter sido avaliado a densidade de vasos e o número de elementos de vaso observados, os tratamentos de T4 e T5 apresentaram aparentemente menor número de células, no entanto, algumas com diâmetros superiores aos tratamentos T2 e T3 (Informação pessoal).

O aumento dos elementos de vasos condutores melhora a distribuição de fotoassimilados e transporte de água e sais minerais na planta em condições ótimas de desenvolvimento, resultados que estão de acordo com os obtidos por Abd El-Aal e Mohamed (2017) em *Pelargonium zonale*, e Gopi et al., (2009) em *Ocimum sanctum*.

Em estudo conduzido por Jabir et al. (2017) em *Raphanus sativus*, obteve maior número de vasos condutores e densidade de vasos, menor número de camadas no córtex e maior diâmetro das células, maior assimilação e deposição de amido em relação às plantas tratadas com ácido giberélico. O paclobutrazol apresenta significativa influência no aumento do peso e diâmetro axial da raiz, como em *Daucus carota* (Mariana e Hamdami, 2016), *Ipomoea batatas* (Ribeiro et al., 2021) e *Manihot esculenta* Crantz (Polthanee et al., 2019).

Algumas plantas possuem a capacidade de modular suas características morfológicas e até fisiológicas com o intuito de melhorar seu desempenho hídrico em condições adversas (Dória et al., 2016). Células do xilema com maior diâmetro podem não ser necessariamente uma boa resposta ao status hídrico do vegetal, caso obtido neste estudo, onde células de menor diâmetro e em maior densidade podem melhor conduzir água em condições de déficit hídrico, sem perda de eficiência por embolia e surgimento de gases no interior dos ductos condutores.

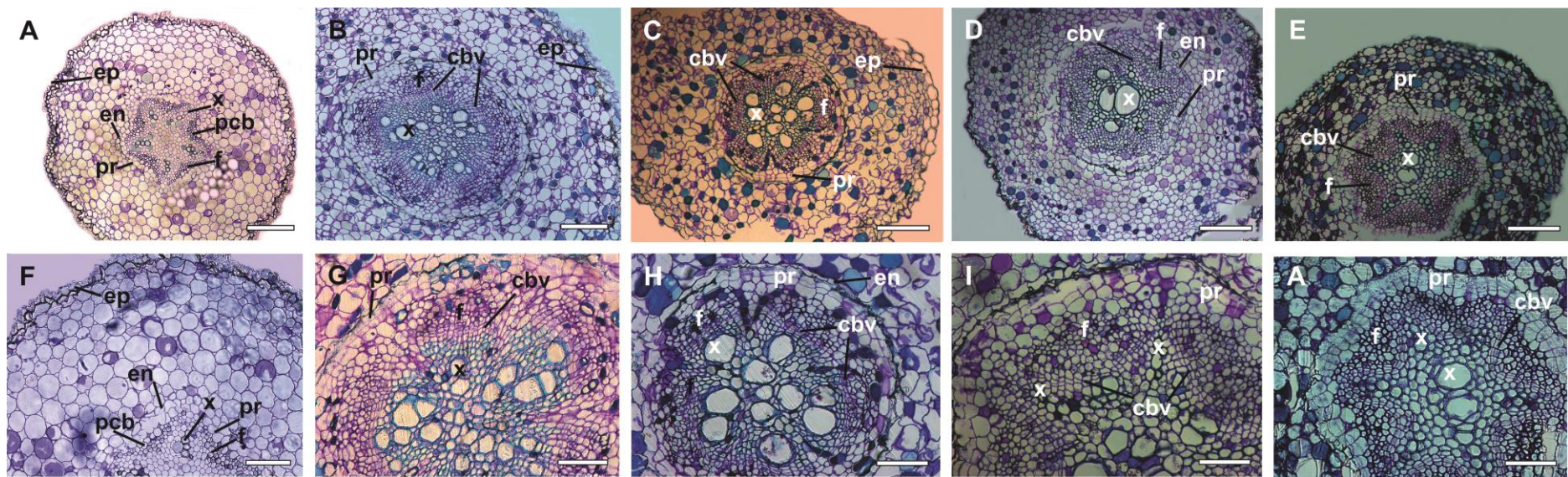


Figura 18 - Fotomicrografias de secções transversais de raízes de mudas de mandioca após a aplicação de diferentes concentrações de triazol via substrato no período de mudas. (A, F) testemunha; (B, G) 50 mg L⁻¹; (C, H) 100 mg L⁻¹; (D, I) 150 mg L⁻¹; (E, J) 200 mg L⁻¹, evidenciados elementos de vasos secundários (xilema e floema), câmbio vascular, periciclo, epiderme, endoderme e compostos fenólicos (coloração azul).

4.2 Experimento 2 - Ensaio II: mudas de mandioca conduzidas à campo

Nesta etapa, as plantas conduzidas à campo após o transplântio de mudas submetidas aos tratamentos com triazol no período de mudas, não foi possível constatar ($p < 0,05$) efeito do regulador sobre as variáveis fisiológicas de trocas gasosas foliares aos 45 dias após o transplântio (DAT) (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa fisiológicas de taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$), taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A μ mol CO_2 $m^{-2} s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i μ mol CO_2 mol $^{-1}$ ar) e eficiência do uso da água (A/E) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ, aos 45 dias após o transplântio. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		E	g_s ($\times 10^{-2}$)	A	C_i ($\times 10^2$)	AE
Bloco	7	1,175*	2,581	5,509	8,119*	2,225*
Tratamento	4	0,230	1662	10,699	2,705	0,295
Resíduo	28	0,136	1,365	5,415	1,464	0,215
CV (%)		9,731	15,89	16,47	4,90	12,30

*Significativo pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Não foi possível ajuste das médias para modelo de regressão polinomial para os parâmetros referentes as trocas gasosas foliares aos 45 DAT (Figura 19 A, B, C, D, e E, respectivamente).

Os inibidores da biossíntese das giberelinas são condicionantes químicos que modificam processos morfofisiológicos e propicia impactos positivos nos feitiços de qualidade de mudas (Benett et al., 2014). Dada a relevância dos processos envolvidos na coleta de energia luminosa e sua conversão em energia química nos corpos vegetais, o paclobutrazol apresenta a capacidade de modular o status fisiológico e protetor de plantas submetidas a diferentes condições edafoclimáticas mantendo semelhantes às plantas em condições ótimas de desenvolvimento (Mohammadi et al., 2017).

O estabelecimento e desenvolvimento inicial de mudas à campo é dependente da qualidade do material propagativo e seu funcionamento pleno do aparato fotossintético do mesmo, fatores de trocas gasosas como assimilação líquida de CO_2 positiva em relação

ao balanço da taxa de transpiração do vegetal e adequação da condutância estomática às diferentes condições climáticas impostas (de Almeida et al., 2020).

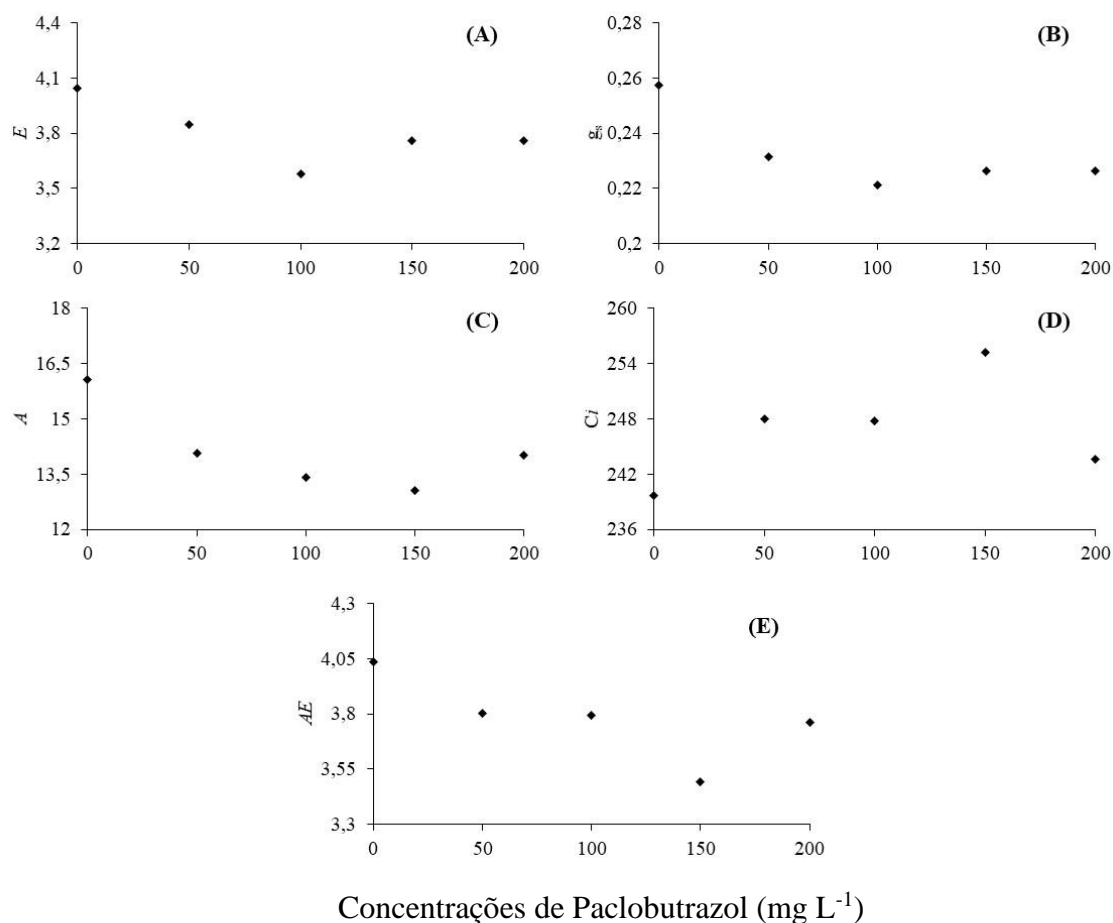


Figura 19 - Trocas gasosas foliares de mudas de mandioca em campo após aplicação via substrato de PBZ. (A) taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$); (B) condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$); (C) taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$); (D) concentração interna de CO_2 na folha (C_i $\mu mol CO_2 mol^{-1}$ ar; (E) eficiência do uso da água (A/E).

Na figura 19 são exibidos graficamente resultados de o comportamento das trocas gasosas foliares à submissão dos tratamentos com triazol. Nestas condições do presente estudo, não foi possível observar efeito significativo ($p < 0,05$) dos parâmetros avaliados pelo aparelho IRGA em função das concentrações exógenas do triazol.

Estes resultados diferem do trabalho de D'Arêde et al., (2017), Nyan et al., (2017), Cregg e Ellison (2020) e Roseli et al., (2021) ao submeterem plantas a concentrações do triazol em diferentes métodos de aplicação, onde as variáveis que integram as trocas gasosas foliares apresentaram efeito significativo, principalmente para fotossíntese líquida e condutância estomática.

Possivelmente a impactos no diâmetro do xilema na fase de mudas, devido às concentrações do triazol, ou mesmo o efeito restritivo sobre o sistema radicular podem ter aumentado a resistência do vegetal frente ao status hídrico e possibilitado menor impacto sobre as variáveis fisiológicas das plantas submetidas aos tratamentos em relação à testemunha.

Em relação às variáveis morfológicas altura de mudas (ALT) e diâmetro do colo (DC) aos 60 e 120 dias após o transplântio foi possível observar resposta ($p < 0,01$) significativa (Tabela 15) em função das concentrações crescentes do triazol. Para as variáveis diâmetro do colo aos 180 DAT e altura de planta aos 180 DAT, não foi possível verificar efeito.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa morfológicas de altura de mudas aos 60 DAT (ALT60), altura de mudas aos 120 DAT (ALT120), altura de mudas aos 180 DAT (ALT180), diâmetro do caule aos 60 DAT (DC60), diâmetro do caule aos 120 DAT (DC120) e diâmetro do caule aos 180 DAT (DC180) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT60 (x10 ¹)	ALT120 (x10 ²)	ALT180 (x10 ²)	DC 60	DC 120	DC180
Bloco	7	4,296*	5,069	7,565	2,568*	10,942**	14,977*
Tratamento	4	23,179**	4,954**	4,389	8,758**	15,598**	17,617
Resíduo	28	1,461	0,331	1,489	0,864	1,524	6,098
CV (%)		15,18	9,13	13,77	14,023	8,39	12,63

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

O modelo de regressão definido para as médias das variáveis ALT60, ALT120, DC60 e DC120 foi o modelo linear decrescente (Figura 20 A, B, D e E, respectivamente). Estes resultados demonstram que a aplicação crescente das diferentes concentrações do triazol impacta diretamente no balanço da parte aérea da planta. O mesmo comportamento da curva repostada foi observado por Fan et al. (2020), avaliando o efeito de diferentes concentrações de triazol, via encharcamento, sob as características de *Amorpha fruticosa* até o quarto mês após a aplicação, ocasião em que a média da altura da testemunha permaneceu superior aos demais tratamentos.

O uso do regulador viabiliza a alteração da relação fonte dreno, pela ação antagonista a biossíntese de giberelinas, restringindo o desenvolvimento das características de crescimento apical durante sua permanência no vegetal e tempo de ação.

A restrição da altura de plantas foi mais acentuada com o aumento das concentrações, de maneira geral, neste estudo, foi a variável mais impactada com os tratamentos do triazol, aos 180 DAT notou-se perda da atividade do triazol sobre essas variáveis, onde não se adequou a uma equação que explicasse sua variação em função dos tratamentos, permanecendo semelhantes à testemunha pela validação do teste de médias.

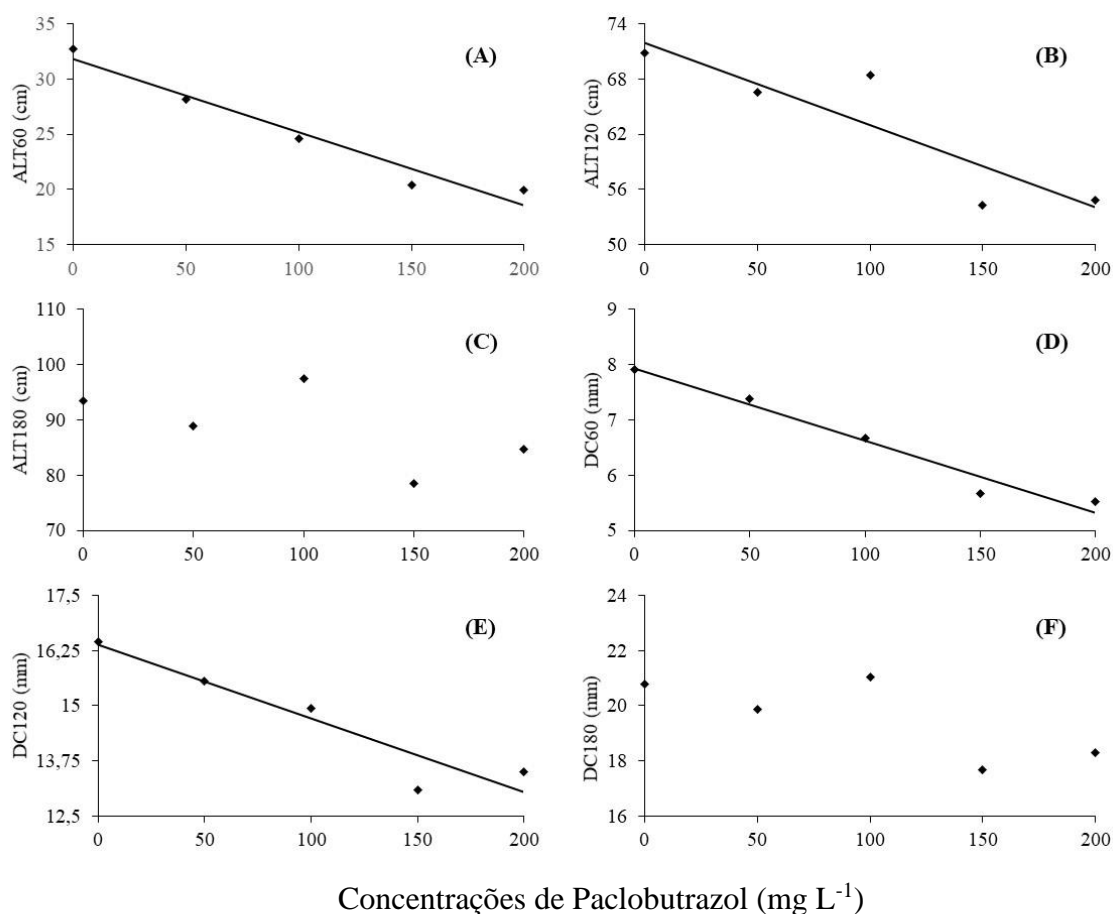


Figura 20 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via substrato de PBZ. (A) altura de mudas aos 60 DAT (ALT 60): $\hat{Y}^{**} = 31,82 - 0,0665x$ ($r^2 = 0,95$); (B) altura de mudas aos 120 DAT (ALT 120): $\hat{Y}^{**} = 71,872 - 0,0888x$ ($r^2 = 0,80$); (C) altura de mudas aos 180 DAT (ALT 180); (D) diâmetro do caule aos 60 DAT (DC 60): $\hat{Y}^{**} = 7,93 - 0,013x$ ($r^2 = 0,96$); (E) diâmetro do caule aos 120 DAT (DC 120): $\hat{Y}^{**} = 16,37 - 0,0166x$ ($r^2 = 0,88$); (F) diâmetro do caule aos 180 DAT (DC 180).

