

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Aplicação de bioestimulantes na produção de mudas de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na fase de pré-viveiro**

Matheus Silva Carvalho  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**MATHEUS SILVA CARVALHO**

**Aplicação de bioestimulantes na produção de mudas de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na fase de pré-viveiro**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Jean Marcel Sousa Lira

Coorientador: Gleison Augusto dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C331a  
2025  
Carvalho, Matheus Silva, 1995-  
Aplicação de bioestimulantes na produção de mudas de  
dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na fase de pré-viveiro / Matheus  
Silva Carvalho. – Viçosa, MG, 2025.  
1 dissertação eletrônica (40 f.): il.

Orientador: Jean Marcel Sousa Lira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Engenharia Florestal, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.802>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Dendezeiro - Cultivo. 2. Palmeira oleaginosa.  
3. Silvicultura. 4. Mudas - Qualidade. I. Lira, Jean Marcel Sousa,  
1983-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência  
Florestal. III. Título.

GFDC adapt. CDD 22. ed. 634.92833

**MATHEUS SILVA CARVALHO**

**Aplicação de bioestimulantes na produção de mudas de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na fase de pré-viveiro**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 6 de agosto de 2025.

Assentimento:

---

Matheus Silva Carvalho  
Autor

---

Jean Marcel Sousa Lira  
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 11/12/2025 às 15:24:57 e pelo orientador em 15/12/2025 às 08:20:41. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **7YT3.DLGA.8OMP** e clique no botão 'Validar documento'.

A Deus. A minha mãe, meu pai e minha irmã que sempre foram meu apoio nos momentos de luta e comemoração.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal.

Ao LAPES, em especial ao meu orientador Professor Jean Marcel Sousa Lira, por toda atenção e empenho em me formar como pesquisador e aos estagiários do programa que com muita luta e dedicação ajudaram a construir um trabalho muito importante.

A todos os amigos que encontrei em Viçosa e em especial ao 2311 que me deu uma família que guardarei no coração pela vida com muito carinho e respeito.

O caminho não foi fácil, mas é justo que muito custe o que muito vale.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradeço também a EMBRAPAII, UPL e Agropalma por possibilitar o desenvolvimento deste estudo.

Tive grandes exemplos de seres humanos honrados que em uma vida comum conseguem fazer o extraordinário, sem interesse de receber nada em troca. Todas as pedras do caminho me formaram como profissional, mas sobretudo como ser humano. Esse título é a consumação do meu compromisso com o embate em busca de justiça, mesmo que em muitos contextos o confortável seja a omissão. Agradeço a todos aqueles que passaram pela minha história, e de certa forma deixaram algum ensinamento, mesmo que de como não ser.

Quando criança em contexto de dificuldade financeira, era inimaginável onde a educação pública, gratuita e de qualidade poderiam me levar. Espero ser exemplo para outros que venham da mesma realidade, e podem contar com minha força na luta pela manutenção e ampliação dessa possibilidade para outros que não têm tão certa.

"Chegar aqui de onde eu vim, é desafiar a lei da gravidade."

- Djonga.

## RESUMO

CARVALHO, Matheus Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2025. **Aplicação de bioestimulantes na produção de mudas de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na fase de pré-viveiro.** Orientador: Jean Marcel Sousa Lira. Coorientador: Gleison Augusto dos Santos.

O óleo de palma oriundo do Dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq), é um dos principais óleos consumidos no mundo, é responsável por aproximadamente 40% da procura mundial de óleos vegetais, sendo a Indonésia e a Malásia os maiores produtores, contribuindo com cerca de 85% da produção mundial. No Brasil, o estado do Pará é responsável por 98% da produção nacional e registrou um aumento de 173% de sua produção nos últimos 10 anos. A fase de produção de mudas é um dos maiores desafios na produção em larga escala, devido aos desafios em produzir quantidade e qualidade satisfatórias. Neste aspecto, o uso de bioestimulantes podem melhorar o processo de produção de mudas de Dendê através da redução do tempo e maior qualidade das mudas. Diante disso, este trabalho objetivou investigar os efeitos da aplicação de dois bioestimulantes, Raizal e K-tionic, na produção de mudas de Dendê, em fase de pré-viveiro, no crescimento, e qualidade das mudas. Para isso, foi avaliado a produção de massa seca, absorção de nutrientes, trocas gasosas, fotoquímica e atividade enzimática do sistema antioxidante em mudas de dendê. Os resultados mostraram que os bioestimulante tiveram efeito positivo no crescimento das mudas, através do aumento da biomassa, maior eficiência na absorção de micronutrientes e maior atividade de algumas enzimas do sistema antioxidante. Por fim, os bioestimulantes podem ser aplicados com ganhos na qualidade das mudas de dendê.

Palavras-chave: bioinsumos; dendezeiro; óleo de palma; silvicultura sustentável; produção de mudas

## ABSTRACT

CARVALHO, Matheus Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2025. **Application of biostimulants in the production of oil palm (*Elaeis guineensis*, Jacq) seedlings in the pre-nursery stage.** Adviser: Jean Marcel Sousa Lira. Co-adviser: Gleison Augusto dos Santos.

Palm oil from the palm (*Elaeis guineensis*, Jacq), is one of the main oils consumed in the world. It accounts for approximately 40% of the world's demand for vegetable oils, with Indonesia and Malaysia being the largest producers, contributing around 85% of world production. In Brazil, the state of Pará is responsible for 98% of national production and has seen a 173% increase in production over the last 10 years. The seedling production phase is one of the biggest challenges in large-scale production, due to the challenges in producing satisfactory quantity and quality. In this respect, the use of biostimulants can improve the process of producing oil palm seedlings by reducing time and improving seedling quality. The aim of this study was to investigate the effects of applying two biostimulants, Raizal and K-thionic, in the production of oil palm seedlings at the pre-sowing stage, on growth and seedling quality. The work evaluated parameters such as the effects of the biostimulants on dry mass production, nutrient absorption, gas exchange, photochemistry and enzymatic activity of the antioxidant system in oil palm seedlings. The results show that the biostimulants had a positive effect on the growth of the seedlings, through an increase in biomass, greater efficiency in the absorption of micronutrients and greater activity of some enzymes of the antioxidant system. Finally, biostimulants can be applied with gains in the quality of oil palm seedlings.

Keywords: bio-inputs; palm oil; sustainable forestry; seedling production

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33
ANEXOS	39

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) tem grande importância na economia mundial devido às inúmeras aplicações de seus produtos, tendo como principal o óleo de palma. A espécie possui seus centros de dispersão localizados nas regiões costeiras de Gana, Costa do Marfim e Nigéria (WATKINS, 2015). A espécie é uma monocotiledônea pertencente à família *Arecaceae*, que tem como uma das suas principais características seu porte alto, tronco reto, cilíndrico, revestido por uma casca áspera e espinhosa. As folhas são grandes, recortadas e se dispõem em forma espiralada ao longo do tronco. O cultivo tem como objetivo a extração do mesocarpo do fruto, conhecido como óleo de dendê e tem como coproduto o óleo produzido a partir da semente, conhecido como óleo de palmiste (KISLING et al., 2019).

A produção global do óleo de palma atingiu a marca de 79,28 milhões de toneladas por ano, sendo concentrada principalmente em 10 países. A Indonésia lidera essa produção, devido a planta ser originária dessa região. Com um modelo produtivo baseado no extrativismo este país atingiu a marca de 47 milhões de toneladas, o que corresponde a quase 60% do montante produzido mundialmente. O segundo maior produtor de óleo de palma é a Malásia, que é responsável por um quarto da produção, com cerca de 19 milhões de toneladas produzidos anualmente. Dentre os produtores mundiais o Brasil contribui com 0,74% do total da produção mundial (CARTER et al., 2007).

O Brasil possui uma produção de 2,9 milhões de toneladas, proveniente de uma área de 200 mil hectares, o que dá uma produtividade média de 15,6 a 40 t.ha<sup>-1</sup> de cachos. Desta produção, o estado do Pará é o principal produtor de óleo de palma, sendo responsável por 97,8% (VILLELA et al., 2014; NAHUM et al., 2020). Ao longo da última década houve um aumento de produção na ordem de 173%, o que indica a consolidação da cultura no mercado.

O estado do Pará tornou-se uma região ideal para o cultivo do dendê devido às suas condições climáticas favoráveis. A elevada pluviosidade em certas áreas do estado, com precipitação variando de 2300 até 3500mm, aliada a temperaturas entre 21°C e 32°C (BASTOS, 2001). Entretanto, aspectos silviculturais, especialmente a produção de mudas, ainda representam desafios que demandam avanços tecnológicos e operacionais (BARCELOS, 1995).