A produção de mudas em tubetes e bandejas apresentam ponto negativo no balanço entre as fitomassa, parte aérea e radicular, devido a competição por luminosidade e espaço, ocasionando estiolamento, quando conduzidas por tempo excessivo nessas condições (Melo et al., 2018), a aplicação do regulador surge como alternativa para

condicionar este parâmetro, e obtendo plantas de melhor qualidade quando submetidas à campo (Teixeira et al., 2019).

Apesar de ser propagada por meio de manivas sementes ou utilizando a técnica da propagação rápida, clonagem, as plantas oriundas destes métodos não apresentam uniformidade em campo, fator genético relacionado a cultura. A aplicação do triazol neste trabalho proporcionou plantas com um padrão (uniformidade) dentro de cada concentração aplicada.

Os tratamentos com triazol influenciaram fortemente a atividade de divisão meristemática apical das plantas, aos 60 DAT a média da maior concentração foi 41,8% inferior comparada à testemunha, aos 120 DAT essa diferença foi reduzida para cerca de 24,66%, sendo as maiores médias obtidas nas mudas do controle (testemunha), onde ao decorrer das avaliações os tratamentos foram perdendo efeito sobre a variável aos 180 DAT.

Para a variável diâmetro do colo, seguiu a mesma tendência da altura, a restrição foi dependente do aumento das concentrações, aos 60 DAT obteve uma diferença de 32,79% entre a média da testemunha e a maior concentração, aos 120 DAT a proporção foi de cerca de 20,28% menor, e aos 180 DAT não houve ajuste a equação que explicasse sua variação em função dos tratamentos.

A ação do triazol é caracterizada por retardar a divisão em células que possam surgir após a aplicação do produto, assim impactando no fluxo de crescimento apical de plantas e deslocando reservas para a expansão do sistema radicular, como já elucidado por Bueno et al. (2021), uma vez que estes autores afirmam que após a absorção radicular e foliar do PBZ causa paralisação do desenvolvimento meristemático caulinar.

Os parâmetros morfológicos de altura e diâmetro compreendem a maioria das estimativas alcançadas para averiguar o atributo qualitativo de mudas, contudo, não são suficientes para obter tal afirmativa, sendo necessários avaliações fisiológicas e destrutivas da fitomassa do vegetal (Melo et al., 2018). A altura diz respeito ao desenvolvimento inicial de mudas à campo, o diâmetro representa melhor suporte do crescimento e qualidade do vegetal, e apenas podem ser usadas como indicadores conjuntamente (Binotto et al., 2010).

Os tratamentos influenciaram ($p < 0,01$) a característica de índice de robustez apenas aos 60 DAT (tabela 16). Não foi possível observar diferenças significativas para as variáveis IR120, IR180 e as referentes à intensidade da cor verde de folhas (SPAD) nas diferentes leituras (tabela 16). Entretanto, as médias do índice SPAD60 pôde se

ajustar ao modelo de regressão de segunda ordem, com coeficiente de determinação (R^2) de 99% (Figura 21 D).

Tabela 16 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa morfológicas de índice de robustez aos 60 DAT (IR60), índice de robustez aos 120 DAT (IR120), índice de robustez aos 180 DAT (IR180), intensidade da cor verde de folhas aos 60 DAT (SPAD60), intensidade da cor verde de folhas aos 120 DAT (SPAD120) e intensidade da cor verde de folhas aos 180 DAT (SPAD180) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		IR60 ($\times 10^{-1}$)	IR120 ($\times 10^{-1}$)	IR180 ($\times 10^{-1}$)	SPAD 60	SPAD 120	SPAD 180
Bloco	7	1,564	4,895*	5,272	29,759*	9,913*	19,130
Tratamento	4	4,258**	3,306	0,633	9,639	5,211	15,644
Resíduo	28	1,027	1,141	2,871	4,661	3,616	20,964
CV (%)		8,49	7,93	11,83	5,138	4,51	10,21

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

O modelo ajustado para IR60 foi o de regressão polinomial linear decrescente (Figura 21 A), demonstrando dependência à medida que se eleva a concentração do triazol, a diferença entre os pontos extremos foi cerca de 13,37%. As variáveis altura de mudas e diâmetro do colo são correlacionadas a este índice, pois se utiliza a razão entre esses parâmetros para sua definição, a progressão das leituras notou-se menor efeito sobre esta variável.

O índice de robustez ou quociente de robustez, notoriamente em sua quase totalidade, é utilizado como parâmetro de qualidade de mudas em viveiros de interesse comercial, florestais e frutíferos, o qual utiliza variáveis morfológicas (altura e diâmetro) para designar energia e vigor de mudas (Melo et al., 2018). As médias do presente trabalho apesar de não apresenta diferenças, nas duas últimas leituras, permaneceram dentro da faixa recomendada por Birchler et al. (1998), sendo valores abaixo de 10 não caracterizado estiolamento.

Segundo a descrição de Jhonson e Cline (1991), mudas de qualidade são definidas pelo método de produção, condição (fisiológica e fitossanitária) de plantio e cultivo, que apresente baixo custo de produção, adaptação e desenvolvimento durante período pós viveiro clonal. São necessários cuidados especiais com mudas pós viveiro, pois são conduzidas por muito tempo em recipientes de baixo volume de substrato, nutrientes e

menor contato com as condições externas, período este que serve para o processo de rustificação do vegetal (Melo et al., 2018).

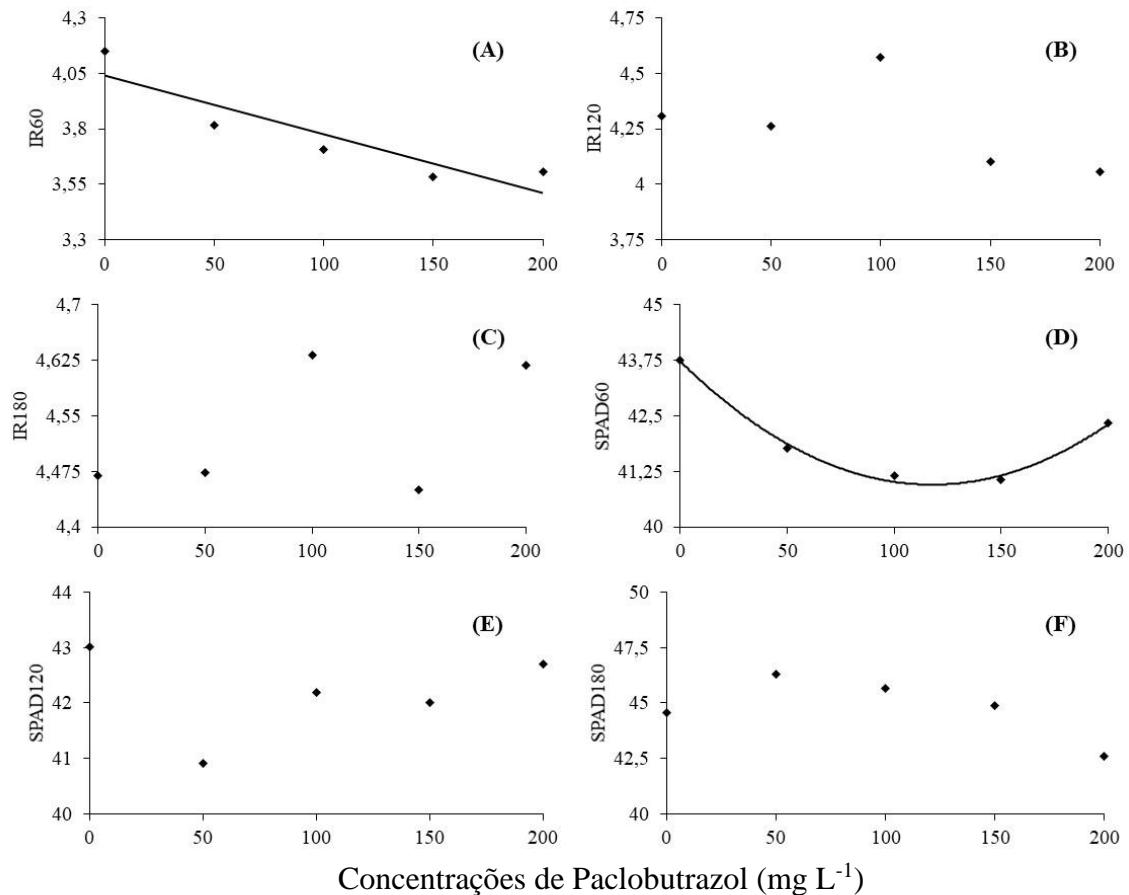


Figura 21 - Características de qualidade e fisiológica de mudas de mandioca em vasos após aplicação via substrato de PBZ. (A) Índice de robustez aos 60 DAT (IR60): $\hat{Y}^{**} = 4,0383 - 0,0027x$ ($r^2 = 0,8246$); (B) Índice de robustez aos 120 DAT (IR120); (C) Índice de robustez aos 180 DAT (IR180); (D) intensidade da cor verde da folha aos 60 DAT (SPAD60); $\hat{Y}^* = 43,727 - 0,0472x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 0,99$); (F) intensidade da cor verde da folha aos 120 DAT (SPAD120); (G) intensidade da cor verde da folha aos 180 DAT (SPAD180).

O índice SPAD60 apresentou médias inferiores à testemunha e ajuste de suas médias ao modelo de regressão polinomial de segunda ordem (modelo quadrático), com ponto mínimo de 40,94 na concentração de 118 mg L⁻¹, no entanto, os dados do índice SPAD das mudas de mandioca se fizeram poucas sensíveis a aplicação dos tratamentos, como já descrito neste estudo.

Uma vez que, o triazol modula o desenvolvimento da parte aérea, acarreta em um melhor balanço na fitomassa vegetal e qualidade do mesmo, reduz a área foliar individual e total, ocasiona maior concentração de clorofilas por unidade de área foliar e

posteriormente, qualidade de mudas e ganhos significativos na intensidade da cor verde de folhas (índice SPAD), porém, não foi verificado aumento para a maioria das avaliações neste trabalho em questão, se fazendo ineficiente os tratamentos na maioria das épocas de estimativa.

Avaliando os dados dos aspectos morfológicos de número de folhas, ramificações e nós, não foram apresentadas respostas significativas ($p < 0,05$) sob a aplicação dos tratamentos (Tabela 17), já o comprimento médio de entrenós (COMPNOS60) aos 60 DAT foi afetado pela aplicação crescente do triazol.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa morfológicas número de folhas aos 120 DAT (NF 120), número de folhas aos 180 DAT (NF 180), número de ramificações aos 60 DAT (NRAM 60), número de nós aos 60 DAT (NNOS 60) e comprimento de nós aos 60 DAT (COMPNOS 60) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		NF120 (x10 ¹)	NF180	NRAM60 (x10 ⁻²)	NNOS 60	COMPNOS60 (x10 ⁻¹)
Bloco	7	30,402*	29,009**	9,338	21,343**	0,216
Tratamento	4	13,598	4,223	5,146	5,050	7,414**
Resíduo	28	11,256	80,32	7,763	5,034	0,280
CV (%)		20,70	29,80	64,72	11,19	37,59

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

Em alguns trabalhos, foram relatados redução do número de folhas (Koike et al., 2018) e menor expansão da área foliar individual (Teixeira et al., 2019) após a aplicação de reguladores de crescimento, fato explicado e correlacionado ao suprimir a dominância apical pela atividade predominante de citocininas, aumentando assim o surgimento da emissão de brotos laterais (ramificações) em algumas ocasiões, em momentos mantendo a área foliar total semelhante às plantas testemunhas em condições adequadas de desenvolvimento.

No presente trabalho não foi possível observar ajuste de modelo matemático de regressão polinomial para as variáveis NF (60 e 120), NRAM60 e NNOS (Figura 22 A, B, C e D, respectivamente), porém, o COMPNOS60 apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) e ajuste para o modelo de regressão de segunda ordem (Figura 22 E), onde as médias se mantiveram inferiores à testemunha, onde fica evidenciado um menor

desenvolvimento de entrenós após a aplicação do regulador, impactando diretamente na estrutura do vegetal.

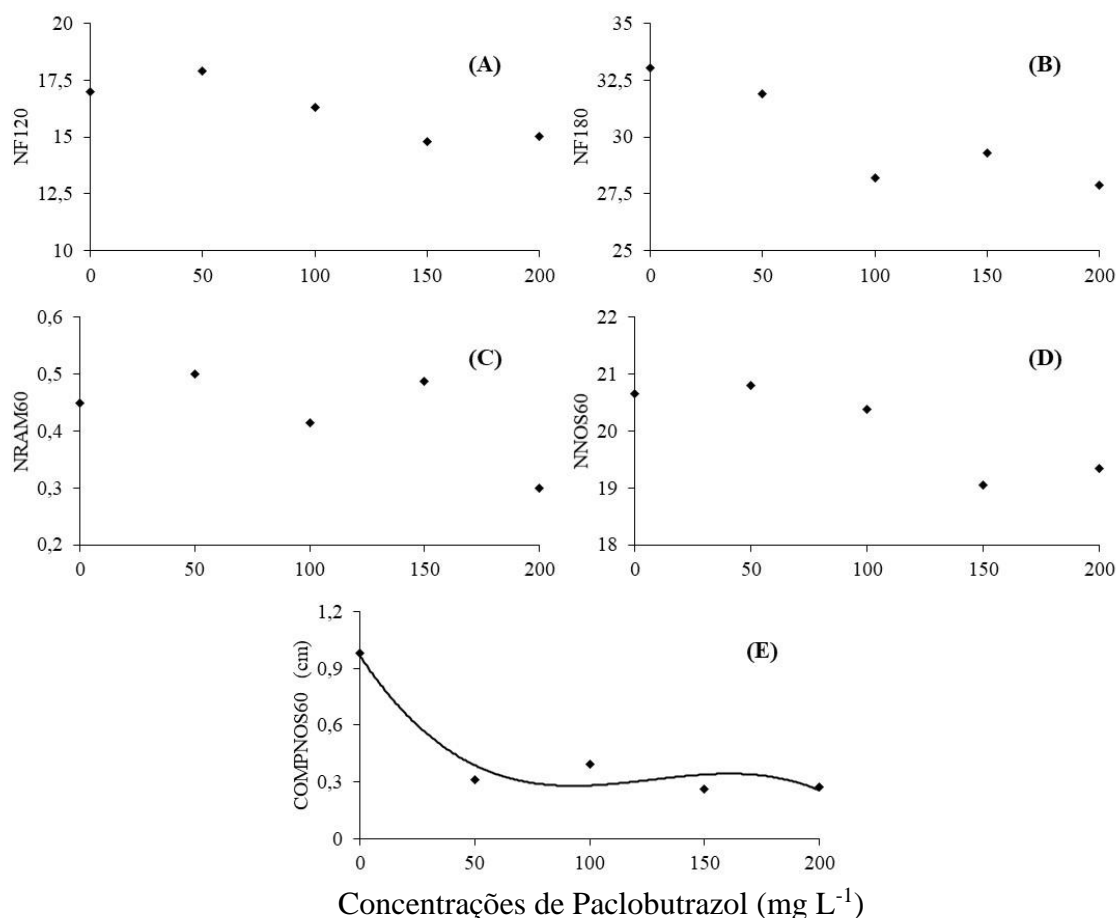


Figura 22 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via substrato de PBZ. (A) número de folhas aos 120 DAT (NF120); (B) número de folhas aos 180 DAT (NF180); (C) número de ramificações aos 60 DAT (NRAM60); (D) número de nós aos 60 DAT (NNOS60); (E) comprimento médio de entrenós aos 60 DAT (COMPNOS60): $\hat{Y}^{**} = 0,9636 - 0,0182x + 0,0002x^2 - 0,0000004x^3$ ($R^2 = 0,93$).

As variáveis morfológicas NNOS e COMPNOS apresentaram correlação positiva com as variáveis ALT, DC e IR sendo os coeficientes de correlação (*) de 0,58, 0,59 e 0,33 para o número de nós e, 0,50, 0,39 e 0,43 para o comprimento de entrenós, respectivamente, o que indica que com a aplicação do triazol impactou diretamente na estrutura morfológica da parte aérea de mudas de mandioca aos 60 DAT.

Aos 60 dias após o transplante, a concentração de 50 mg L⁻¹ apresentou restrição do comprimento médio dos entrenós muito marcante em relação à testemunha, 47,34% inferior. O encurtamento da expansão longitudinal dos entrenós é um fenômeno descrito

devido a atividade do triazol na planta e recorrente a restrição do crescimento apical, já evidenciado pela ação das inibições do ácido giberélico, responsável pela divisão celular e alongamento caulinar (Widyastuti, 2021).

A curta distância dentre os entrenós possibilita melhor balanço entre a parte aérea e a radicular, contribuindo para qualidade de mudas e estabelecimento destas em campo (Mog et al., 2019), impede o estiolamento da parte aérea e, conseqüentemente, acamamento destas em áreas com incidência de ventos fortes, contribuindo assim para elevação da taxa de sobrevivência.