A produção de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma etapa crítica e complexa, envolvendo tempo prolongado e rigor no controle de qualidade para garantir o sucesso do povoamento (FAIRHURST et al., 1997). Para isso, é essencial selecionar sementes uniformes em tamanho e coloração, características que indicam viabilidade fisiológica (WESTOBY et al., 1996). Além disso, devem ser descartadas sementes danificadas, murchas ou com sintomas de patógenos, práticas que previnem falhas no estabelecimento das plantas (DELOUCHE, 1980). Após a seleção, as sementes podem ser submetidas a beneficiamento, como a remoção da polpa do fruto, para facilitar a germinação. Tratamentos complementares, como a escarificação (ruptura física ou química da dormência), são recomendados para aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação, resultando em maior emergência de plântulas e otimização do processo produtivo (NAWROT-CHORABIK et al., 2021).

Nesse contexto, tratamentos que potencializam a emergência e aceleram o crescimento das plântulas podem melhorar a qualidade das mudas de dendê, impactando positivamente a produtividade da cultura (VIEGAS, 2000). Dentre essas estratégias, o uso de bioinsumos, como bioestimulantes, surge como uma alternativa promissora e sustentável para otimizar o processo de produção de mudas.

Os bioestimulantes são definidos como produtos de origem biológica que estimulam processos fisiológicos das plantas (BRASIL, 2020), aumentando sua produtividade por meio de compostos como hormônios, extratos de algas ou microrganismos benéficos (GONÇALVES, 2021). Esses insumos podem elevar a produtividade agrícola (SILVA, 2010), incrementar a massa seca e a área foliar (MURASHIGE, 1962), além de ampliar a tolerância a estresses abióticos, como seca ou salinidade (MELO, et al., 2001). Na silvicultura, seu uso tem se destacado na produção de mudas de espécies florestais, como nas sementes de cedro (*Cedrela fissilis*) (DOURADO et al., 2020), mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*) (SEGOVIA et al., 2019) e mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) (MORAES et al., 2013).

Estudos comprovam que bioestimulantes favorecem o crescimento e o vigor de mudas em diversas espécies (GONÇALVES, 2021; BUMANDALAI, 2019; CANDIDO, et al., 2023). Esses resultados indicam que esses produtos podem ser uma alternativa sustentável para otimizar a produção de mudas de dendê. No entanto, são

necessárias pesquisas para definir os compostos ideais, dosagens e frequência de aplicação para cada espécie, garantindo maior eficácia.

Neste aspecto, o uso de bioestimulantes na produção de mudas de dendê poderia ser uma alternativa sustentável para aumentar a produção e consequentemente trazer ganhos na cadeia produtiva (SOARES et al., 2021). Todavia, é necessário compreender os efeitos dos bioestimulantes, determinar a melhor dose, compostos, formulações e frequência de aplicação para espécie. Por aplicação dos bioestimulantes Raizal® e K-Tionic® na produção das mudas de dendê é importante nesta compreensão dos efeitos

O *Raizal*® é um bioestimulante vegetal composto por extratos de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*), enriquecido com aminoácidos, micronutrientes e compostos bioativos que atuam no metabolismo das plantas. Esse produto é classificado como um estimulante natural, formulado para ser aplicado via pulverização foliar ou fertirrigação, visando melhorar a eficiência nutricional, o desenvolvimento radicular e a tolerância a estresses abióticos (como seca e salinidade). Em espécies florestais, estudos demonstram que o *Raizal* promoveu o aumento do crescimento vegetativo (altura e diâmetro do coleto), biomassa radicular e teor de clorofila, além de elevar a resistência a condições adversas em mudas de *Eucalyptus spp.* e *Pinus taeda* (NAWROT-CHORABIK et al., 2021). Sua ação está relacionada à indução de respostas fisiológicas, como a síntese de hormônios de crescimento e a ativação de enzimas antioxidantes, que otimizam o estabelecimento e o vigor das plantas (MALIK et al., 2019).

Já o *K-Tionic*® é um bioestimulante líquido composto por potássio ( $K_2O$ , 12%), enxofre (S, 8%) e aminoácidos livres (10%), com pH ajustado entre 5,5 e 6,5, garantindo compatibilidade com soluções nutritivas e rápida absorção foliar ou radicular. Sua formulação combina nutrientes essenciais e precursores metabólicos, como ácido glutâmico e glicina, que estimulam a síntese de fitohormônios e enzimas antioxidantes, mitigando estresses ambientais. A combinação de potássio e enxofre favorece o equilíbrio osmótico e a formação de compostos sulfurados, como glutatona, enquanto os aminoácidos atuam como quelantes naturais, ampliando a eficiência de absorção de micronutrientes. Aplicado via foliar ( $0,5-1,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) ou fertirrigação ( $2-3 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), o produto é indicado para espécies florestais em fases críticas de crescimento, como transplântio ou exposição a solos degradados. A prospecção de bioestimulantes para novas culturas silvícolas é parte importante no

processo do estabelecimento destes produtos na produção de mudas. Assim, achar a combinação entre o bioestimulante e a muda da espécie acaba sendo um dos objetivos nesta área.

Em função disso, testamos diferentes doses dos bioestimulantes Raizal® e K-tionic® nas mudas de dendê na fase de pré-viveiro com o objetivo de observar o efeito na qualidade das mudas e estabelecer um protocolo de aplicação no processo de produção de mudas de dendê.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das doses dos bioestimulantes *Raizal*® e *K-tionic*® nas mudas de dendê na fase pré-viveiro.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho foram: a) avaliar o efeito dos bioestimulantes na atividade das enzimas antioxidantes das folhas das mudas de dendê: Super Óxido Dismutase (SOD), Catalase (CAT), Ascorbato Peroxidase (APX) e Peroxidase (POX) das mudas de dendê;

b) avaliar o efeito dos bioestimulantes nas trocas gasosas das folhas das mudas de dendê;

c) avaliar o efeito dos bioestimulantes na fotoquímica das folhas das mudas de dendê; e

d) avaliar o efeito dos bioestimulantes na assimilação de nutrientes das mudas de dendê;

e) avaliar o efeito dos bioestimulantes na produção e alocação da biomassa nas mudas de dendê.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Local:**

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, no Viveiro de Mudanças Florestais da Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais. localizado às margens da Rodovia 280, Km 3, Bairro: Campus UFV/MG (20°46' 23.3 "S e 42°52' 35.0"W). O clima pode ser definido como Tropical de Altitude (Aw), sendo marcado por um verão quente e chuvoso e um inverno frio e seco (KÖPPEN, 1948). A precipitação média anual aproxima-se de 1400 mm, distribuída sazonalmente. Quanto à radiação solar, observa-se padrão típico de áreas tropicais/subtropicais, com índices que variam de moderados a elevados. As temperaturas máximas oscilam entre 25-28°C no verão e 22-24°C no inverno, enquanto as mínimas registram 17-20°C e 10-14°C nas mesmas estações, respectivamente. A umidade relativa do ar mantém-se, em média, entre 57,5% e 77,5%, conforme registros recentes (CLIMATE, 2021).

#### **3.2 Obtenção das plântulas**

O experimento foi realizado com plântulas de dendê com média de 4 a 5 folhas totalmente expandidas. Tendo como substrato uma mistura de solo e areia na proporção de 3:1. A caracterização química e física do solo segue nas tabelas 1 e 2 respectivamente (Anexo 1).

Ao longo do ciclo das plantas realizamos o controle de irrigação com microaspersão automática dividida em seis turnos de rega. Além disso, também foi aplicada a adubação indicada composta por Ureia 24,528 g, MAP purificado 9,92 g, Sulfato de potássio 20,776 g, Sulfato de magnésio 3,36 g e Nitrato de cálcio 20,16 g. As adubações foram realizadas em intervalos quinzenais por um período de 12 semanas.

#### **3.3. Aplicação dos tratamentos**

Para a determinação da dose ótima, foram aplicadas nas folhas com pulverizador manual o bioestimulante *K-tionic*® nas doses de 5, 8, 10 e 15 ml por

muda a 5% de concentração. Para o tratamento de *Raiza*® foram diluídos 30 g do produto por litro de água e os tratamentos compostos por doses de 10, 15, 20 e 30 ml de solução por muda sendo aplicada diretamente ao substrato na forma de círculo ao entorno da plântula. Foram realizadas duas aplicações sendo feitas 30 e 60 dias após a semeadura.

### **3.4. Análises realizadas:**

#### **3.4.1 Análises Fotoquímicas**

As análises fotoquímicas foram realizadas com auxílio de um Fluorímetro MultispeQ V 2.0 portátil. Para as medições foi considerado o protocolo "Photosynthesis RIDES 2.0", devido a maior quantidade de parâmetros fotoquímicos medidos (KUHLGERT et al., 2016). Todas as medições foram realizadas no período das 9 às 11:00, em cinco mudas por tratamento, sendo uma folha por muda. As folhas para medição foram escolhidas em função de não apresentarem danos ou manchas e as variáveis medidas foram: Eficiência quântica do FSII ( $\Phi_2$ ); Quenching não fotoquímico ( $\Phi_{NPQ}$ ); Relação  $\Phi_{NPQ}$  x  $\Phi_2$  e Teor de Clorofila Relativa.