Em trabalho conduzido por Mog et al. (2019) verificando o efeito do triazol sobre as variáveis morfofisiológicas e produtivas de *Anacardium occidentale*, aplicado via solo em diferentes concentrações, conclui que o regulador melhorou as variáveis fisiológicas, aumentou a produção de frutos, interrompeu o crescimento pelo encurtamento dos entrenós e possibilitou que os fotoassimilados fossem deslocados para os pontos reprodutivos.

Para a característica bioquímica de pigmentos fotossintetizantes a aplicação dos tratamentos não ocasionou efeito ($p < 0,05$) significativo sobre as variáveis (Tabela 18), se fazendo ineficiente ao aumento nos teores foliares.

Tabela 18 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa teor de clorofila *a* (Cl *a* mg m²), teor de clorofila *b* (Cl *b* mg m²), teor de clorofila total (Cl *a* + *b* mg m²), teor de carotenoides (Car mg m²) e razão carotenoides/clorofila total (Car/ Cl *a* + *b*) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via substrato de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>a</i> + <i>b</i>	Car	Car/ Cl <i>a</i> + <i>b</i> (x10 ⁻¹)
Bloco	7	4,624*	3,375	11,940	0,885*	0,006
Tratamento	4	1,042	2,466	5,963	0,184	0,004
Resíduo	28	1,563	3,625	7,425	0,333	0,004
CV (%)		11,39	54,72	18,91	13,75	7,30

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

Dentre as alterações promovidas pela ação do triazol, podem ser incluídas a intensidade da cor verde e fotossíntese líquida relacionadas ao aumento do número de pigmentos ou concentração dos pigmentos fotossintetizantes (Mog et al., 2019) por

unidade de área foliar, pela ação da maior concentração endógena de citocininas e menor degradação das moléculas fotossintéticas.

Os pigmentos (clorofilas e carotenoides) são compostos orgânicos responsáveis pelo aporte físico nas células dos cloroplastos vegetais, que comportam o início da atividade química da fotossíntese, absorvem comprimentos de luz (radiação) dentro da faixa do azul e vermelho (400 a 700 nm), onde os menores comprimentos podem causar foto oxidação do aparato fotossintético e os maiores não possuem energia suficiente para excitação das clorofilas, onde o condicionamento químico pode atenuar o efeito das radiações menores (mais energéticos) ao aparato fotossintético.

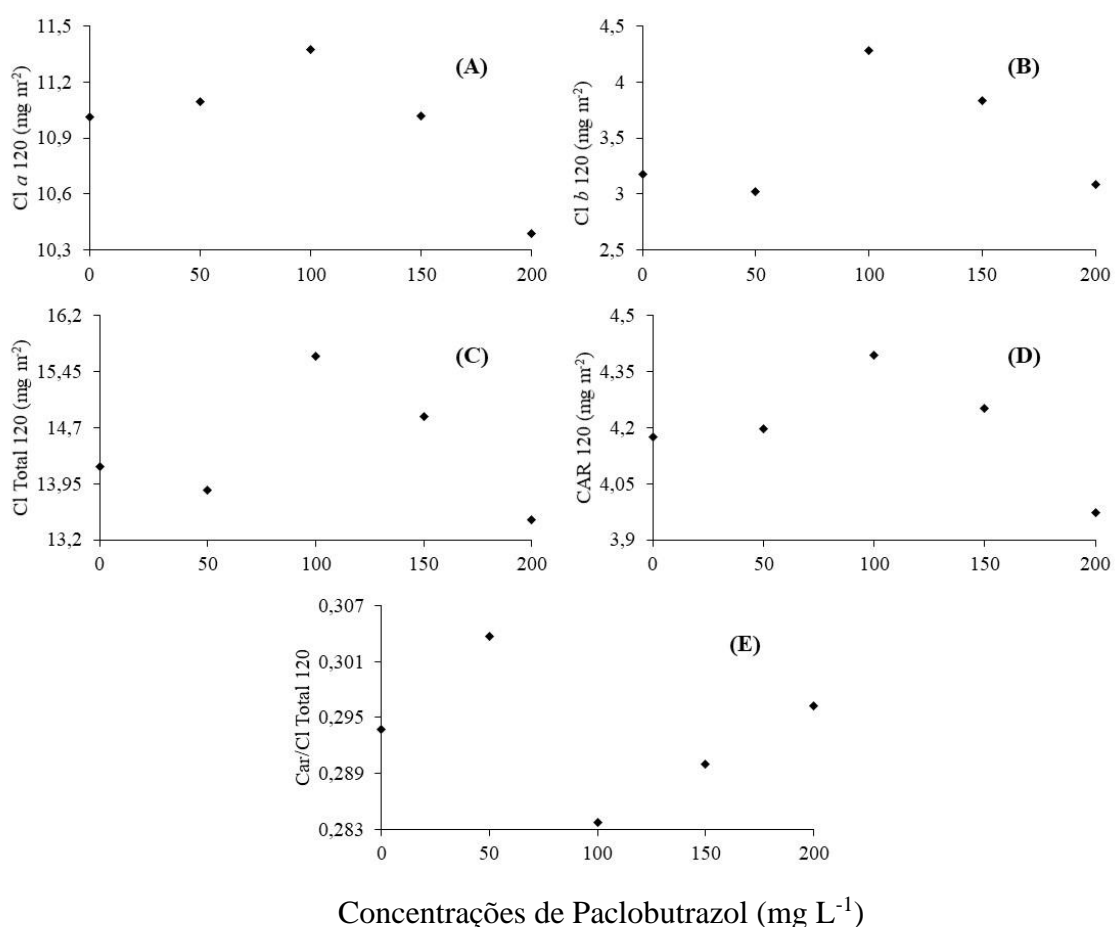


Figura 23 - Pigmentos fotossintetizantes de mudas de mandioca em campo aos 120 DAT após aplicação via substrato de PBZ. (A) teor de clorofila *a* (Cl *a*); (B) teor de clorofila *b* (Cl *b*); (C) teor de clorofila total (Cl total *a* + *b*); (D) teor de carotenoides (Car); (E) relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total *a* + *b*).

A ação antagônica do biossintese de giberelinas acarreta maior concentração de ácido giberélico e abscísico, o qual em condições plenas eleva a diferenciação de cloroplastos e produção de clorofilas protetoras por unidade de tecido foliar (Chaney,

2003). As clorofilas *a* são as mais abundantes nos cloroplastos, complexo antena e única no centro de reação dos fotossistemas, clorofila *b* e carotenoides são pertencentes ao complexo antena (Taiz e Zeiger, 2013) e atuam como osmoprotetoras contra atividades que possam comprometer o trabalho das moléculas do aparato fotossintético. Contudo, as concentrações não foram suficientes para modular os teores de clorofilas, carotenoides e suas relações ao decorrer do presente estudo.

Foi verificadas alterações morfológicas no limbo foliar de mudas de rosas e maracujazeiro, conduzidos em vasos, que alteraram a espessura do mesófilo e menor expansão de folhas (Carvalho-Zanão et al., 2017; Teixeira et al., 2019), favorecendo assim a bioativação do aporte de concentração das moléculas pigmentadas. A aplicação de concentrações ideais promove aumento dos teores pigmentares em plantas sob condições inadequadas de desenvolvimento, e em boas condições a aplicação exacerbada causa fitotoxicidade, afetando a qualidade foliar, diminuindo a concentração de clorofila e impacto negativo sobre fotossíntese líquida (D'Arêde et al., 2017).

O aumento dos teores de pigmentos sinaliza melhoria nas variáveis fisiológicas, posteriormente, morfológicas e na qualidade de plantas tratadas, visto que são pontos responsáveis pela adaptação e desenvolvimento frente às condições impostas (Ye et al., 2019). Na análise de pigmentos foliares verifica-se a estacionalidade entre as concentrações, fato interligado ao número de folhas e a área foliar total, que não foram averiguadas nesta etapa. Ao integrar os dados do período de campo e em ambiente protegido é possível notar que os comportamentos são similares e que o triazol não promove efeito sobre tais parâmetros em mudas de mandioca submetidas aos tratamentos via substrato.

4.2.1 Experimento 2 - Ensaio II: mudas de mandioca em campo tratadas com diferentes concentrações de paclobutrazol via foliar

Para as mudas de mandioca em campo, advindas do método de propagação rápida após a aplicação foliar de diferentes concentrações (0, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹) de triazol, foi possível averiguar efeito significativo sobre a variável altura de mudas (p<0,05) e diâmetro do colo (p<0,01) aos 120 dias após a aplicação (DAA) (tabela 19). Não houve efeito sobre os parâmetros ALT30, DC 30, IR 30 e IR120 (p<0,05) (tabela 19).

Tabela 19 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa morfológicas de altura de mudas aos 30 DAA (ALT30), altura de mudas aos 120 DAA (ALT120), diâmetro do caule aos 30 DAA (DC30), diâmetro do caule aos 120 DAA (DC120), índice de robustez aos 30 DAA (IR30) e índice de robustez aos 120 DAA (IR120) de plantas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT30 (x10 ²)	ALT120 (x10 ³)	DC30	DC120	IR30	IR120
Bloco	7	10,807**	2202**	7,447	20,210	1,166*	2,308**
Tratamento	4	8,637	1,626*	7,110	43,940**	0,861	0,155
Resíduo	28	2,637	0,417	4,213	10,52	0,410	0,468
CV (%)		16,24	14,63	11,48	13,50	11,54	11,77

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que a não expressão das variáveis morfológicas (ALT, DC e IR) aos 30 DAA ocorreu devido ao pequeno intervalo entre a aplicação do triazol e a data de avaliação, ou mesmo devido à baixa afinidade, lenta ou baixa absorção do triazol pelas câmaras de trocas gasosas foliares neste período.

No entanto aos 120 DAA foi verificado efeito das aplicações sobre as variáveis ALT e DC, as quais apresentaram ajuste para o modelo de regressão polinomial linear com tendência decrescente ao aumento das concentrações (Figura 24 B e D, respectivamente) corroborando com as observações das fases anteriores deste estudo.

Ao se equiparar a menor média da altura, obtida na maior concentração, com a testemunha, observa-se uma restrição do crescimento em cerca de 20,63%, o que equivale a aproximadamente 32,14cm, fato prejudicial aos 10 meses após o transplante à campo, período próximo à utilização das manivas para o plantio, o que equivale a cerca de menos

1,5 manivas no momento da colheita do material, somado a não expressão do aumento da qualidade do material, constatado pelas variáveis nas fases anteriores (PBZ via substrato).

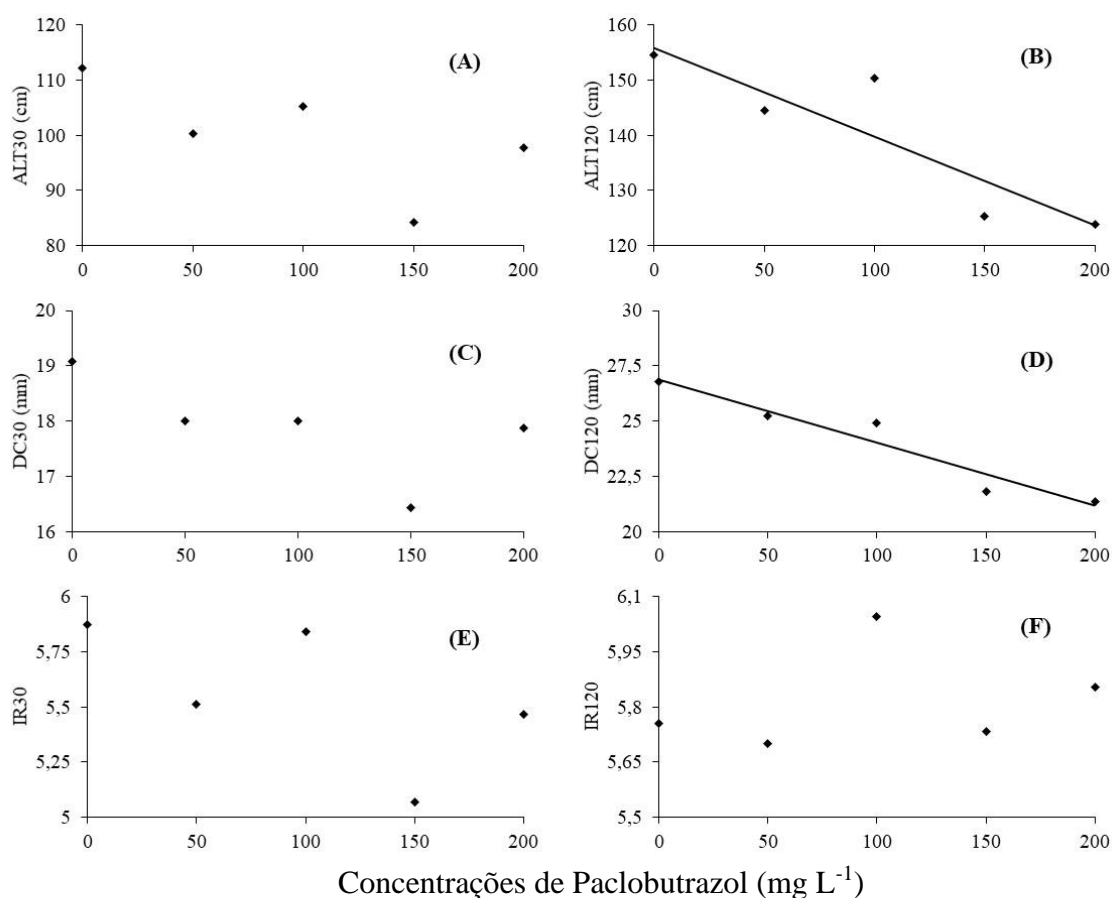


Figura 24 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via foliar de PBZ. (A) altura de mudas aos 30 DAA (ALT30); (B) altura de mudas aos 120 DAA (ALT120): $\hat{Y}^{**} = 155,8 - 0,1607x$ ($r^2 = 0,79$); (C) diâmetro do caule aos 30 DAA (DC30); (D) diâmetro do caule aos 120 DAA (DC120): $\hat{Y}^{**} = 26,886 - 0,0286x$ ($r^2 = 0,93$); (E) índice de robustez aos 30 DAA (IR30); (F) índice de robustez aos 120 DAA (IR120).

As médias do diâmetro do colo aos 120 DAA foram responsáveis pela não expressão positiva do IR, devido ao efeito antagônico ao verificado na literatura, aumento do diâmetro do colo (Kamram et al., 2018), o qual foi possível definir ação prejudicial das concentrações sobre este parâmetro, aproximadamente 5,72 mm inferiores ao equiparar a maior média com à testemunha (21,28%). A variável de qualidade de plantas e balanço da fitomassa do vegetal (Índice de robustez) não se ajustaram a equações que explicasse suas variações em função das concentrações permanecendo equiparadas em relação às demais concentrações, evidenciado nas duas épocas de avaliação.

Para a variável morfológica número de folhas (NF120) de plantas de mandioca aos 120 DAA foi possível observar efeito significativo ($p < 0,05$) sob a aplicação dos tratamentos (Tabela 20). O número de ramificações (NRAM), intensidade da cor verde de folhas (SPAD), potencial hídrico foliar (Ψ_w) e teor relativo de água não apresentaram respostas significativas sob a aplicação das diferentes concentrações do triazol.

Tabela 20 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa número de folhas (NF120), número de ramificações (NRAM120), intensidade da cor verde de folhas (SPAD120), potencial hídrico foliar (Ψ_w) e teor relativo de água na folha (TRA) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo aos 120 DAA via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		NF120 ($\times 10^2$)	NRAM120	SPAD120	Ψ_w 120 ($\times 10^{-2}$)	TRA120
Bloco	7	6,374	1,177	68,200**	1,557**	8,288*
Tratamento	4	13,018*	1,127	5,115	0,556	3,921
Resíduo	28	3,858	0,672	6,034	0,409	2,644
CV (%)		22,80	41,69	5,56	14,54	1,69

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

O NF120 foi afetado com a elevação das concentrações do triazol, o modelo de regressão polinomial linear decrescente (Figura 25 A) foi ajustado, a média da maior concentração foi cerca de 14,59% menor em relação à testemunha, fato somado a não expressão do impacto sobre o número de ramificações, onde tende a ocasionar manutenção da área foliar total (Liu et al., 2020).

Os parâmetros NRAM, SPAD, Ψ_w e TRA aos 120 DAA não se adequaram a um modelo de regressão polinomial (Figura 25 B, C, D e F, respectivamente) que explicasse o comportamento de suas variações. O número de ramificações é acrescido sob efeito da aplicação dos triazóis (Liu et al., 2020), devido a inversão do crescimento apical e surgimento de ramificações laterais, pela quebra da dominância apical meristemática.

A intensidade da cor verde de folhas segue o mesmo comportamento da maioria das avaliações anteriores feitas, o SPAD não foi alterado pela aplicação foliar, sendo pouco sensível frente a cultura neste estudo, mesmo fato evidenciado para o potencial hídrico foliar e teor relativo de água foliar na condução deste trabalho, ressaltando a baixa eficiência do triazol em modular as variáveis fisiológicas das mudas de mandioca.

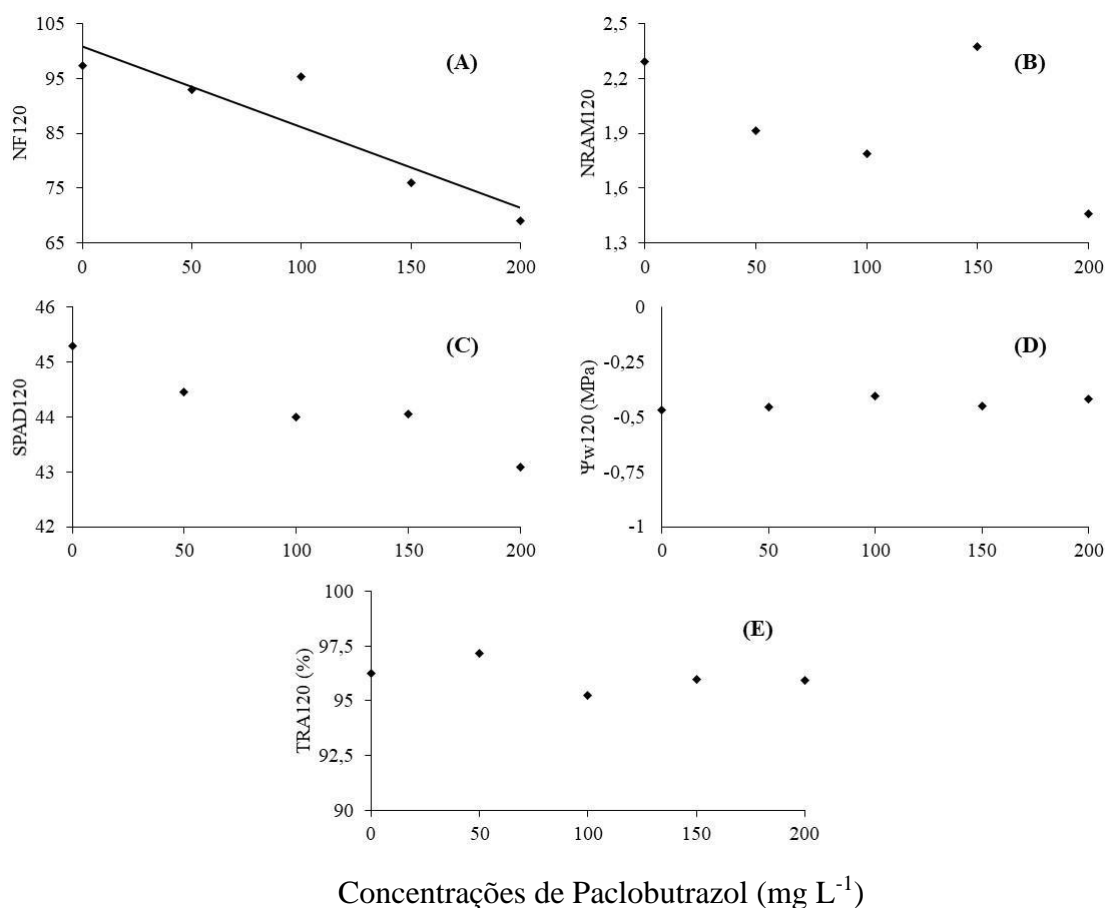


Figura 25 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo após aplicação via foliar de PBZ. (A) número de folhas aos 120 DAA (NF120): $\hat{Y}^{**} = 100,82 - 0,147x$ ($r^2 = 0,83$); (B) número de ramificações aos 120 DAA (NRAM120); (C) Intensidade da cor verde de folha aos 120 DAA (SPAD120); (D) potencial hídrico foliar aos 120 DAA (Ψ_w120); (E) teor relativo de água foliar aos 120 DAA (TRA120).

O índice SPAD apresenta estreita afinidade com as variáveis bioquímicas de pigmentos, fotossíntese líquida e produção de fitomassa, estas variáveis impactam diretamente no vigor e qualidade do material vegetal (Cregg e Ellison, 2020).

As avaliações de TRA ou CRA (conteúdo relativo de água) tem sido realizado para verificar quantidade de água (status hídrico) no interior de folhas em relação sua disponibilidade no solo, onde plantas sob estresse apresentam menor TRA em relação a aplicação de irrigação, afetado negativamente sob estresse salino pela ruptura de algumas organelas. Devido a redução do diâmetro do caule por condições de condução ou mesmo aplicação do triazol, é verificado impacto negativo sobre a variável (Ribeiro et al., 2019), já para o potencial hídrico é acrescido sobre tal condição.

Para as variáveis referentes às trocas gasosas foliares, a aplicação do regulador de crescimento via foliar não apresentou respostas significativas ($p < 0,05$) (Tabela 21) e não foi possível ajuste de suas médias à modelo de regressão polinomial (Figura 26).

Tabela 21 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$), condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$), taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A μ mol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i μ mol $CO_2 mol^{-1} ar$) e eficiência do uso da água (A/E) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, aos 120 dias após aplicação via foliar de concentrações de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		E	g_s ($\times 10^{-3}$)	A	C_i	AE
Bloco	7	1,006**	2,916	8,223	4,708	0,649*
Tratamento	4	0,067	0,643	2,391	9,776	0,314
Resíduo	28	0,222	1,426	3,757	5,137	0,246
CV (%)		13,27	18,53	13,10	9,81	11,78

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

A obtenção de plantas compactas, espaços intermodais encurtados, folhas de menor expansão e maior desenvolvimento de raízes, pela aplicação do triazol, possibilita melhoria nas variáveis de trocas gasosas foliares (Cregg et al., 2020), regula a abertura e fechamento de estômato (Roseli et al., 2021), controla a perda excessiva de água (Bizuayehu e Getachew, 2021) e aumenta a eficiência da assimilação líquida de CO_2 (Ajmi et al., 2020) em condições adversas ao seu desenvolvimento pleno.

O emprego da aplicação exógena do triazol tem sido realizado por modular o metabolismo, mecanismos de proteção e trocas gasosas, principalmente, em plantas sob deficiência hídrica e solos salinos, onde a maioria das plantas apresentam restrição de adaptação e desenvolvimento inicial. Ribeiro et al. (2019) ao conduzir plantas de café sobre diferentes restrições luminosas e aplicação do triazol não verificou influência das concentrações sobre as variáveis referentes às trocas gasosas, apenas para as condições de luminosidade. Sendo a abertura estomática melhor resposta às condições severas no status hídrico, e a fotossíntese líquida afetada pela menor entrada de dióxido de carbono nas células do mesófilo (Berova e Zlatev, 2003).

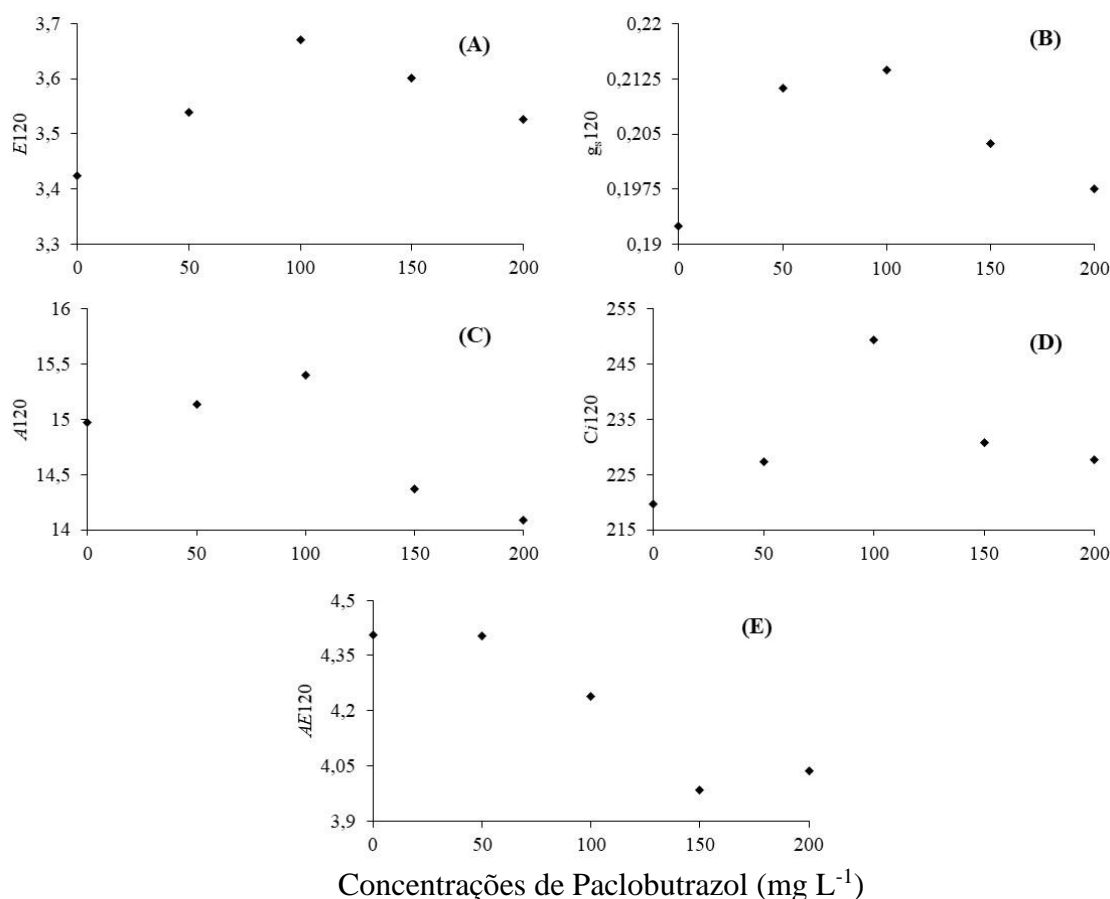


Figura 26 - Características de trocas gasosas foliares de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) taxa de transpiração (E mmol vapor d'água $m^{-2} s^{-1}$); (B) condutância estomática (g_s mol $m^{-2} s^{-1}$); (C) taxa de assimilação líquida potencial de CO_2 (A $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$); (D) concentração interna de CO_2 na folha (C_i $\mu mol CO_2 mol^{-1}$ ar; (E) eficiência do uso da água (A/E).

O uso e eficiência da água tem sido aumentado para plantas tratadas, devido a inibição da taxa de transpiração de água do vegetal acometido pela atividade antioxidante protetora e resistência ao submeter a condições estressantes. Rodrigues et al. (2016) avaliando o efeito de concentrações crescentes, via foliar, sob as características morfológicas, anatomia foliar e trocas gasosas em estacas de quatro clones de *Toona ciliata*, verificou-se efeito sobre as demais variáveis estudadas e a não significância nas trocas gasosas foliares.

A análise bioquímica referente aos teores de pigmentos fotossintetizantes não se constatou resposta ($p < 0,05$) com a aplicação foliar de acordo informações contidas na tabela 22, onde corrobora com os resultados no tópico 4.2 na fase de mudas em vasos, tópico 4.3 na fase de campo e tópico 4.1 na fase de mudas em ambiente protegido.

Tabela 22 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa teor de clorofila *a* (Cl *a* mg m²), teor de clorofila *b* (Cl *b* mg m²), teor de clorofila total (Cl *a* + *b* mg m²), teor de carotenoides (Car mg m²) e razão carotenoides/clorofila total (Car/ Cl *a* + *b*) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		Cl <i>a</i> (x10 ⁻¹)	Cl <i>b</i> (x10 ⁻¹)	Cl total <i>a</i> + <i>b</i>	Car (x10 ⁻¹)	Car/ Cl total <i>a</i> + <i>b</i> (x10 ⁻³)
Bloco	7	9,302*	7,665	2,351	1,062	8,451
Tratamento	4	2,005	5,722	1,264	1,980	5,846
Resíduo	28	3,051	8,866	1,561	2,099	8,559
CV (%)		11,20	79,07	20,51	19,72	23,40

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

Degradação ou fitotoxicidade em plantas por agentes químicos aplicados de maneira exacerbada reduzem o teor de pigmentos e proteínas, consequentemente, a capacidade de biossintetizar fotoassimilados na forma de ATP e NADPH (Taiz e Zeiger, 2017). A avaliação do teor de clorofila e carotenoides têm se tornado ferramenta eficiente para validação da condição nutricional do solo, neste contexto, atua como aporte para o desenvolvimento e produção de culturas (Carvalho-Zanão et al., 2018), e correlacionado ao teor de N na planta, responsável pela síntese de pigmentos juntamente ao Mg, e alta afinidade com as leituras do índice SPAD (intensidade da cor verde de folhas).

As clorofilas (*a* e *b*) ocorrem nos cloroplastos de caule e folhas, são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e apresentam atividade fotossintetizante (Taiz e Zeiger, 2017). A clorofila *a*, mais abundante, é responsável pelo recebimento do feixe luminoso e excitação do elétron no complexo antena, a clorofila *b* é tida como pigmento acessório, aumenta o espectro de absorção luminosa e protege o aparato fotossintético, juntamente aos carotenoides, contra a degradação oxidativa de espécies reativas de oxigênio (ERO's – O₂⁻, H₂O₂, ¹O₂ e HO) originadas em condições de estresse hídrico e térmico oxidando moléculas (proteínas, lipídeos e carboidratos).

A aplicação exógena do triazol mantém a integridade das membranas dos cloroplastos e granas do tilacóides, aumenta a síntese de pigmento pela ação da ácido abscísico e citocininas de acordo Soumya (2014), o qual avaliou o efeito de diferentes métodos de aplicações e concentrações do triazol sob duas variedades de grão de bico, ocasião em que a aplicação foliar (60 mg L⁻¹) e via encharcamento (120 mg L⁻¹)

possibilitou melhoria nas variáveis morfofisiológicas e aumento dos teores de pigmentos fotossintetizantes em condições plenas de irrigação e ausência da mesma.

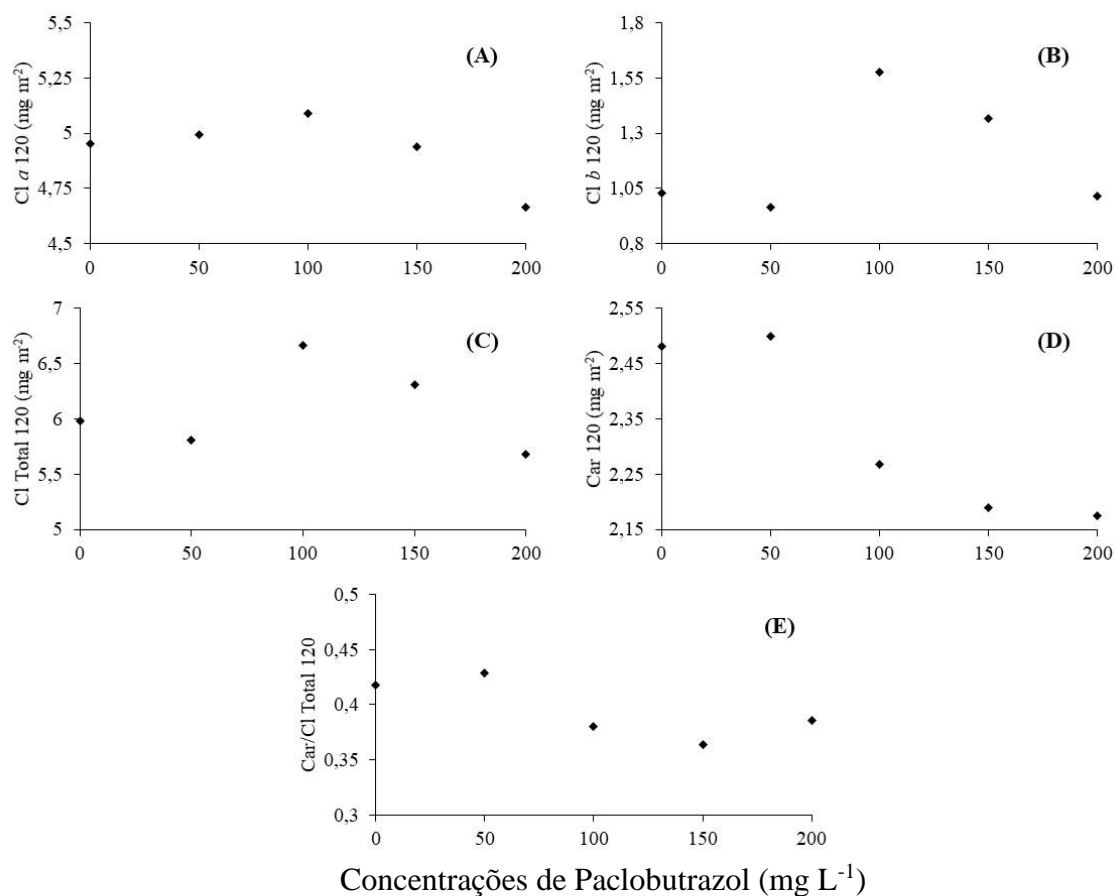


Figura 27 - Pigmentos fotossintetizantes de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) teor de clorofila a (Cl a); (B) teor de clorofila b (Cl b); (C) teor de clorofila total (Cl total); (D) teor de carotenoides (Car); (E) relação carotenoides/clorofila total (Car/Cl total).

Foi relatado aumento nos teores pigmentos fotossintéticos em *Oryza sativa* em condições salinas em relação à testemunha (Khunpona et al., 2017), *Stevia rebaudiana* sob estresse hídrico (Hajihashemi e Ehsanpour, 2013), *Paeonia lactiflora* em condições adequadas (Xia et al., 2018) e *Coffea arabica* em restrição luminosa (Ribeiro et al., 2019), e não houve alterações em *Stevia rebaudiana* (Hajihashemi, 2018) em ambiente protegido, ambas sob aplicação do triazol.