#### **3.4.2 Análises de atividade enzimática do sistema antioxidante:**

Foram coletados segmentos de folhas, em torno de 5 cm, localizados distantes da nervura central, por muda. Estes segmentos foram misturados para uma homogeneização da amostra e representação média do estado de atividade das enzimas. Assim, para cada muda, num total de cinco por tratamento, foram utilizadas porções de 200 mg de tecido foliar, para serem maceradas em cadinho com nitrogênio líquido, tampão de extração e Polivinilpolipirrolidona (PVPP), um agente clarificante sintético de alto peso molecular usado para remover compostos indesejados, como fenólicos, que podem interferir na atividade enzimática. Após o processo de maceração as análises foram centrifugadas à 11.800 rpm, por 10 minutos à 4°C. O sobrenadante foi utilizado para quantificar a atividade das enzimas: Superóxido Dismutase (SOD) (GIANNOPOLITISE and RIES, 1977); Catalase (CAT) (HAVIR and MCHALE, 1987); Ascorbato Peroxidase (APX) (MIYAKE and ASADA, 1996); e Peroxidase (POD) (CASTILLO, CELARDIN and GREPPIN, 1984).

### **3.4.3 Análise de trocas gasosas:**

Para análises de trocas gasosa foi utilizado um Analisador e Gases Infravermelho (IRGA), modelo LI-6400XT, LI-COR. As medições foram realizadas no período das 9 às 11:00 da manhã, em cinco mudas por tratamento, sendo uma folha por muda. As folhas para medição foram escolhidas em função de não apresentarem danos ou manchas e as variáveis medidas foram: fotossíntese líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $gs$ ) ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e carbono intercelular ( $C_i$ ) (ppm) (HENSCHER, 2021).

### **3.4.5 Análise de biomassa e alocação de massa seca:**

Para essa análise foram selecionadas 5 mudas por tratamento, onde estas foram cuidadosamente extraídas de seus respectivos sacos plásticos realizando a limpeza de suas raízes e folhas, onde em seguida ocorreu separação das raízes, estipe e folhas com auxílio de uma lâmina. Os órgãos destacados das mudas foram ensacados, identificados e levados para estufa de circulação forçada, onde foram mantidos à  $70\pm 5^\circ\text{C}$  por 72 horas, até atingir peso constante. A partir daí foram realizadas as pesagens dos diferentes órgãos em balança semi-analítica ( $0,5\pm 0,1 \text{ g}$ ) para determinação da massa seca (PAIXÃO, 2022).

### **3.4.6. Análise nutricional da folha**

Para realização da análise nutricional das folhas o material foi encaminhado para o Laboratório de Análises de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizantes do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Sendo determinado os macros e micronutrientes principais, dentre eles Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Enxofre, Magnésio, Ferro, Boro, Cobre, Manganês e Zinco. As análises foram realizadas por espectrometria de absorção atômica, após a digestão ácida das amostras, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

### **3.4.7. Delineamento experimental e análise estatística.**

Os tratamentos foram aplicados em cada unidade experimental, composto por um muda por recipiente. Ambos os tratamentos foram realizados em um delineamento inteiramente casualizados (DIC), com cinco repetições formadas por uma unidade amostral.

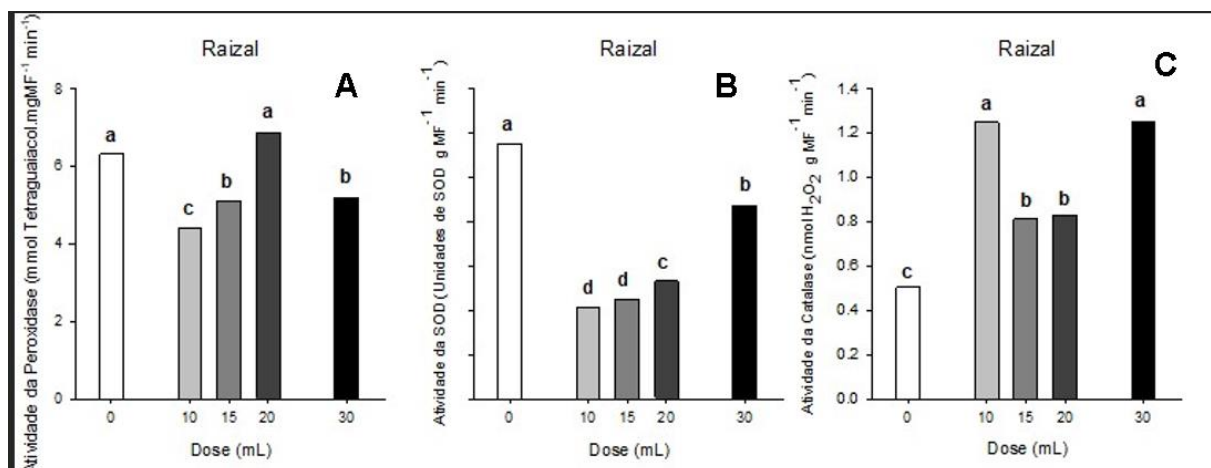
O efeito dos tratamentos foi analisado através da Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambos com o nível de significância e 5% ( $p \leq 0.05$ ). Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade e homoscedasticidade através de Shapiro-Wilker ( $p \leq 0.05$ ) e Levene ( $p \leq 0.05$ ). Por fim, todas estas análises foram realizadas no R Core Team (2024) e os gráficos no software SigmaPlot® versão 11.1.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Raizal

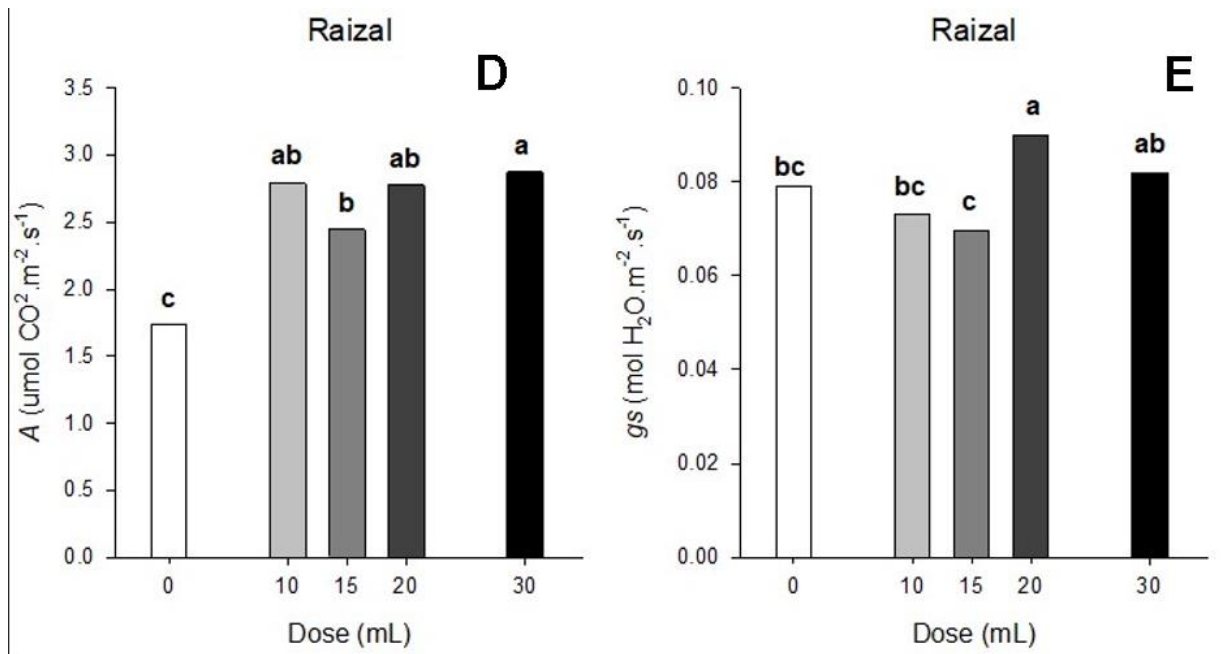
A aplicação do bioestimulante *Raizal* aumentou a atividade da enzima Catalase em todas as doses aplicadas em relação ao controle (Figura 1C).

Nas doses de 10 e 30 ml a atividade da catalase aumentou em torno de 150%, enquanto nas doses de 15 e 20 ml este aumento foi de 32,88%. Todavia, a aplicação do *Raizal* reduziu a atividade das enzimas peroxidase e superóxido dismutase em média de 8,7 e 24%, respectivamente (Figura 1A e 1B).