As análises produtivas foram fortemente influenciadas pelas aplicações do regulador de crescimento em somatório a aplicação via substrato. As características massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folhas (MFF), área foliar total (ALT) e massa seca de folhas (MSF) apresentaram efeito significativo pelo teste F ($p < 0,05$) (tabela 23).

Tabela 23 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folhas (MFF), área foliar total (AFT) e massa seca de folhas (MSF) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		MFC (x10 ⁵)	MFF (x10 ⁴)	AFT (x10 ⁷)	MSF (x10 ³)
Bloco	7	3,145	5,115	2,805	3,770*
Tratamento	4	4,811*	7,536*	6,236*	6,463**
Resíduo	28	1,530	2,281	1,933	1,547
CV (%)		35,10	30,54	30,24	30,53

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

Os parâmetros MFC, MFF e AFT foram significativos ($p < 0,05$) e apresentaram ajuste para o modelo de regressão linear (Figura 28 A, B e C, respectivamente) com tendência decrescente à medida do aumento das concentrações aplicadas, a redução desses parâmetros foram acentuados até a maior concentração, onde variaram a cerca de 43,08%, 39,26% e 38,16%, respectivamente, em relação à testemunha.

A variável MSF foi significativa ($p < 0,01$) e suas médias ajustadas ao modelo de regressão linear decrescente (Figura 28 D), ocasião em que a média da maior concentração foi 41,67% inferior à média tratamento testemunha.

Notoriamente, a produção de parte aérea (MFC e MFF) foi superior a variável de produção de raízes tuberosas (Figura 29 C), fenômeno potencializado pela não expressão dos índices de qualidade de plantas em avaliações anteriores, fato que diverge de vários estudos como o de Jabir et al. (2017) em *Raphanus sativus* e Jie et al (2017) em *Brassica napus*. O intuito não foi avaliar produção de raízes, no entanto, esperava-se que com as aplicações houvesse maior expressão do desenvolvimento do sistema radicular nas plantas submetidas às concentrações do triazol, e que melhorasse as variáveis fisiológicas e de qualidade durante o estabelecimento e desenvolvimento em campo, e no momento da colheita obtivesse material adequado para serem utilizados em plantios seguintes.

A aplicação de diferentes concentrações de triazol via foliar em dois híbridos de tomateiro em ambiente protegido, no período de mudas, aumentou a fitomassa (fresca e seca) do sistema radicular em detrimento a redução da parte aérea, melhorando a qualidade de mudas e menor expansão foliar entre os híbridos (Benett et al., 2014).

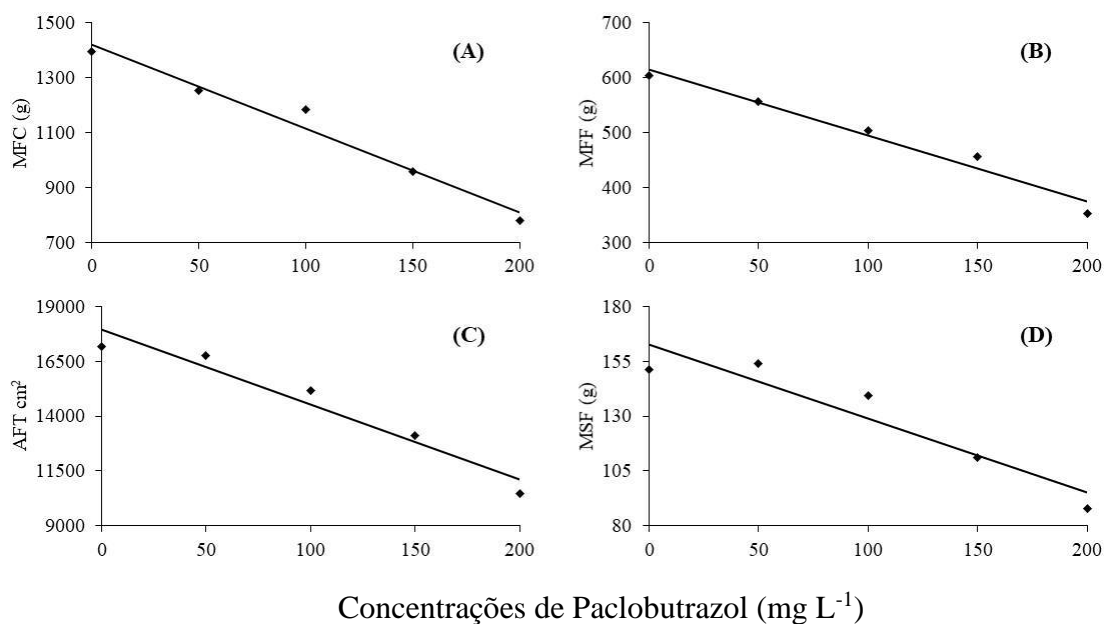


Figura 28 - Características morfológicas de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) Massa fresca de caule (MFC): $\hat{Y}^{**} = 1420,4 - 3,0595x$ ($r^2 = 0,97$); (B) massa fresca de folhas (MFF): $\hat{Y}^{**} = 615,28 - 1,2078x$ ($r^2 = 0,97$); (C) área foliar total (AFT): $\hat{Y}^{**} = 17966 - 34,283x$ ($r^2 = 0,94$); (D) massa seca de folhas (MSF): $\hat{Y}^{**} = 162,73 - 0,3391x$ ($r^2 = 0,89$).

Parladore et al. (2019) estudando a influência de diferentes recipientes e concentrações do triazol via foliar sobre a produção de pimentas ornamentais, a maior concentração (100 mg L⁻¹) resultou em mudas robustas, melhorou as variáveis comprimento e diâmetro de raízes, massa seca de parte aérea e de raízes, em relação ao tratamento testemunha (água), entretanto, o índice de qualidade de Dickson foi diferente apenas entre as concentrações com presença do regulador.

A área foliar total foi influenciada negativamente pela aplicação combinada, duas aplicações (35 e 85 DAP), da maior concentração (300 mg L⁻¹) de triazol em relação à média da testemunha, em duas cultivares de gergelim, onde foram avaliadas em 3 épocas distintas, aumentou a partição da fitomassa e a intensidade da cor verde de folhas (Mehmood et al., 2021). Além da diminuição da lâmina foliar, o regulador propicia maior tempo de permanência desta no corpo vegetal, pela ação hormonal e maior concentração de pigmentos por unidade de área (Desta e Amare, 2021).

Os parâmetros produtivos referentes às raízes tuberosas, como comprimento médio de raízes tuberosas (COMPRAIZ), diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZ), massa fresca de raízes (MFR), porcentagem de massa seca de raízes tuberosas (MSRT) e teor de

amido (AMIDO) de mudas de mandioca não apresentaram efeito ($p < 0,05$) sob aplicação foliar do regulador de crescimento (tabela 24).

Tabela 24 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da estimativa comprimento (COMPRAIZ), diâmetro (DRAIZ), massa fresca (MFR), porcentagem de massa seca (MSR) e teor de amido de raízes tuberosas (AMIDO) de mudas de mandioca da variedade Novo Horizonte em campo, após aplicação via foliar de PBZ. Vitória da Conquista - BA, 2021.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		COMPRAIZ	DRAIZ	MFRT ($\times 10^5$)	MSR	AMIDO
Bloco	7	16,960	38,778	3,275**	30,785**	30,785**
Tratamento	4	3,312	32,353	1,681	7,577	7,577
Resíduo	28	14,430	22,018	0,827	6,718	6,718
CV (%)		17,35	13,35	38,31	9,74	11,81

*Significativo pelo teste “F”, a 5% de probabilidade.

Apesar de não ter apresentado efeito pelo teste F a 5% de probabilidade, a variável produtiva de MFRT teve suas médias ajustadas ao modelo de regressão linear com tendência decrescente até a maior concentração e coeficiente de determinação (r) de 84%, onde a maior concentração reduziu a massa em 36,51%, o que equivale a 335,4 gramas por planta e 5,59 toneladas por hectare, apesar de não ter sido o intuito avaliar a produção comercial de raízes, foi verificado que o tratamento com triazol anulou sua expressão, e foi antagonístico ao efeito encontrado na literatura (Xu et al., 2021; Shevchuk et al., 2021), onde o triazol restringe o crescimento de parte aérea e favorece o incremento do sistema radicular.

O triazol estimula o desenvolvimento de raízes ao ser aplicado em baixas concentrações via solo ou substrato, ou até mesmo foliar, pela ação de transporte de açúcares e fitohormônios para o local de diferenciação do órgão de absorção de água e sustentação da planta (Abdi e Ascari, 2009). De acordo estudo realizado por Wilkinson e Richards (1987), a aplicação de altas concentrações de triazol via substrato em plantas de *Bouvardia humboldtii* afeta negativamente a expansão e distribuição da fitomassa radicular em detrimento a efeitos tóxicos no tecido vegetal em contato com o regulador.

As variáveis morfológicas produtivas de COMPRAIZ e DRAIZ possivelmente não apresentaram expressão devido ao tempo de condução deste material em tubetes de polietileno, onde ficaram alojadas para promover rustificação do material em um espaço

reduzido que comprimiu o desenvolvimento e, conseqüentemente, a expressão sob a aplicação via substrato.

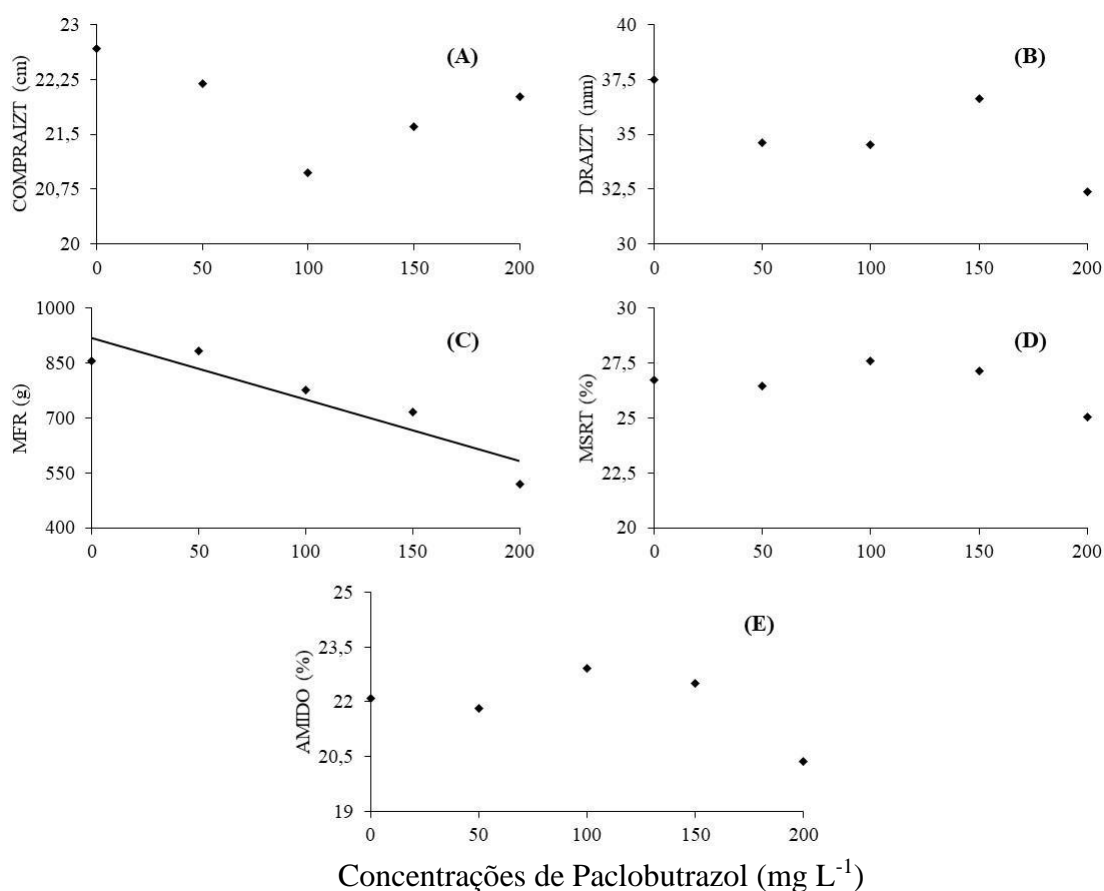


Figura 29 - Características morfológicas e produtivas de mudas de mandioca em campo aos 120 dias após aplicação via foliar de PBZ. (A) comprimento médio de raízes tuberosas (COMPRAIZT); (B) diâmetro de raízes tuberosas (DRAIZT); (C) massa fresca de raízes tuberosas (MFR): $\hat{Y}^* = 918,55 - 1,677x$ ($r^2 = 0,84$); (D) teor de matéria seca de raízes tuberosas (MSR); (E) teor de amido de raízes tuberosas (AMIDO).

Foi atribuída a variável MFR, expressão de suas médias dependente das variáveis MFC, MFF e AF pela avaliação da correlação de Spearman, com valores do coeficiente de correlação de 0,67, 0,75 e 0,77, respectivamente, o que indica que, como a aplicação do triazol tende modular esses parâmetros, conseqüentemente influenciou negativamente a produção de raízes tuberosas neste estudo.

As análises referentes às características produtivas realizadas geralmente em mandioca tipo indústria, não apresentaram efeito significativo a partir do somatório das aplicações do regulador via substrato e foliar, aos 10 meses após o transplante a porcentagem de massa seca e o teor de amido não diferiram entre as concentrações do

triazol (Tabela 24), permanecendo os teores em média a 26% de MS e 22% de amido presente em cada quilograma de massa fresca de raízes.

É descrito que, dos 180 aos 300 DAP ocorre maior deslocamento de fotoassimilados e acúmulo de massa seca para o sistema radicular (Alves, 2006), entretanto, foi possível observar efeito contrário em relação ao incremento pela aplicação dos tratamentos no presente estudo, afetando negativamente tal variável.

A constituição básica das raízes de armazenamento é dada por água, carboidratos e amido (principal componente para ramo fármaco e industrial). A média do teor de amido obtido neste trabalho foi inferior ao considerado ótimo (32%) para seu processamento, no entanto, são obtidos em plantas de mandioca industrial advindas do método de propagação tradicional e de idade média de 18 meses (Oliveira e Moraes, 2009).

Um dos problemas na concepção de áreas formadas por cultivares de mandioca é a baixa disponibilidade de material de plantio em quantidade e qualidade fitossanitária, baixo vigor vegetativo e escassez de técnicas avançadas de cultivo, que propiciem menor custo de cultivo, produção de manivas em todas as épocas do ano e resistentes ao déficit hídrico. No entanto, a busca por esses aspectos não foi alcançada neste estudo, onde a aplicação do regulador de crescimento na fase de mudas (via substrato) e em campo (foliar) não melhorou os parâmetros de qualidade e não houve efeito sobre as variáveis fisiológicas e de qualidade de mudas.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de diferentes concentrações de paclobutrazol, via substrato, não contribuiu para a expressão do Índice de Qualidade de Dickson em mudas de mandioca.

As concentrações, aplicadas via substrato e foliar, não apresentaram efeito sobre as variáveis de trocas gasosas foliares e bioquímicas. Os tratamentos foram mais eficientes em restringir linearmente o crescimento em quase totalidade das avaliações.

O potencial de regeneração de raízes foi afetado negativamente. Foi promovido florescimento em mudas pela ação do paclobutrazol em reduzir a juvenilidade do material propagativo no período de produção de mudas.

Em relação às variáveis anatômicas de caule, houve aumento da atividade do câmbio vascular e elementos de vasos. Para raízes, houve instalação do crescimento secundário e aumento do diâmetro médio.

Os tratamentos tenderam a redução das variáveis de fitomassa de folhas, caule e raízes tuberosas. A restrição da biossíntese de giberelinas não apresentou efeito sobre as variáveis de porcentagem de massa seca e teor de amido em raízes tuberosas.

Recomendável a aplicação do paclobutrazol em mudas de mandioca em um intervalo superior aos 28 dias, utilizado no presente estudo, após o transplântio das brotações para substrato contido em tubetes, e em campo, aumentar a densidade de plantas por hectare.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abah, S.P.; Nsofor, G.C.; Okoroafor, U.E.; Ezeji, L.A.; Ben-Uchechi, I.; Mbe, J.O.; Okocha, P. I. Effect of paclobutrazol and kinetins on the vegetative growth, root initiation and tuberization of *Manihot esculenta* Crantz. **Nigeria Agricultural Journal**, v. 48, n. 1, p. 206-213, 2017.

Abd El-Aal, M.M.M.; Mohamed, Y.F.Y. Effect of pinching and paclobutrazol on growth, flowering, anatomy and chemical compositions of potted geranium (*Pelargonium zonal*) plant. **International Journal of Plant & Soil Science**, p. 1-22, 2017. DOI: 10.9734/IJPSS/2017/34527.

Abdi, G.; Ascari-Raburi, N. Enhancement of IBA, urea-phosphate, paclobutrazol and their combinations on rooting of royal Poinciana (*Delonix regia*) stem cuttings. American-Eurasian, **Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 6, n. 2, p. 132-136, 2009.

Ajmi, A.; Larbi, A.; Morales, M.; Fenollosa, E.; Chaari, A.; Munné-Bosch, S. Foliar paclobutrazol application suppresses olive tree growth while promoting fruit set. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, n. 4, p. 1638-1646, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10188-z>.

Albuquerque, B.R.; Heleno, S.A.; Oliveira, M.B.P.; Barros, L.; Ferreira, I.C. Phenolic compounds: current industrial applications, limitations and future challenges. **Food & Function**, v. 12, n. 1, p. 14-29, 2021. DOI: 10.1039 / D0FO02324H.

Alves, A.A.C. Estádios de desenvolvimento da planta. **Fisiologia da mandioca**. EMBRAPA-CNPMP, Cruz das Almas - Bahia, 1990, p. 139-143.

Alves, A.A.C. “Cassava Botany and Physiology”, in R. J. Hillocks, J. M. Thresh, and A. C. Bellotti (eds.), Cassava: Biology, Production and Utilization, CAB International, Wallingford, UK, p. 67–89. 2002.

Alves, A.A.C. Fisiologia da mandioca. In: Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, v.7, p.138–169, 2006.

Alves, A.D.S.; Lopes, K.; Araújo, W.P.; de Melo Júnior, A.P. Substratos para propagação rápida de mandioca tipo mesa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 3, p. 335-340, 2020. doi: 10.18378/rvads. v15i3.7504.

Ashraf, M.; Akram, N.A.; Al-Qurainy, F.; Foolad, M.R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in agronomy**, v. 111, p. 249-296, 2011. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387689-8.00002-3>.

Ataíde, E.M.; Ruggiero, C.; Oliveira, J.C.D.; Rodrigues, J.D.; Oliveira, H.J.D. Efeito do paclobutrazol e de ácido giberélico na indução floral do maracujazeiro-amarelo em condições de entressafra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 160-163, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200001>.

Baninasab, Bahram.; Ghobadi, Cyrus. Influence of paclobutrazol and application methods on high-temperature stress injury in cucumber seedlings. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, n. 2, p. 213-219, 2011. DOI 10.1007/s00344-010-9188-2

Barbosa, J.G.; Barbosa, M.S.; Tsuji, S.S.; Muniz, M.A.; Grossi, J.A.S.; Rubim, M. Cultivo de girassol ornamental (*Helianthus annuus*) em vaso sob diferentes doses de paclobutrazol. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 14, n. 2, p. 205-208. 2009. <https://doi.org/10.14295/rbho.v14i2.292>.

Behnam, B.; Higo, A.; Yamaguchi, K.; Tokunaga, H.; Utsumi, Y.; Selvaraj, M.G.; Seki, M.; Ishitani, M.; Lopez-Lavalle, L.A.B.; Tsuji, H. Field-transcriptome analyses reveal developmental transitions during flowering in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Plant Molecular Biology**, v. 106, n. 3, p. 285-296, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11103-021-01149-5>.

Benett, K. S. S. Junior.; M.J.D.A. F.Bennett, C.G.S.; Seleguini, A.; Lemos, O.L. Efeito de concentrações paclobutrazol sobre a produção de mudas de tomateiro. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 2, p. 164-169, 2014.

Bergamaschi, H.; Begonci, J. I. **As plantas e o clima - princípios e aplicações**. 1. ed. Guaíba: Agrolivros, 2017. 32 p.

Berlyn, G.P.; Miksche, J. P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: Iowa State University, 121 p. 1976.

Berova, M.; Zlatev, Z. Physiological response of paclobutrazol-treated triticale plants to water stress. **Biologia Plantarum**, v. 46, n. 1, p. 133-136, 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1022360809008>.

Binotto, A.F.; Lúcio, A.D.C.; Lopes, S.J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>.

Birchler, T.A.; Royo, A.; Pardos, M. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. **Forest Systems**, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.

Bizuayehu, D.; Getachew, A. Paclobutrazol as a plant growth regulator. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, 2021. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00199-z>.

Braga, G.C.M.; Cairo, P.A.R.; de Novaes, A.B.; Neto, C.D.S.M. **Avaliação do potencial de regeneração de raízes em sete clones de eucalipto**. Doi: 10.37885/200700664.

Brito, C.L.L.; Matsumoto, S.N.; Santos, J.L.; Gonçalves, D.N.; Ribeiro, A.F. Efeito do paclobutrazol no desenvolvimento de plantas de girassol ornamental. **Revista de ciências agrárias**, v. 39, n. 1, p. 153-160, 2016. <https://doi.org/10.19084/RCA15044>.

Bueno, I.G.A. **Microenxertia e efeito de paclobutrazol e sacarose no desenvolvimento in vitro de acessos de Pfaffia glomerata (Spreng.) Pedersen**. 2018. p. 80. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Bueno, P.M.; Tofanelli, M.B.; Vendrame, W.A.; Biasi, L.A. Paclobutrazol as an alternative to improve propagation of *Rubus brasiliensis*. **Scientia Horticulturae**, v. 287, p. 110215, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110215>.

Byju, G.; Haripriya Anand, M. Resposta diferencial de cultivares de mandioca de curta e longa duração à aplicação de nitrogênio mineral. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 4, pág. 572-576, 2009. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800044>.

Cardoso, M.N.; de Araújo, A.G.; Muniz, A.D.S.; de Oliveira, L.A.R.; Ledo, A.D.S. Influência de luz e sacarose no crescimento in vitro de mandioca. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

Cargnelutti Filho, A.; Araujo, M.M.; Gasparin, E.; Foltz, D.R.B. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de plantas de timbaúva. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.121314>.

Carneiro, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.

Carvalho-Zanão, M.P.; Grossi, J.A.S.; Júnior, L.A.Z.; Ventrella, M.C.; Pereira, N. Production and leaf plasticity of rose plants sprayed with paclobutrazol and daminozide. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3481-3490, 2017. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n6p3481.

Carvalho-Zanão, M.P.; Zanão Júnior, L.A.; Grossi, J.A.S.; Pereira, N. Potted rose cultivars with paclobutrazol drench applications. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161002>.

Casaroli, D.; Jong Van Lier, Q. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 58-66, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100007>.

Castañeda-Méndez, O.; Ogawa, S.; Medina, A.; Chavarriaga, P.; Selvaraj, M.G. A simple hydroponic hardening system and the effect of nitrogen source on the acclimation of in vitro cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 53, n. 2, p. 75-85, 2017. DOI 10.1007/s11627-016-9796-z.

Čatský, J. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 2, n. 1, p. 76-78, 1960.

Ceballos, L.F.; Toro, J. C.; Silva, J. R. **Sistema de propagacion rápida de la yuca**. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. 1 ed. Cali: CIAT, 12p. 1980.

Chaney, W.R. **Tree growth retardants: arborists discovering new uses for an old tool**. Tree care industry, 54, p. 2-6. 2003.

Chaweewan, Y.; Taylor, N. Anatomical assessment of root formation and tuberization in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Tropical Plant Biology**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12042-014-9145-5>.

Cock, J.H.; Franklin, D.; Sandoval, G.; Juri, P. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**, v. 19, p. 265-272, 1979. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1979.0011183X001900020025x>.

Collado, C.E.; Hernández, R. Effects of Light Intensity, Spectral Composition, and Paclobutrazol on the Morphology, Physiology, and Growth of Petunia, Geranium, Pansy, and Dianthus Ornamental Transplants. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-18, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10306-5>.

Conceição, A.J. **A Mandioca**. São Paulo: Ed. Nobel, 1983.

Cregg, B.; Ellison-Smith, D. Application of paclobutrazol to mitigate environmental stress of urban street trees. **Forests**, v. 11, n. 3, p. 355, 2020. <https://doi.org/10.3390/f11030355>.

Cruz, J.L.; LeCain, D.R.; Alves, A.A.; Coelho Filho, M.A.; Coelho, E.F. Elevated CO₂ reduces whole transpiration and substantially improves root production of cassava grown under water deficit. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 12, p. 1623-1634, 2018. <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1446523>.

D'Arêde, L.O.; Matsumoto, S.N.; Santos, J.L.; Viana, A.E.S.; Silva, P.A.R. Morfofisiologia do crescimento vegetativo inicial de cafeeiros arábica submetidos a aplicação via foliar de paclobutrazol. **Coffee Science**, v.12, n.4, p.451-462, 2017. DOI:<https://doi.org/10.25186/cs.v12i4.1311>.

da Costa, S.J.; Erasmo, E.A.L.; Silva, J.; Oliveira, T.C. Desempenho de híbridos de dendezeiro (*Elaeis guineenses*) nas fases de pré-viveiro e viveiro. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 34-39, 2018. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.1435>.

da Silva, E.R.; Pinheiro, M.G.; Carraro, J.C, da Silva Binotti, F.F.; Burin, C.C, Oliveira, J.N. Zoz, T.; Costa, E. Cumulative Applications of Paclobutrazol with Leaf Nitrogen in Biquinho Pepper. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 64-71, 2020. <https://doi.org/10.9734/jeai/2020/v42i530519>.

de Almeida, E.P.; de Oliveira Freire, A.L.; da Silva, E.C.A.; Leite, A.P.; França, G.M.; Batista, A.W. Crescimento, produção de biomassa e trocas gasosas de mudas de *Lonchocarpus sericeus* sob diferentes ciclos de irrigação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63849-63858, 2020. doi.org/10.34117/bjdv6n8-712.

de Araújo Ascoli, A.; da Silva Binotti, F.F.; de Mendonca, G.W.; Gouveia, G.C.C.; Costa, E.; Cardoso, E.D. Effects of foliar application of chemical agents and shading levels on growth and physiological aspects of "malagueta" pepper plants. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 2, p. 229-235, 2020. [doi:10.21475/ajcs.20.14.02p1852](https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.02p1852).

de Lima Silva, P.N.; de Souza, L.G.; Redigolo, M.V.N.; Cardoso, A.I.I. Produção de brócolis em função das doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação das mudas. **Revista**

de **Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 61-67, 2018. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.2448>.

de Mendonça, R.M.; Vieira, E.A.; de Freitas Fialho, J.; Ribeiro, M.R.; da Silva Sene, J.C.; de Paiva, W.M.; Malaquias, J.V. Desempenho agrônômico de cultivares de mandioca de mesa em área do Triângulo Mineiro. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/hb.v38i4.2067>.

de Oliveira, M.A.; Fiorine, R.A. Análise de crescimento em mudas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes de estacas em diferentes recipientes para cultivo. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 2, p. 12-26, 2006.

Desta, B.; Amare, G. Paclobutrazol as a plant growth regulator. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00199-z>.

Dickson, A.; Leaf, A.L.; Hosner, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Mattawa, v.36, n.1, p.10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

do Amaral Brogio, B.; da Silva, S.R.; Cantuarias-Avilés, T.; Angolini, S.F.; Baptista, E.G.; Ribeiro, R.V. Influência de inibidores de giberelinas aplicados no florescimento de abacateiros 'Hass' não irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 8, p. 918-923, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000800006>.

Dória, L.C.; Podadera, D.S.; Batalha, M.A.; Lima, R.S.; Marcati, C.R. Do woody plants of the Caatinga show a higher degree of xeromorphism than in the Cerrado? **Flora**, v. 224, p. 244-251, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.09.002>.

Ebertz, O.F.; Palomino, E.C. Caracterização morfológica de genótipos de *Manihot esculenta* Crantz obtidos via sementes. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 66-77, 2017. <https://doi.org/10.18542/ragros.v9i2.5120>.

El-Sharkawy, M.A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 257-286, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400003>.

Embrapa - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Embrapa lança cultivares de mandioca de mesa. Embrapa Cerrados (2016). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-denoticias/-/noticia/6252350/embrapa-lanca-cultivares-de-mandioca-de-mesa>>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

Falcioni, R. **Luz e giberelinas induzem respostas estruturais da planta em nível celular e, independentemente, estimulam a deposição de lignina nas paredes das fibras do xilema**. 2017. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, 2017, Maringá, PR.

Fan, S.; Zhang, D.; Gao, C.; Zhao, M.; Wu, H.; Li, Y.; Shen, Y.; Han, M. Identification, classification, and expression analysis of *GRAS* gene family in *Malus*

domestica. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 253, 2017a. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00253>.

Fan S.; Zhang D.; Xing L.; Qi S.; Du L.; Wu, H.; Shao, H.; Li, Y.; Ma, J.; Han, M. Phylogenetic analysis of *IDD* gene family and characterization of its expression in response to flower induction in *Malus*. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 292, n. 4, p. 755-771, 2017b. <https://doi.org/10.1007/s00438-017-1306-4>.

Fan, Z. X.; Li, S.C.; Sun, H.L. Paclobutrazol Modulates Physiological and Hormonal Changes in *Amorpha fruticosa* under Drought Stress. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 67, n. 1, p. 122-130, 2020. <https://doi.org/10.1134/S1021443720010069>.

Fao - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2013. Save and Grow: Cassava: A Guide to Sustainable Production Intensification. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fao - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Production quantities of cassava by country. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 05 de março de 2021.

Faria, J.C.T.; Lopes, D.A.; Lyra, G.B.; Melo, H.C.D.; Melo, L.A.D. Manejo da densidade de plantas durante a produção de mudas em viveiro. **Ciência florestal**, v. 29, n. 3, p. 1187-1198, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509830030>.

Feathers, J.; Barnett, W.; Silveira, M.I.; Henderson, A.; Sliva, J.; Chernoff, B.; Reese, D. S.; Holman, J.A.; Toth, N.; Schick, K. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: the peopling of the Americas. **Science**, v. 272, n. 5260, p. 373-384, 1996.

Ferreira Filho, J.R.; Silveira, H.F.; Macedo, J.J.G.; Lima, M.B.; Cardoso, C.E.L. **Cultivo, processamento e uso da mandioca**. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 34 p. Instruções práticas.

Ferreira, K.M.; Simões, W.L.; Mesquita, A.; Mouco, M.D.C.; da Silva, J.R. **Efeitos fisiológicos da mangueira cv. Tommy Atkins sob aplicação de paclobutrazol via sistema de irrigação**. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Jornada de integração da pós-graduação da EMBRAPA semiárido, 3., 2018, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018.

Filgueiras, G.C., Homma, A.K.O.O. **Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região Norte**. Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico (ALICE), 2016.

Filho, W.P.; Silveira, G.S.R. **Cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Emater-MG, 2012. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/cultura%20da%20m>.

Fletcher, R.A.; Arnold, V. Stimulation of cytokinins and chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by triadimefon. **Physiologia Plantarum**, v.66, p.197-201, 1986. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1986.tb02408.x>

Fletcher, R.A.; Gilley, A.; Sankhla, N.; Davis, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural reviews**, v. 24, p. 55-138, 2000.

França, C.D.F.M.; da Costa, L.C.; Ribeiro, W.S.; Mendes, T.D.C.; de Sousa Santos, M.N.; Finger, F.L. Evaluation of paclobutrazol application method on quality characteristics of ornamental pepper. **Ornamental Horticulture**, v. 23, n. 3, p. 307-310, 2017. <https://doi.org/10.14295/oh.v23i3.1074>.

França, C.D.F.M.; Ribeiro, W.S.; Santos, M.N.S.; Petrucci, K.P.D.O.S.; do Rêgo, E.R.; Finger, F.L. Crescimento e qualidade de pimentas ornamentais em vaso tratadas com paclobutrazol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 3, p. 316-322, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000300006>.

Fukuda, W.M.G.; Carvalho, H.W.L. Propagação rápida de mandioca no Nordeste brasileiro. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. 2007. 6 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular técnica, 45).

Fukuda, W.M.G.; Guevara, C.L.; Kawuki, R.; Ferguson, M.E. **Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava**. IITA, Ibadan, Nigéria, 2010. p. 1-30.

Goldberg-Moeller, R.; Shalom, L.; Shlizerman, L.; Samuels, S.; Zur, N.; Ophir, R.; Blumwald, E.; Sadka, A. Effects of gibberellin treatment during flowering induction period on global gene expression and the transcription of flowering-control genes in *Citrus* buds. **Plant science**, v. 198, p. 46-57, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.09.012>.

Gomes Junior, F. de A. **Produtividade de variedades de mandioca em diferentes arranjos de plantio, épocas de colheita, fisiologia do estresse e déficit hídrico**. 2018. 86 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

Gomes Júnior, G.A.; Pereira, R.A.; Santos, D.J.D.; Sodré, G.A.; Gross, E. Substrato e qualidade de mudas de mangostanzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 3, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019135>.

Gomes, A.D.V.; Freire, A.L.O. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis*) em função do substrato e sombreamento. **Scientia Plena**, v. 15, n. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.110203>.

Gomes, D.A.; do Amaral, L.S.; de Almeida Ferreira, D.S.; Moreira, G.R.; Gomes-Silva, F.; da Costa, M.L.L.; Pimentel, P.G. Caracterização de genótipos de mandioca por técnicas multivariadas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 25-29, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4181>.

Gopi, R.; Jaleel, C.A.; Divyanair, V.; Azooz, M.M.; Panneerselvam, R. Effect of paclobutrazol and ABA on total phenol contents in different parts of holy basil (*Ocimum sanctum*). **Academic J. of Plant Sci**, v. 2, n. 2, p. 97-101, 2009.