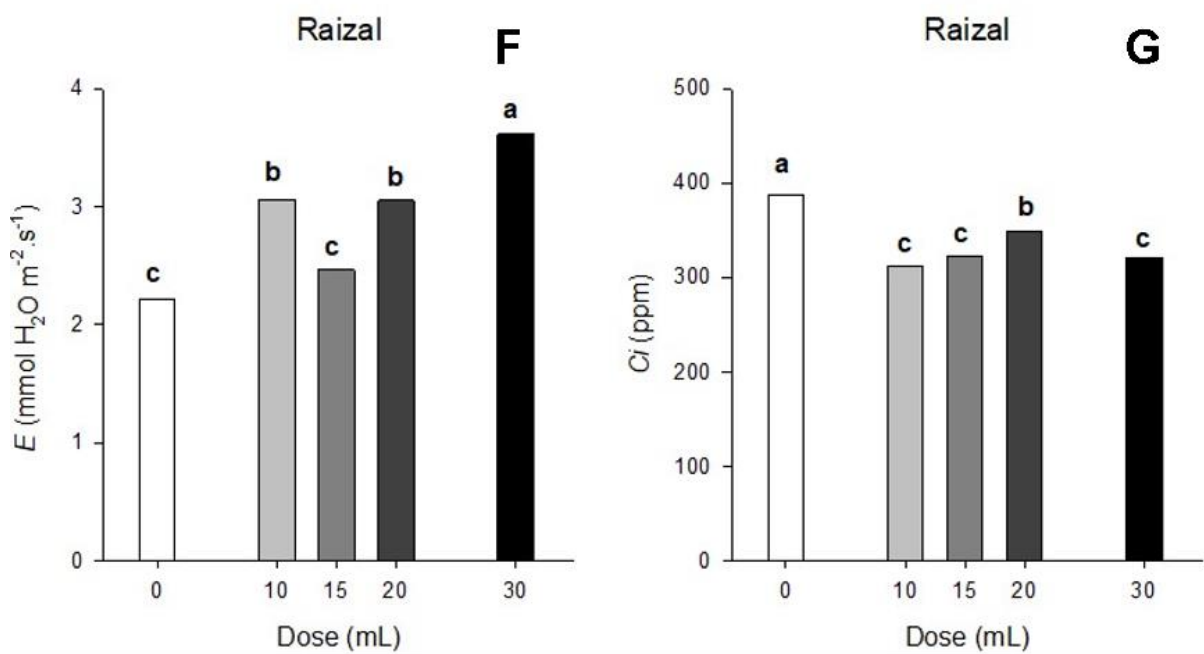
**Figura 1.** Gráficos de barra da atividade da POD (A), SOD (B) e CAT (C). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Em relação as trocas gasosas, foi observado que aplicação do bioestimulante *Raizal* aumentou fotossíntese ( $A$ ) e a condutância estomática ( $gs$ ) (Figura 2D e 2E). As doses de 10, 20 e 30 tiveram uma diferença significativa, essas doses ocasionaram um aumento da fotossíntese de aproximadamente 66%. Observando a condutância estomática ( $gs$ ), observou-se que a dose de 20 ml obteve maior incremento, cerca de 25%.



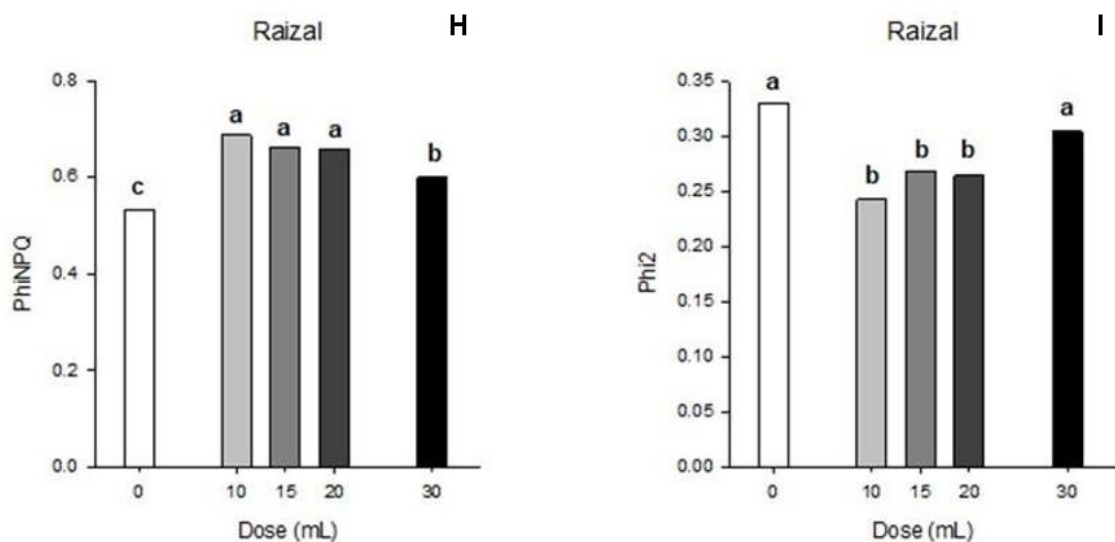
**Figura 2.** Gráficos de barra da fotossíntese (D) e condutância estomática (E). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Em relação as respostas das mudas à transpiração e concentração intracelular de  $\text{CO}_2$  (Figura 3F e 3G), pode-se perceber um aumento em relação a transpiração e uma redução em relação à concentração intracelular de  $\text{CO}_2$ . O tratamento de 30 mL ocasionou um aumento de 63,3% na transpiração. Por outro lado, os tratamentos tiveram uma redução de aproximadamente 25% nas concentrações intracelulares de  $\text{CO}_2$ .



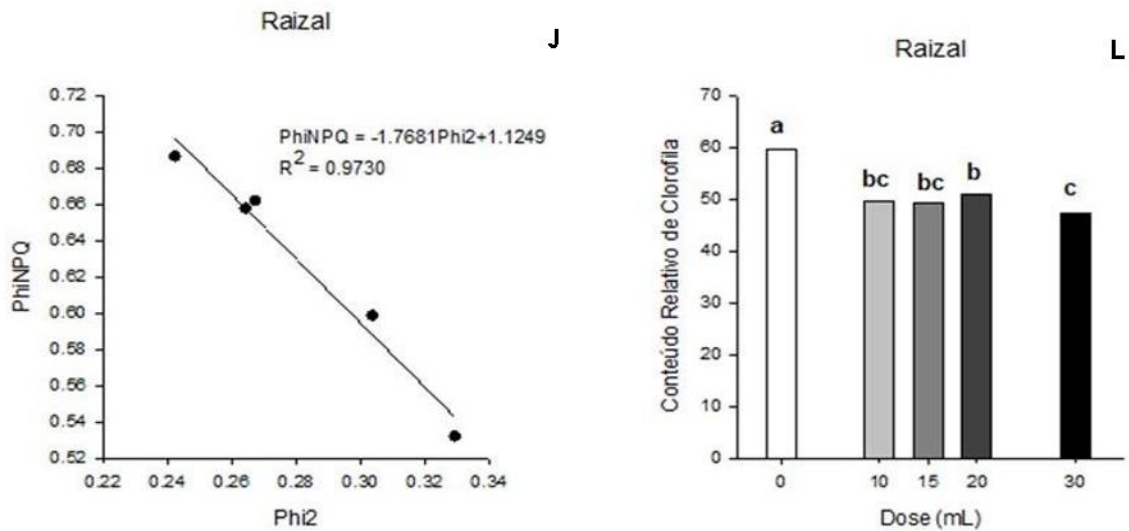
**Figura 3.** Gráficos de barra da transpiração (F) e Concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (G). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

O funcionamento fotoquímico das folhas de dendê foi afetado pela aplicação do bioestimulante *Raizal* (Figura 4A e B). Ocorreu um aumento de 28,9% no Quenching não fotoquímico e uma redução de até 36% da eficiência quântica nas doses de 10 a 20 ml.