Grafton, R.Q.; Daughbjerg, C.; Qureshi, M.E. Towards food security by 2050. **Food Security**, v. 7, n. 2, p. 179-183, 2015. DOI 10.1007/s12571-015-0445-x

Grossi, J.A.S.; Carvalho-Zanão, M.P.; Zanão Júnior, L.A.; Pereira, N. Potted rose cultivars with paclobutrazol drench applications. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.48, n. 8, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20161002>.

Grossnickle, S.C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5-6, p. 711-738, 2012. DOI 10.1007/s11056-012-9336-6

Hajihashemi, S. Physiological, biochemical, antioxidant and growth characterizations of gibberellin and paclobutrazol-treated sweet leaf (*Stevia rebaudiana*) herb. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, v. 27, n. 2, p. 237-240, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13562-017-0428-4>.

Hajihashemi, S.; Ehsanpour, A.A. Influence of exogenously applied paclobutrazol on some physiological traits and growth of *Stevia rebaudiana* under in vitro drought stress. **Biologia**, v. 68, n. 3, p. 414-420, 2013. <https://doi.org/10.2478/s11756-013-0165-7>.

Hamdani, J.S.; Nuraini, A.; Mubarak, S. The use of paclobutrazol and shading net on growth and yield of potato 'medians' tuber of G2 in medium land of Indonesia. **Journal of Agronomy**, v. 17, n. 1, p. 62-67, 2018. DOI: 10.3923/ja.2018.62.67.

Hütsch, B.W.; Schubert, S. Water-use efficiency of maize may be increased by the plant growth regulator paclobutrazol. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 2020. <https://doi.org/10.1111/jac.12456>.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

Jabir, O.; Mohammed, B.; Benard Kinuthia, K.; Almahadi Faroug, M.; Nureldin Awad, F.; Muleke, E. M.; Ahmadzai, M.; Liu, L. Effects of Gibberellin and Gibberellin Biosynthesis Inhibitor (Paclobutrazol) Applications on Radish (*Raphanus sativus*) Taproot Expansion and the Presence of Authentic Hormones. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 19, n. 4, 2017. DOI: 10.17957/IJAB/15.0359.

Jala, I.M.; da Silva, C.C.; Sampaio Filho, J.S.; de Oliveira, E.J.; Nóbrega, R.S.A. Seedlings of cassava varieties are responsive to organic fertilization. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019. Disponível em <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1113131>. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n5Supl1p2151.

Jaleel, C.A.; Manivannan, P.; Sankar, B.; Kishorekumar, A.; Sankari, S.; Panneerselvam, R. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. **Process Biochemistry**, v. 42, n. 11, p. 1566-1570, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2007.08.006>.

Jie, K.U.A.I.; Li, X.Y.; Yang, Y.; Zhou, G.S. Effects of paclobutrazol on biomass production in relation to resistance to lodging and pod shattering in *Brassica napus* L. **Journal of integrative agriculture**, v. 16, n. 11, p. 2470-2481, 2017. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61674-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61674-5).

Johansen, D.A. **Plant microtechnique**. New York: Mc Graw Hill Book, 1940.

Johnson, J.D.; Cline, M.L. Seedling quality of southern pines. In: **Forest regeneration manual**. Springer, Dordrecht, 1991. p. 143-159. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3800-0_8.

José, A.C.; Davide, A.C.; de Oliveira, S.L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

Jungklang, J.; Saengnil, K.; Uthaibutra, J. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 7, p. 1505-1512, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.017>.

Kamran, M.; Ahmad, S.; Ahmad, I.; Hussain, I.; Meng, X.; Zhang, X.; Javed, T.; Ullah, M.; Ding, R.; Xu, P.; Gu, W.; Han, Q. Paclobutrazol application favors yield improvement of maize under semiarid regions by delaying leaf senescence and regulating photosynthetic capacity and antioxidant system during grain-filling Stage. **Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 187, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020187>.

Kamran, M.; Cui, W.; Ahmad, I.; Meng, X.; Zhang, X.; Su, W.; Chen, J.; Ahmad, S.; Fahad, S.; Han, Q.; Liu, T. Effect of paclobutrazol, a potential growth regulator on stalk mechanical strength, lignin accumulation and its relation with lodging resistance of maize. **Plant growth regulation**, v. 84, n. 2, p. 317-332, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10725-017-0342-8>.

Kamran, M.; Wennan, S.; Ahmad, I.; Xiangping, M.; Siwei, M.; Khan, A.; Qingfang, H.; Tiening, L. Application of paclobutrazol affect maize grain yield by regulating root morphological and physiological characteristics under a semi-arid region. **Scientific Reports**, London, v. 8, n. 1, p. 4818, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23166-z>.

Kawano, K.; Fukuda, W.M.G.; Cenpukdee, U. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root 1. **Crop Science**, v. 27, n. 1, p. 69-74, 1987. <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700010018x>.

Khalil, H. A.; Aly, H.S.H. Cracking and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum*) as affected by pre-harvest sprays of some growth regulators and mineral nutrients. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 5, n. 2, p. 71-76, 2013. DOI: 10.5829/idosi.jhsop.2013.5.2.1115.

Khan, A.S.; Souza, J.D.S. Elasticidades de oferta e demanda de mandioca na região Nordeste. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 29, n. 3, p. 249-257, 2020.

Khunpona, B.; Cha-umb, S.; Faiyuec, B.; Uthaibutraa, J.; Saengnila, K. Influence of paclobutrazol on growth performance, photosynthetic pigments, and antioxidant efficiency of Pathumthani 1 rice seedlings grown under salt stress. **Stress**, v. 6, p. 8, 2017. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2017.43.070.

Kidulile, C.E.; Alakonya, A.E.; Ndunguru, J.C.; Ateka, E.M. Cost effective medium for in vitro propagation of Tanzanian cassava landraces. **Afr. J. Biotechnol**, v. 17, n. 25, p. 787-794, 2018. DOI: 10.5897/AJB2017.16368.

Kishorekumar, A. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius*). **Acta Biologica Szegediensis**, v. 50, n. 3-4, p. 127-129, 2006.

Koike, Y.; Matsushima, K.I.; Mitarai, Y.; Kim, O.K. Effects of Uniconazole-P and Paclobutrazol Application on the Growth and Flowering of *Euryops Pectinatus*. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, v. 5, n. 1, 2018. DOI: 10.18178 / JOAAT.5.1.31-35.

Kondhare, K.R.; Hedden, P.; Kettlewell, P.S.; Farrell, A.D.; Monaghan, J.M. Use of the hormone-biosynthesisinhibitors fluridone and paclobutrazol to determine the effects of altered abscisic acid and gibberellin levelson pre-maturity amylase formation in wheat grains. **Journal of Cereal Science**, v. 60, p. 210–216, 2014. doi:10.1016/j.jcs.2014.03.001

Koshy, A.M.; Joseph, V.; Ravi, V.; Byju, G. Rapid method for estimation of total chlorophyll, chlorophyll a and b and carotene content in leaves of cassava and sweet potato using SPAD meter. **Journal of Root Crops**, v. 44, n. 1, p. 37-40, 2018.

Kumari, S.; Bakshi, P.; Sharma, A.; Wali, V. K.; Jasrotia, A.; Kour, S. Use of plant growth regulators for improving fruit production in sub tropical crops. **Int J Curr Microbiol App Sci**, v. 7, n. 03, p. 659-68, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.077>

Kurian, R.M.; Lyer, C.P.A. Stem anatomical characters in relation to tree vigour in mango (*Mangifera indica*). **Scientia Horticulturae**, v. 50, p. 245-253, 1992. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(92\)90177-E](https://doi.org/10.1016/0304-4238(92)90177-E).

Lima, B.H.D.; Santos, P L.F.D.; Bezerra, J.C.M.; Pagliarini, M.K.; Castilho, R.M.M.D. Paclobutrazol as growth regulator in Bahiagrass. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 3, p. 413-421, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v26i3.2205>.

Lima, J.T.O. **Manejo floral da pereira com paclobutrazol no submédio do vale do São Francisco**. 2020. 61 p. Dissertação (Mestre em Biotecnologia). Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES – Vitória, ES.

Liu, L.; Wu, Y.; Zhao, D.; Tao, J. Integrated mRNA and microRNA transcriptome analyses provide insights into paclobutrazol inhibition of lateral branching in *herbaceous peony*. **3 Biotech**, v. 10, n. 11, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02489-7>.

Lucho, S.; do Amaral, M.N.; Milech, C.; Kleinowski, A.M.; Caldrón, A.; Braga, E.J.B. Síntese de glicosídeos de esteviol e pigmentos fotossintéticos induzida por elicitores em plantas de estevia. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1494-1508, 2018.

Mabvongwe, O.; Manenji, B.T.; Gwazane, M.; Chandiposha, M. The effect of paclobutrazol application time and variety on growth, yield, and quality of potato (*Solanum tuberosum*). **Advances in Agriculture**. 2016. DOI: 10.1155/2016/1585463.

Mariana, M.; Hamdani, J. S. Growth and yield of *Solanum tuberosum* at medium plain with application of paclobutrazol and paranet shade. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 9, p. 26-30, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.117>.

Marques, E.S. Programa nacional de zoneamento agrícola de risco climático. 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: abril de 2021.

McDaniel, G.L.; Graham, E. T.; Maleug, K. R. Alteration of poinsettia stem anatomy by growth-retarding chemicals. **HortScience**, v. 25, n. 4, p. 433-435, 1990. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.4.433>.

McDonald, M.J.; Rice, D.P.; Desai, M.M. Sex speeds adaptation by altering the dynamics of molecular evolution. **Nature**, v. 531, n. 7593, p. 233-236, 2016. <https://doi.org/10.1038/nature17143>.

Medina, R.; Burgos, A.; Difranco, V.; Mroginski, L.; Cenóz, P. Effects of chlorocholine chloride and paclobutrazol on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plant growth and tuberous root quality. **Agriscientia**, v. 29, p. 51-58, 2012.

Mehmood, M.Z.; Qadir, G.; Afzal, O.; Din, A.M.U.; Raza, M.A.; Khan, I.; Hassan, M.J.; Awan, S.A.; Ahmad, S.; Ansar, M.; Aslam, M.A.; Ahmed, M. Paclobutrazol improves sesame yield by increasing dry matter accumulation and reducing seed shattering under rainfed conditions. **International Journal of Plant Production**, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42106-021-00132-w>.

Melo, A.P.C.D.; Seleguini, A.; Veloso, V.D.R.S. Peliculização de sementes de tomate associada ao paclobutrazol. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 123-129, 2014. <https://doi.org/10.1590/brag.2014.026>.

Melo, L.A.D.; Abreu, A.H.M.D.; Leles, P.S.D.S.; Oliveira, R.R.D.; Silva, D.T.D. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831574>.

Mog, B.; Janani, P.; Nayak, M.G.; Adiga, J.D.; Meena, R. Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale*) by Paclobutrazol. **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108748, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108748>.

Mohammadi, M.H.S.; Etemadi, N.; Arab, M.M.; Aalifar, M.; Arab, M.; Pessaraki, M. Molecular and physiological responses of Iranian Perennial ryegrass as affected by Trinexapac ethyl, Paclobutrazol and Absciscic acid under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 111, p. 129-143, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.11.014>.

Monselise, S.P. Citrus and related genera. In: Halevy, A.H. **Handbook of flowering**. Florida, CRC Press, Boca Raton, 1985. v.2, p.275-294

Monteiro F.P.R. **Impacto de herbicidas na nodulação e na produtividade do Feijão-caupi**. 69 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Tocantins, Palmas - TO.

Moreno-Pérez, E.D.C.; Sánchez-del Castillo, F.; Ruiz-Díaz, M.; Contreras-Magaña, E. Effect of population densities and paclobutrazol applications on seedling quality and yield in tomato. **Revista Chapingo. Serie: horticultura**, v. 27, n. 1, p. 5-17, 2021. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.05.010>

Mortate, R.K.; Araújo, M.M.; de Paula Lima, M.W.; da Silva Binotti, F.F. Resposta de mudas de pimentão submetidas à diferentes reguladores vegetais via foliar. **Ciência & Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2018.

Nascimento, M.F. **Variabilidade genética, ação do paclobutrazol e do etileno na arquitetura da planta e na longevidade de *Capsicum spp.* e *Solanum pseudocapsicum***. 2018. 71 p. Tese (*Doctor Scientiae*). Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, MG.

Navarro, A.; Sánchez-Blanco, M.J.; Bañon, S. Influence of paclobutrazol on water consumption and plant performance of *Arbutus unedo* seedlings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 133-139, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.10.014>

Neves, R.D.J.; Souza, L.S.; Oliveira, E.J.D. A leaf bud technique for rapid propagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0005>

Nogueira, F.D.; Gomes, J. de C. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez, V.H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª. Aproximação. Comissão de Fertilizante do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 312-313, 1999.

Nyan, T.M.; Yahya, A.; Izham, A.; Ranj, S.N. Gas exchange, growth and flowering of *Lagerstroemia indica* treated with different concentration and application techniques of paclobutrazol. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 16, n. 1, p. 37-44, 2017. <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2017.37.44>.

O'Brien, T.P.; McCully, M.E (1981). **The Study of Plant Structure: Principles and Selected Methods**. Termarcarphi Pty. Ltd., Melbourne.

Okogbenin, E.; Setter, T.L.; Ferguson, M.; Mutegi, R.; Ceballos, H.; Olasanmi, B.; Fregene, M. Phenotypic approaches to drought in cassava. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 93, 2013. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00093>.

Oler, J.R.L. **Etnobotânica e diversidade genética de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.): a manutenção da agrobiodiversidade em comunidades tradicionais de Jangada, Mato Grosso, Brasil**. 2017. 149 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, SP.

Oliveira, E.J.D.; Fukuda, W.M.G.; Oliveira, S.A.S.D.; Ringenberg, R.; Silva, M.R.; Souza, A.D.S.; Silva, A.L.L.; Oliveira Filho, M.S.; Faria, M.P.; Silva, R.D.J.S. BRS Novo Horizonte-a new cassava variety for industrial use. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 2. 2020. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n2c24>

Oliveira, G.P.; de 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, 2018. <https://doi.org/10.19084/RCA18016>.

Oliveira, M.A.D.; Moraes, P.S.B.D. Características físico-químicas, cozimento e produtividade de mandioca cultivar IAC 576-70 em diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 837-843, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000300024>.

Oliveira, M.B.; Figueiredo, M.G.F.; Pereira, M.C.T.; do Carmo Mouco, M.A.; Ribeiro, L.M.; Mercadante-Simões, M.O. Structural and cytological aspects of mango floral induction using paclobutrazol. **Scientia Horticulturae**, v. 262, p. 109057, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109057>.

Oliveira, M.F.; da Silva, E.C.; Catunda, P.H.A.; dos Santos Silva, E.; Leite, N.S. Emergência de plântulas e desenvolvimento inicial de mudas de aroeira sob diferentes substratos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 56093-56105, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bj>.

Oliveira, S.L. de; Coelho, E.F.; Nogueira, C.C.P. Irrigação. In: Souza, L. da S.; Farias, A.R.N.; Matos, P.L.P. de; Fukuda, W.M.G. (Eds). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura tropical, 2006. p. 292-300.

Otekunrin, O.; Sawicka, B. Cassava, a 21st Century Staple Crop: How can Nigeria Harness its Enormous Trade Potentials? **Acta Agriculturae Slovenica**. v. 3. p. 194-202. 2019.

Pacenczuk, F.; Sandini, I. E.; Rodrigues, J.D.; Ono, E.O. Produtos à base de triazol como redutores de crescimento da cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 385-393, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA16064>.

Panyapruerk, S.; Sinsiri, W.; Sinsiri, N.; Arimatsu, P.; Polthanee, A. Effect of paclobutrazol growth regulator on tuber production and starch quality of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 15, n. ½, p. 1- 7, 2016. DOI: 10.3923/ajps.2016.1.7.

Pardos, M.; Calama, R.; Montero, G.; Pardos, J.A. Growth of container-grown cork oak seedlings as affected by foliar and soil application of paclobutrazol. **HortScience**, v. 40, n. 6, p. 1773-1776, 2005. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1773>.

Parladore, N.; da Silva, A.G.; Costa, E.; da Silva Binotti, F.F.; Silva, L.A.; da Costa Vieira, G.H.; de Souza, A.F.G. O. substrate volumes and application of paclobutrazol for ornamental pepper production. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 1-5, 2019.

Parvin, S.; Javadi, T.; Ghaderi, N. Proline, protein, RWC and MSI contents affected by paclobutrazol and water deficit treatments in strawberry cv. Paros. **Cercetari Agronomice in Moldova**, v. 48, n. 1, p. 107-114, 2015.

Polthanee, A.; Manuta, P.; Sirikan, J. Effect of Paclobutrazol Application Time on Growth, Yield and Starch Content of Two Cassava Cultivars under Rainfed Conditions of Northeastern, Thailand. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 53, n. 6, 2019. DOI:10.18805/IJARE.A-427.

Prata, R.R.; Mendonça, M.S.D. Estudo anatômico do xilema secundário da raiz e do caule de *Maytenus guyanensis* Klotzsch ex Reissek (*Celastraceae*). **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 261-266, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200003>.

Quadros, I.P. da S. **Mapeamento e detecção de qtl em mandioca**. 2016. 79 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES.

Rademacher, W.; Spinelli, F.; Costa, G. Prohexadione-Ca: **modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees**. In: X International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production 727. p. 97-106, 2005.