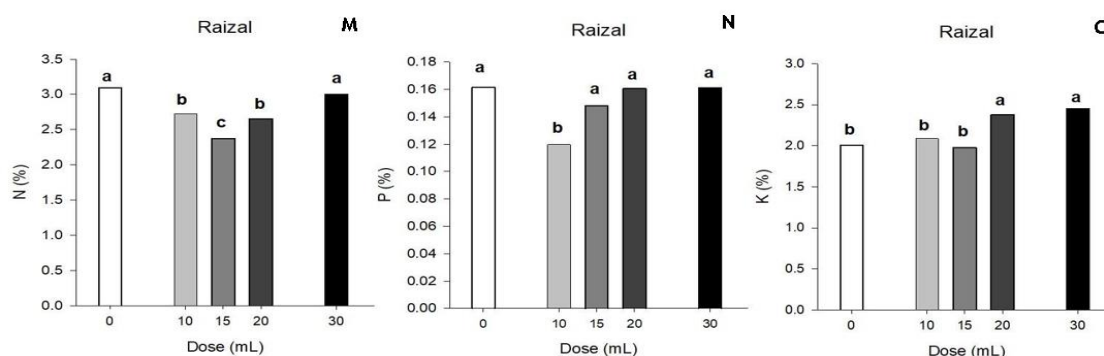
**Figura 4.** Gráficos de barra do Quenching não fotoquímico (H) e Eficiência Quântica do FSII (I). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Houve um aumento do *Quenching* não-fotoquímico (*Phi*NPQ) e redução da eficiência quântica (*Phi*2). O *Phi*NPQ reduziu a eficiência quântica do fotossistema II e a aplicação do Raizal diminuiu o conteúdo relativo de clorofila em até 15% (Figura 5L.)



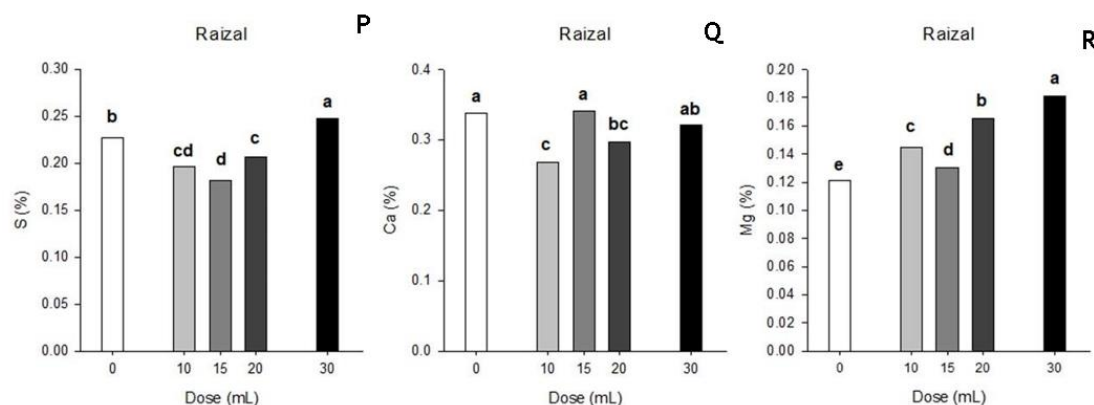
**Figura 5.** Gráficos de regressão da Relação *Quenching* não fotoquímico/Eficiência Quântica do FSII (J) e gráfico de barra do Conteúdo Relativo de Clorofila (L). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

As concentrações foliares de nitrogênio, fósforo em mudas de dendê foram afetadas pela aplicação do Raizal (Figura 6A, 6B e 6C). A concentração de nitrogênio nas mudas de dendê reduziu em 3,02% nas doses intermediárias (Figura 6M). Enquanto a concentração de fósforo sofreu uma redução de 0,18% apenas na dose de 10 ml (Figura6N), seguindo sem diferença significativa para as demais doses. Para concentração de potássio foi observado um aumento de 22% e 15,6%, nas doses de 20 e 30 ml, respectivamente (Figura). O Raizal na dose de 30 ml promoveu um aumento de 8,8% na concentração de Enxofre em relação ao controle (Figura7A).



**Figura 6.** Gráficos de barra da concentração foliar de nitrogênio (M), fósforo (N) e potássio (O). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

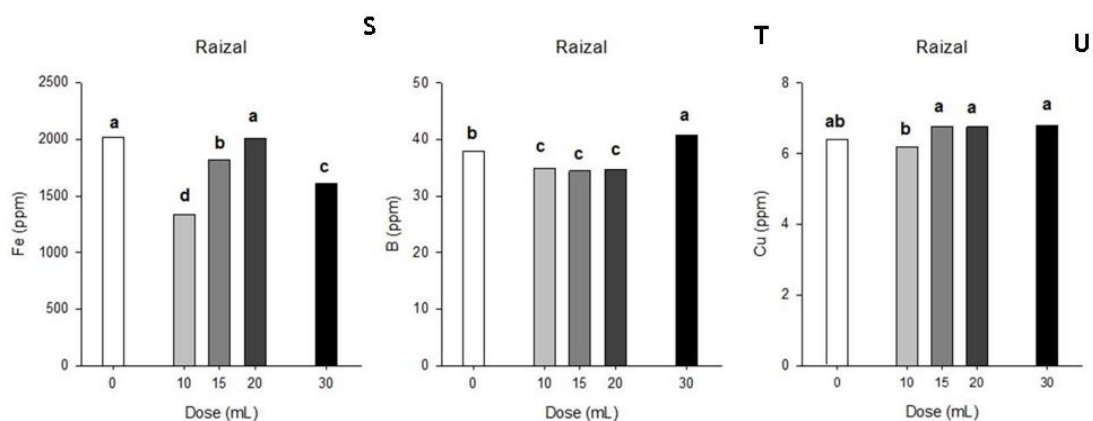
A aplicação de Raizal nas doses de 10 e 20 ml promoveram a redução das concentrações do  $\text{Ca}^{2+}$  (Figura 7B) em 23,4% e 13,9% respectivamente, enquanto para as concentrações do Mg foi observado um aumento em função da aplicação do Raizal, chegando a um ganho de 49,4% na dose de 30 ml (Figura 7C). A aplicação do Raizal promoveu a redução nas concentrações de Fe, com exceção da dose de 20 ml (Figura 8A).



**Figura 7.** Gráficos de barra da concentração foliar de enxofre (P), cálcio (Q) e magnésio (R). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

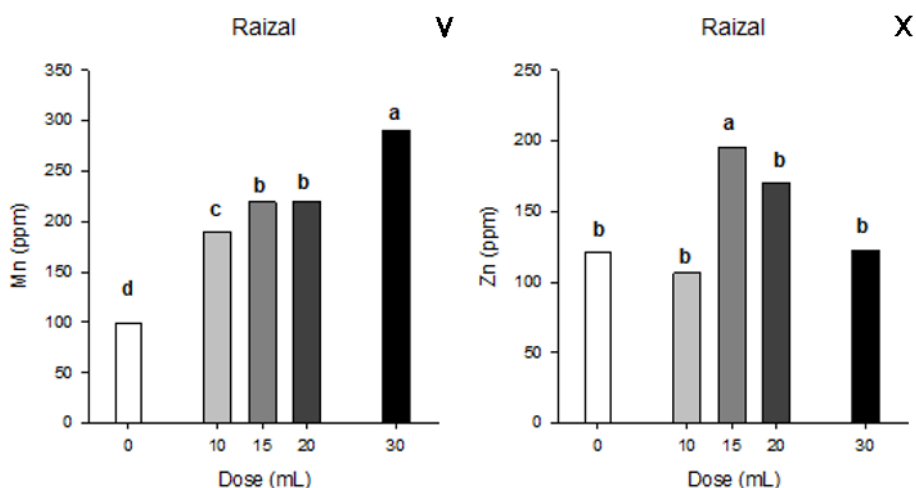
Para a aplicação de ferro, notamos uma redução dos teores foliares nas doses de 10, 15 e 30mL sendo 51,24%, 10,6% e 25,36% respectivamente, não havendo diferenças estatísticas para a dose de 20mL.

Para o micronutriente B a dose de 30 ml promoveu um aumento de 7% da concentração em relação ao controle (Figura 8B). Já para Cu, apenas a dose de 10 ml promoveu redução de 6,54% da concentração deste micronutriente nas mudas dendê (Figura 8C).