Rady, M.; Gaballah, S. Improving barley yield grown under water stress conditions. **Research Journal of Recent Sciences** v. 1, v. 1, p. 1-6, 2012.

Reincke, K.; Vilvert, E.; Fasse, A.; Graef, F.; Sieber, S.; Lana, M. A. Key factors influencing food security of smallholder farmers in Tanzania and the role of cassava as a strategic crop. **Food Security**, v. 10, n. 4, p. 911-924, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0814-3>

Ribeiro Junior, J.I. **Análises Estatísticas no SAEG**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 250 p.

Ribeiro, A.F.F. **Morfofisiologia de plantas jovens de café arábica submetidas a níveis de sombreamento artificial e doses de paclobutrazol**. 2018. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Vitória da Conquista, Bahia.

Ribeiro, A.F.F.; Matsumoto, S.N.; Pereira, L.F.; de Oliveira, U.S.; Teixeira, E.C.; Ramos, P.A.S. Content of Photosynthetic Pigments and Leaf Gas Exchanges of Young Coffee Plants under Light Restriction and Treated with Paclobutrazol. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-13, 2019. DOI: 10.9734/jeai/2019/v32i630128.

Ribeiro, M.D.N.O.; Carvalho, S.P.D.; Pereira, F.J.; Castro, E.M.D. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 354-361, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200019>.

Ribeiro, N.P.; Fernandes, A.M.; Silva, R.M.D.; Pelvine, R.A.; Assunção, N.S. Growth and yield of sweet potato in response to the application of nitrogen rates and paclobutrazol. **Bragantia**, v. 80, 2021. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200447>.

Ribeiro, W.S. **Ação do paclobutrazol e do 1-MCP sobre a qualidade de espécies ornamentais de *Capsicum***. 2017. 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Rocha, H.; de Araújo, J.C.; da Silva, A.C.M.; de Oliveira, S.A.S.; Borges, A.; Ferreira filho, J.R.; Meissner filho, P.E.; Silveira, H.F. da.; Ringenberg, R.; Cardoso, C. Recomendações técnicas para a produção de manivas-semente de mandioca a partir de mudas micropropagadas. **O papel do "maniveiro"- Projeto RENIVA**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2014.

Rodrigues, L.D.A.; de Castro, E.M.; Pereira, F.J.; Maluleque, I.F.; Barbosa, J.P.R.A.D.; Rosado, S.D.S. Effects of paclobutrazol on leaf anatomy and gas exchange of *Toona ciliata* clones. **Australian Forestry**, v. 79, n. 4, p. 241-247, 2016. <https://doi.org/10.1080/00049158.2016.1235476>.

Roosevelt, A.C.; Costa, M.L.; Machado, C.L.; Michab, M.; Mercier, N.; Valladas, H.; Feathers, J.; Barnett, W.; Silveira, M.I.; Henderson, A.; Sliva, J.; Chernoff, B.; Reese, D. S.; Holman, J.A.; Toth, N.; Schick, K. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: the peopling of the Americas. **Science**, v. 272, n. 5260, p. 373-384, 1996. DOI: 10.1126/science.272.5260.373

Roseli, A.N.M.; Ying, T.F.; Osman, N. Changes in Leaf Thickness, Chlorophyll Content, and Gas Exchange of a Landscape Tree, *Xanthostemon chrysanthus*, Treated with Paclobutrazol and Potassium Nitrate. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 47, n. 2, 2021.

Saengchan, K.; Nopharatana, M.; Lerdlattaporn, R.; Songkasiri, W. Enhancement of starch-pulp separation in centrifugal-filtration process: Effects of particle size and variety of cassava root on free starch granule separation. **Food and Bioproducts Processing**, v. 95, p. 208-217, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.05.008>.

Santos, F.R.; Carlesso, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>

Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Dos Anjos, L.H.C.; De Oliveira, V.A.; Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A. de.; Araujo Filho, J.C. de.; Oliveira, J.B. de.; Cunha, T.J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Santos, M.A.D. **Utilização do fitorregulador giberelina na cultura do tomate para processamento industrial**. 2019. 41 p. Dissertação (Mestre em Olericultura). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.

Santos, V.D.S.; Souza, A.D.S.; Viana, A.E.S.; Ferreira Filho, J.R.; Souza, K.D.S.; Menezes, M.C. Multiplicação rápida, método simples e de baixo custo na produção de material propagativo de mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009.

Scholander, P.F.; HammeL, H.T.; Hemmingsen, E.A.; Bradstreet, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Gewerbestrasse, v. 52, n. 1, p. 119-125, 1964. doi: 10.1073/pnas.52.1.119.

Schorn, L.A.; Pandini, G.; Bittencourt, R.; Fenilli, T.A.B. Definição de idades ótimas para expedição de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em função de sua qualidade e volume de recipientes. **Biotemas**, v. 32, n. 4, p. 19-27, 2019. <https://orcid.org/0000-0003-3732-5354>.

Shevchuk, O.A.; Khodanitska O.O.; Tkachuk, O.; Matviichuk, O.A.; Polyvanyi, S.V.; Golunova, L.A.; Kniaziuk, O.V.; Zavalniuk, O.L. Impact of retardants on sugar beet seed productivity. **Ukrainian Journal of Ecology**, v.1, n. 11, p. 143-148. 2021.

Shiji, R.; George, J.; Sunitha, S.; Muthuraj, R. Micropropagation for rapid multiplication of planting material in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Root Crops**, v. 40, n. 1, p. 23-30, 2015.

Shirima, R.R.; Maeda, D.G.; Kanju, E.E.; Tumwegamire, S.; Ceasar, G.; Mushi, E.; Sichaalwe, C.; Mtunda, K.; Mkamilo, G.; Legg, J.P. Assessing the degeneration of cassava under high-virus inoculum conditions in coastal Tanzania. **Plant Disease**, v. 103, n. 10, p. 2652-2664, 2019. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0750-RE>.

Silva, C.C.; Nóbrega, R.S.A.; Jala, I.M.; Oliveira, E.J.; Machado, F.P. Crescimento inicial de manivas-semente de genótipos de mandioca em função de substratos orgânicos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

Silva, M.A.D.; Cavalcante, Í.H.; Mudo, L.E.; Paiva Neto, V.B.D.; Amariz, R.A.; Cunha, J.G.D. Bioestimulante alivia o estresse abiótico da mangueira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 457-464, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p457-464>.

Silva, R.M.D. **Componentes da produção e produtividade da mandioca de mesa em função do arranjo de plantio e modos de aplicação de regulador de crescimento**. 2019. 70 p. Dissertação (Mestre em Agronomia). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP.

Silveira, H.M.; Ferreira, E.A.; Silva, D.V.; Neto, M.D.C.; Carvalho, F.P.; Santos, J.B.; Silva, A.A. Physiological characteristics of cassava cultivars after mesotrione application. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 403-409, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200018>.

Šimko, I. Sucrose application causes hormonal changes associated with potato tuber induction. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 13, n. 2, p. 73-77, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF00210950>.

Simões, W.L.; de Souza, M.A.; Mouco, M.D.C.; de Lima, M.A.C.; Calgaro, M. Paclobutrazol aplicado via sistema de irrigação na indução floral da mangueira Keitt. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Inovagri international meeting, 2017.

Singh, S.; Thangjam, R.; Harish, G.D.; Singh, H.; Kumar, R.; Meena, D.P.S.; Agrawal, A. Conservation protocols for *Ensete glaucum*, a crop wild relative of banana, using plant tissue culture and cryopreservation techniques on seeds and zygotic embryos. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 144, n. 1, p. 195-209, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01881-8>.

Sipioni, M.S.; Steiner, F.; Júnior, J.L.F.; Dias, P.H.R. Uso de Paclobutrazol e esterco bovino melhora a qualidade das mudas de pimenta. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 3, p. 332-337. <https://doi.org/10.18188/sap.v15i3.13368>.

Soto, J.C.; Ortiz, J.F.; Jiménez, L.P.; Vásquez, A.X.; Becerra, L.A.L.L.; Mathew, B.; León, J.; Bernal, A.J.; Ballvora, A.; López, C.E. A genetic map of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with integrated physical mapping of immunity-related genes. **BMC Genomics**, v. 16, n. 1, p. 190, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1397-4>.

Soumya, P.R. **Role of paclobutrazol in amelioration of water deficit stress in chickpea (*Cicer arietinum*)**. 2014. Doctoral thesis. Division of Plant Physiology Indian Agricultural Research Institute New Delhi.

Soumya, P.R.; Kumar, P.; Pal, M. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 3, p. 267-278, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40502-017-0316-x>.

Sousa, E.D.; Lobo, J.T.; Carreiro, D.D.A.; Dias, D.D.N.; Sanches, L.G.; Cavalcante, Í. H.L. Paclobutrazol no manejo da floração afeta a qualidade de frutos de *Malpighia emarginata*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020. DOI: 10.1590/1983-40632020v5062805.

Sousa, R.M.D.J. **Respostas morfofisiológicas e moleculares em soja após exposição a reguladores de crescimento**. 2019. 92 p. Dissertação (*Magister Scientiae*). Universidade Federal de Viçosa, MG.

Souza, L.S.; Alves, A.A.C.; de Oliveira, E.J. Phenological diversity of flowering and fruiting in cassava germplasm. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109253, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109253>.

Srivastava, A.K.; Pasala, R.; Minhas, P.S.; Suprasanna, P. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. **Advances in agronomy**, v. 137, p. 237-278, 2016. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.002>.

Stone, E.C.; Jenkinson, J.L.; Krugman, S.L. Root-regenerating potential of Douglas-fir seedlings lifted at different times of the year. **Forest Science**, v. 8, n. 3, p. 288-297, 1962. <https://doi.org/10.1093/forestscience/8.3.288>.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p. 2013.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.A.; Murphy, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre, 858 p. 2017.

Teixeira, E.C. **Maracujazeiro amarelo submetido à restrição de crescimento por inibidores de giberelina na fase de mudas**. 2019. 122 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.

Teixeira, E.C.; Matsumoto, S.N.; Silva, D.D.C.; Pereira, L.F.; Viana, A.E.S.; Arantes, A.D.M. Morphology of yellow passion fruit seedlings submitted to triazole induced growth inhibition. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943020319>.

Tekalign, T.; Hammes, P.S. Growth and biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by paclobutrazol. **Plant Growth Regulation**, v. 45, n. 1, p. 37-46, 2005. <https://doi.org/10.1007/s10725-004-6443-1>.

Téllez, H.O. **Paclobutrazol e etileno na produção de abacaxizeiro ornamental em vaso**. 2020. 126 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE.

Tesfahun, W. A review on: Response of crops to paclobutrazol application. **Cogent Food & Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 1525169, 2018. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1525169>.

Tesfahun, W.; Menzir, A. Effect of rates and time of paclobutrazol application on growth, lodging, and yield and yield components of tef [*Eragrostis Tef* (Zucc.) Trotter] in Adadi district, East Shewa, Ethiopia. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 8, n. 3, p. 104-117, 2018.

Tokunaga, H.; Anh, N.H.; Dong, N.V.; Ham, L.H.; Hanh, N.T.; Hung, N.; Ishitani, M.; Tuan, L.C.; Utsumi, Y.; Vu, N.A.; Seki, M. An efficient method of propagating cassava plants using aeroponic culture. **Journal of Crop Improvement**, v. 34, n. 1, p. 64-83, 2020. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1673271>.

Trindade, A.V.; Barbosa, C.M.P.; da Silveira, H.F.; Rocha, H.S. **Manual do maniveiro: orientações práticas para produção de manivas-semente em Unidades de Multiplicação Rápida (UMR)**. Brasília DF, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. p. 1-69.

Valle, T.L.; Lorenzi, J.O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-34, 2014. <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2014.v31.19441>.

Veríssimo, V.; Cruz, S.J.S.; Pereira, L.F. M.; da Silva, P.B.; Teixeira, J.D.; Ferreira, V.M.; Endres, L. roças gasosas e crescimento vegetativo de quatro variedades de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p. 232-240, 2010.

Vidal, A.M.; Vieira, L.J.; Ferreira, C.F.; Souza, F.V.D.; Souza, A.S.; Ledo, C.A.S. Genetic fidelity and variability of micropropagated cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) evaluated using ISSR markers. **Genetics and molecular research**, v. 14, n. 3, p. 7759-7770, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.4238/2015.July.14.2>.

Vieira, L.D.J.; Tavares Filho, L.D.Q.; Souza, F.V.D.; Alves, A.A.C.; de Oliveira, E.J. Development of interspecific hybrids of cassava and paternity analysis with molecular markers. **The Journal of Agricultural Science**, v. 151, n. 6, p. 849. 2013. DOI:10.1017/S0021859612000871.

Vineeth, T.V.; Kumar, P.; Yadav, S.; Pal, M. Optimization of bio-regulators dose based on photosynthetic and yield performance of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 2, p. 177-181, 2015. <https://doi.org/10.1007/s40502-015-0150-y>.

Wanderley, C.D.S.; Faria, R.T.D.; Rezende, R. Crescimento de girassol como flor em vaso em função de doses de paclobutrazol. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000100005>.

Wang, W.; Hostettler, C.E.; Damberger, F.F.; Kossmann, J.; Lloyd, J.R.; Zeeman, S.C. Modification of cassava root starch phosphorylation enhances starch functional properties. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1562, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01562>.

Waqas, M.; Yaning, C.; Iqbal, H.; Shareef, M.; Rehman, H.; Yang, Y. Paclobutrazol improves salt tolerance in quinoa: Beyond the stomatal and biochemical interventions. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 203, n. 4, p. 315-322, 2017. <https://doi.org/10.1111/jac.12217>.

Waqas, M.; Yaning, C.; Iqbal, H.; Shareef, M.; ur Rehman, H.; Iqbal, S.; Mahmood, S. Soil drenching of paclobutrazol: An efficient way to improve quinoa performance under salinity. **Physiologia plantarum**, v. 165, n. 2, p. 219-231, 2019. <https://doi.org/10.1111/ppl.12820>.

Wellburn, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **J. Plant Physiol**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2).

Widyastuti, T. The paclobutrazol application and pinching technique on Lisianthus plants (*Eustoma grandiflorum*). In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012055. doi:10.1088/1755-1315/752/1/012055.

Wilkinson, R.I.; Richards, D. Effects of paclobutrazol on growth and flowering of *Bouvardia humboldtii*. **HortScience**, v. 22, n. 3, p. 444-445, 1987.

Wojdyło, A.; Oszmiański, J.; Czemerzys, R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. **Food chemistry**, v. 105, n. 3, p. 940-949, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038>.

Xia, X.; Tang, Y.; Wei, M.; Zhao, D. Effect of paclobutrazol application on plant photosynthetic performance and leaf greenness of *herbaceous peony*. **Horticulturae**, v. 4, n. 1, p. 5, 2018. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4010005>.

Xiang, J.; Apea-Bah, F.B.; Ndolo, V.U.; Katundu, M.C.; Beta, T. Profile of phenolic compounds and antioxidant activity of finger millet varieties. **Food chemistry**, v. 275, p. 361-368, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.120>.

Xu, C.; Gao, Y.; Tian, B.; Ren, J.; Meng, Q.; Wang, P. Effects of EDAH, a novel plant growth regulator, on mechanical strength, stalk vascular bundles and grain yield of summer maize at high densities. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 200, p. 71-79, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.011>.

Xu, J.; Li, Q.; Li, Y.; Yang, L.; Zhang, Y.; Cai, Y. Effect of exogenous gibberellin, paclobutrazol, abscisic acid, and ethrel application on bulblet development in *Lycoris radiata*. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 2287, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.615547>.

Ye, X.; Chen, X. F.; Deng, C.L.; Yang, L.T.; Lai, N. W.; Guo, J.X.; Chen, L.S. Magnesium-deficiency effects on pigments, photosynthesis and photosynthetic electron transport of leaves, and nutrients of leaf blades and veins in *Citrus sinensis* seedlings. **Plants**, v. 8, n. 10, p. 389, 2019. <https://doi.org/10.3390/plants8100389>.

Yemm, E.W.; Willis, A. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954. <https://doi.org/10.1042/bj0570508>.

Yooyongwech, S.; Samphumphuang, T.; Tisarum, R.; Theerawitaya, C.; Cha-Um, S. Water-deficit tolerance in sweet potato (*Ipomoea batatas*) by foliar application of paclobutrazol: role of soluble sugar and free proline. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1400, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01400>.

Zenhom, M.F.T.; Hammam, G.Y.; Mehasen, S.A.S. Wheat Lodging and Yield in Response to Cultivars and Foliar Application of Paclobutrazol. In: **4 th International Conference on Biotechnology Applications in Agriculture (ICBAA), Benha University, Moshtohor and Hurghada**. p. 4-7, 2018.

Zhang, J.; Zhou, T.; Zhang, C.; Zheng, W.; Li, J.; Jiang, W.; Xiao, C.; Wei, D.; Yang, C.; Xu, R.; Gong, A.; Bi, Y. Gibberellin disturbs the balance of endogenesis hormones and inhibits adventitious root development of *Pseudostellaria heterophylla* through regulating gene expression related to hormone synthesis. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 135-147, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.022>.

Zheng, R.R.; Wu, Y.; Xia, Y.P. Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium Oriental* hybrids 'Sorbonne'. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, v. 13, n. 2, p. 136-144, 2012. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1000425>.