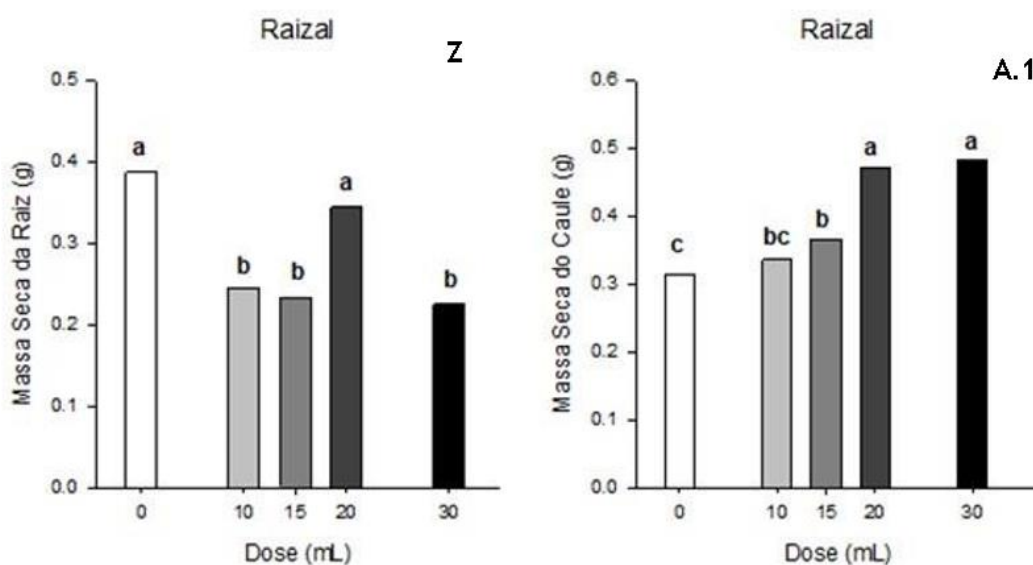
**Figura 8.** Gráficos de barra da concentração foliar de ferro (S), boro (T) e cobre (U). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

O efeito do *Raizal* nas concentrações de Mn nas mudas de dendê foi crescente. Com o aumento da dose foi observado maior concentração de Mn, sendo que, aos 30 ml as mudas tiveram 190% a mais de Mn em relação ao controle (Figura 9A). No micronutriente Zinco a dose do Raizal que promoveu efeito foi a de 15mL, que levou a um aumento de 62% na concentração do Zn nas mudas de dendê (Figura 9B).



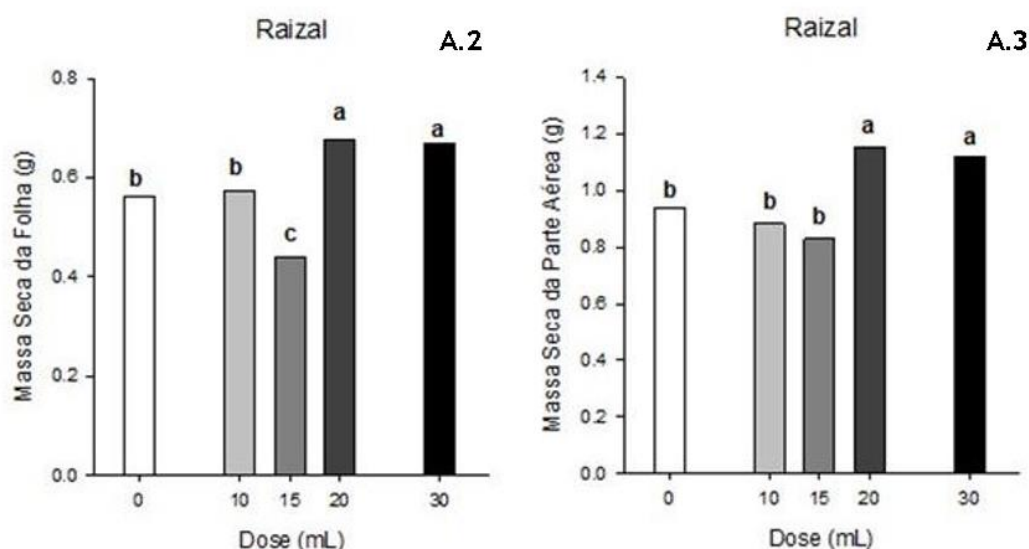
**Figura 9.** Gráficos de barra da concentração foliar de manganês (V) e zinco (X). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Em relação à massa da raiz os tratamentos também tiveram efeitos, no entanto, não houve uma variação significativa em relação ao tratamento. Por outro lado, a massa seca do caule teve um aumento significativo a partir da dose de 20 ml. Em relação a massa seca da raiz, a aplicação de Raizal não promoveu ganhos (Figura 10A). Todavia, para a massa seca do caule a partir da dose de 15 ml foi observado ganho de massa seca, onde as doses de 20 e 30 ml foram as que tiveram maior ganho, 33,39% e 34,91% (Figura 10B).



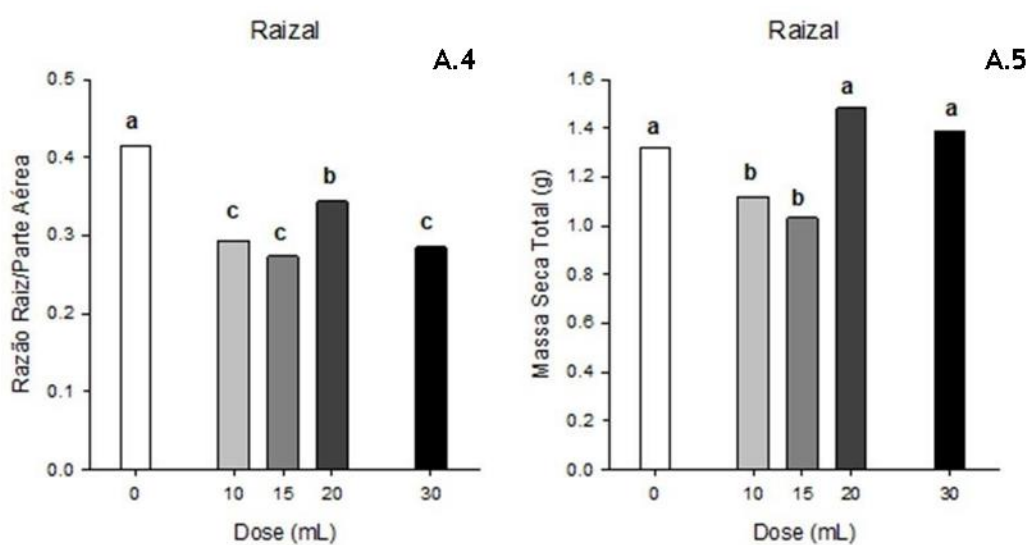
**Figura 10.** Gráficos de barra da Massa Seca da Raiz (Z) e Massa Seca do Caule (A.1). As médias comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem significativamente.

A aplicação do *Raizal* promoveu o aumento da massa seca das folhas nas doses de 20 e 30 ml (Figura 11A). Na dose de 20 ml, foi observado um incremento de 20,38%.



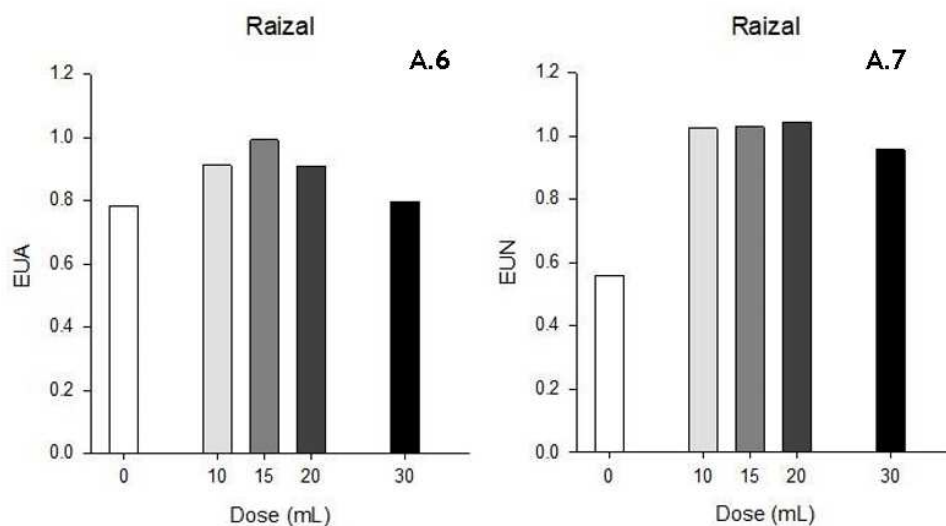
**Figura 11.** Gráficos de barra da Massa Seca da Folha (A.2) e Massa Seca da Parte Aérea (A.3). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

A Massa Seca da Parte Aérea das mudas de dendê também foi afetada pela aplicação do Raizal nas doses de 20 e 30 ml (Figura11B). Sendo que, na dose de 20 ml o incremento observado foi de 22,54%. Em relação a razão Raiz/Parte Área a aplicação do *Raizal* promoveu, em média, redução de 22% nas mudas de dendê (Figura12A).



**Figura 12.** Gráficos de barra Razão raiz/parte aérea (A.4) e Massa Seca Total (A.5). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

A Massa Seca Total das mudas de dendê não foi afetada pela aplicação do bioestimulante *Raizal* (Figura12B). O *Raizal* aumento a eficiência do uso da água nas mudas de dendê, principalmente nas doses intermediárias (Figura12A).

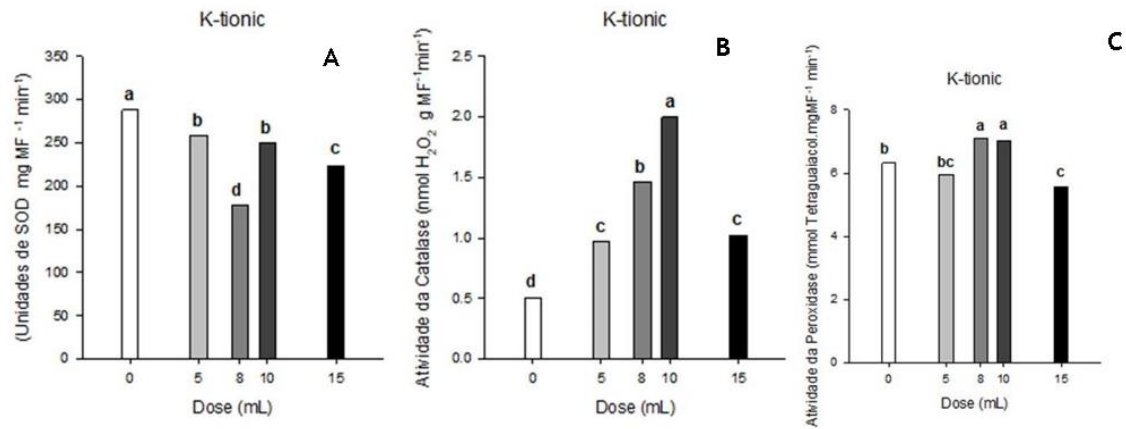


**Figura 13.** Gráficos de barra Eficiência do Uso da Água (A.6) e Eficiência do Uso do Nitrogênio (A.7). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

As mudas apresentaram EUA na dose 15 ml de 26,6% acima do controle. Além disso, o *Raizal* promoveu também o aumento da eficiência do uso do nitrogênio (EUN) nas mudas de dendê (Figura12B). Desta forma, a EUN aumentou em 86,7% em relação ao controle.

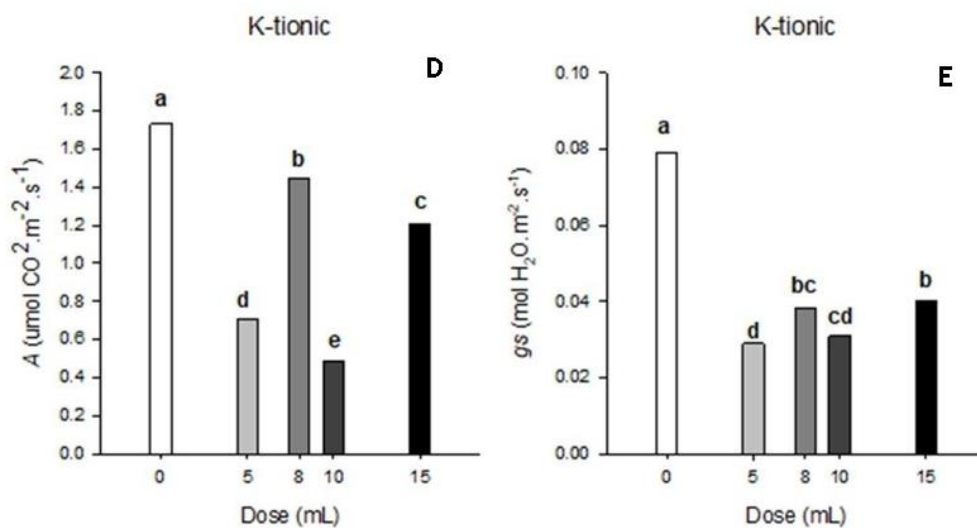
#### 4.2 K-tionic:

As análises referentes às respostas enzimáticas evidenciaram que o *K-tionic* também possui ação sobre o sistema enzimático das mudas de dendê. Para a Superóxido Dismutase (Figura14A), podemos observar uma redução de sua atividade de até 9,9%. Por outro lado, é possível observar um aumento da atividade da Catalase (Figura14B) de até 297% em relação ao controle na dose de 10mL, e de 12,1% da Atividade da Peroxidase (Figura14C) na mesma dose.



**Figura 14.** Gráficos de barra da atividade da SOD (A), CAT (B) e POD (C). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente

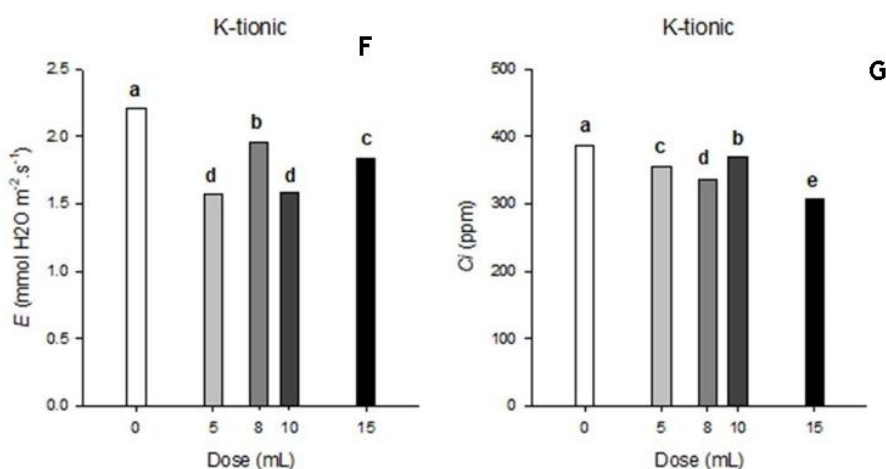
Nas análises referentes às respostas fotossintéticas e condutância estomática (Figura 15D e 15E) das plantas observamos também uma redução de 16,7% e 49,4% respectivamente. Além disso, também podemos observar uma redução nos níveis de transpiração de 17,8% (Figura 16F) e carbono no interior das células das plantas de 4,2% (Figura 16G).



**Figura 15.** Gráficos de barra da fotossíntese (D) e condutância estomática (E). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

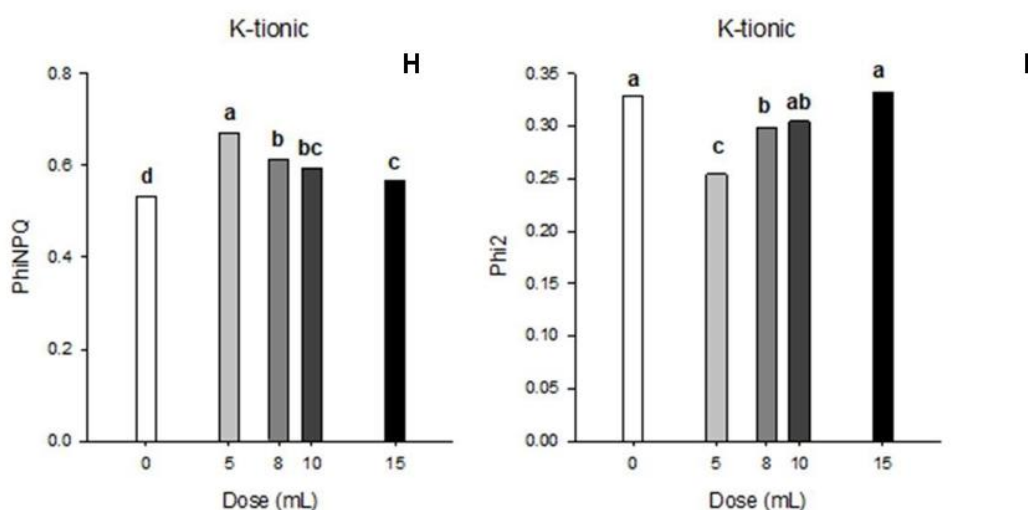
Os gráficos de *Quenching* não fotoquímico (Figura 17H) e Eficiência Quântica do FSII (Figura 17I), tivemos resultados positivos com relação ao tratamento, onde para o *Quenching* fotoquímico o tratamento de 5mL promoveu os melhores resultados e com relação à eficiência a dose de 15mL teve uma resposta superior aos demais

tratamentos, no entanto, não houve diferença estatística dos valores obtidos para o controle.



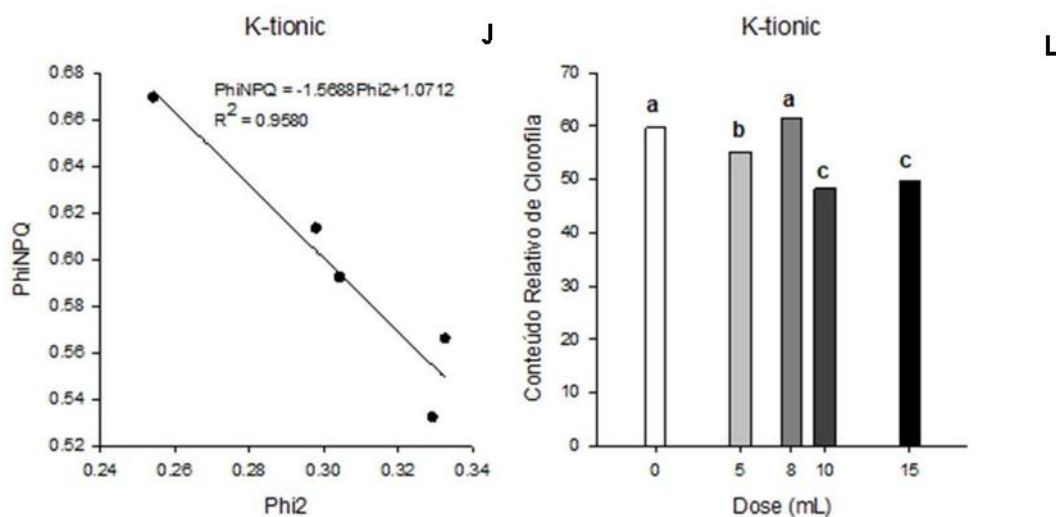
**Figura 16.** Gráficos de barra da transpiração (F) e Concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (G). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Na análise do *Quenching* não fotoquímico (Figura17H), podemos notar um aumento significativo de 25,7%, por outro lado não houve uma resposta com relação à Eficiência Quântica do FSII (Figura17I).



**Figura 17.** Gráficos de barra do *Quenching* não fotoquímico (H) e Eficiência Quântica do FSII (I). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

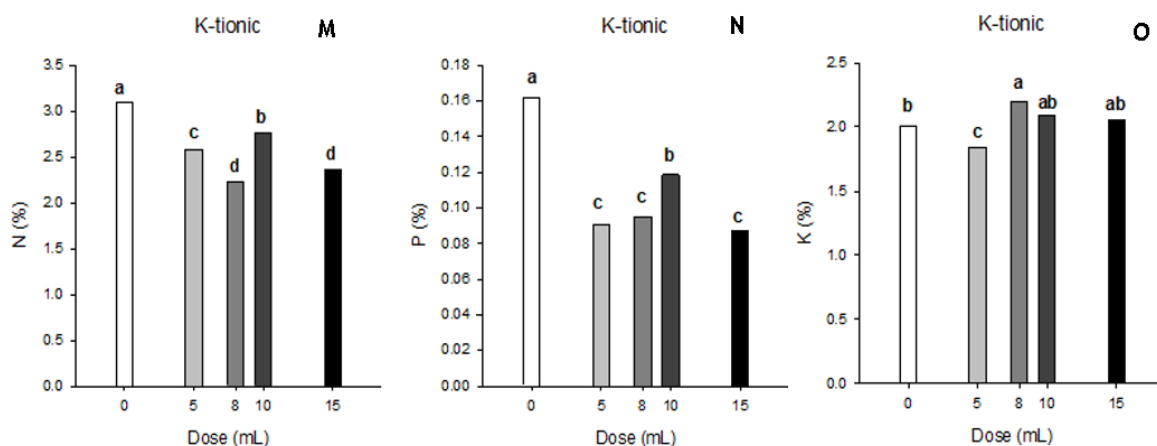
Na análise de regressão podemos observar também uma boa correlação da curva com o comportamento do *Quenching* não fotoquímico (Figura18J), evidenciando que a fórmula descreve bem o processo, tendo seu Coeficiente de Regressão( $R^2$ ) de 0,96. Por outro lado, o gráfico que indica o Conteúdo Relativo de Clorofila (Figura18L), não apresentou diferença significativa do tratamento em relação ao controle.



**Figura 18.** Gráficos de regressão da Relação *Quenching* não fotoquímico/Eficiência Quântica do FSII (J) e gráfico de barra do Conteúdo Relativo de Clorofila (L). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

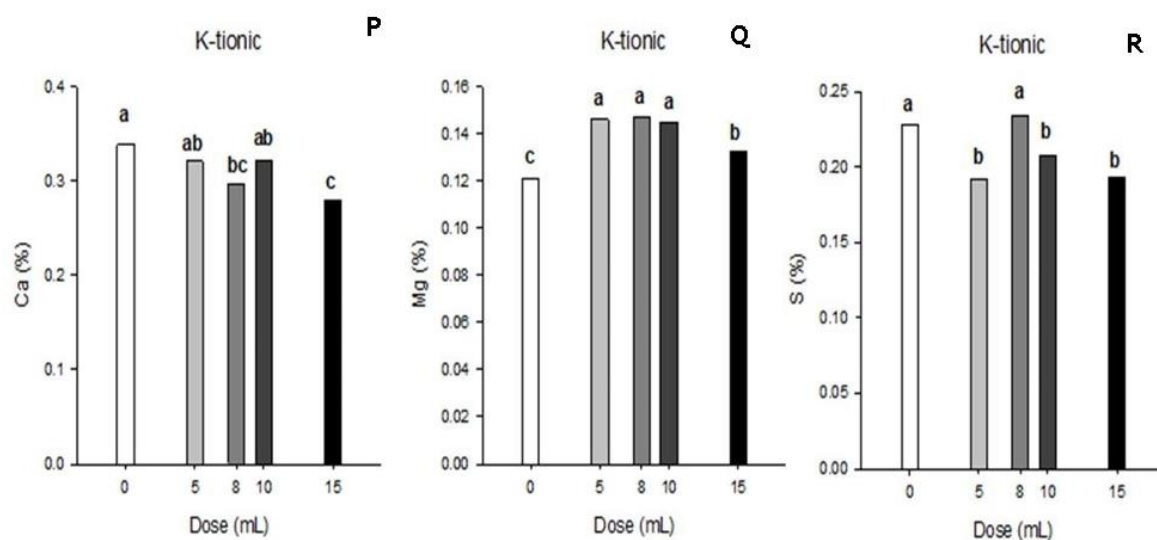
Com relação às análises foliar, observou-se uma redução nos teores de nitrogênio (Figura 19-M) e fósforo (Figura 19-N) nas folhas. Por outro lado, obteve-se um aumento de Potássio (Figura 19-O) nas folhas de 9,6%

A concentração de nitrogênio nas mudas de dendê foi observada uma redução de 10,6% das doses intermediárias de 8 e 15mL (Figura19M). Enquanto a concentração de fósforo sofreu uma redução de 26,7% (Figura 19N). Para concentração de potássio foi observado um aumento de 9,61 ocasionado na dose de 8mL (Figura 19O).



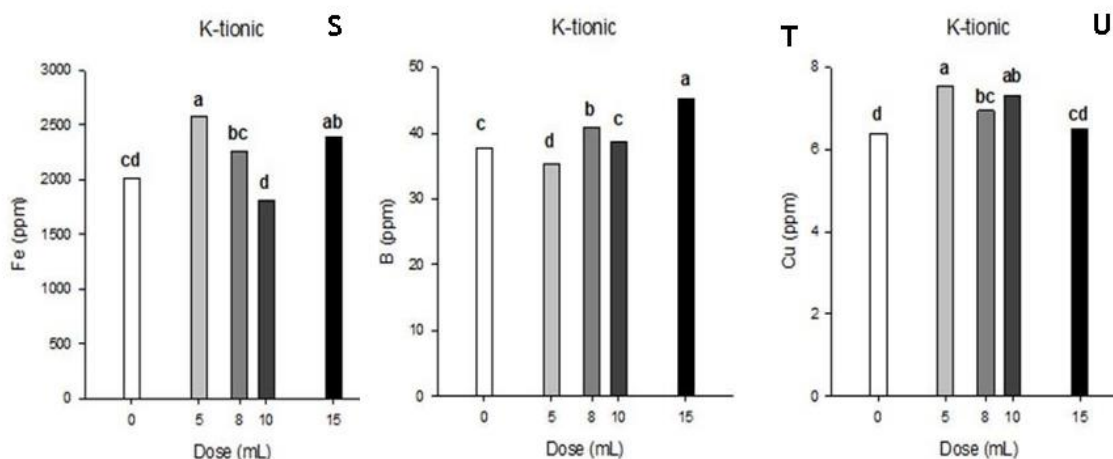
**Figura 19.** Gráficos de barra da concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Na análise referentes a concentração de cálcio (Figura 20P) não foi possível constatar diferença significativa entre os tratamentos e o controle. No entanto, para as concentrações de magnésio (Figura 20Q), todos os tratamentos tiveram aumento nas concentrações, tendo a dose de 5mL o maior aumento (21,2%). As doses de Enxofre (Figura 20R), também não tiveram diferença significativa em relação ao controle (Figura 20S).



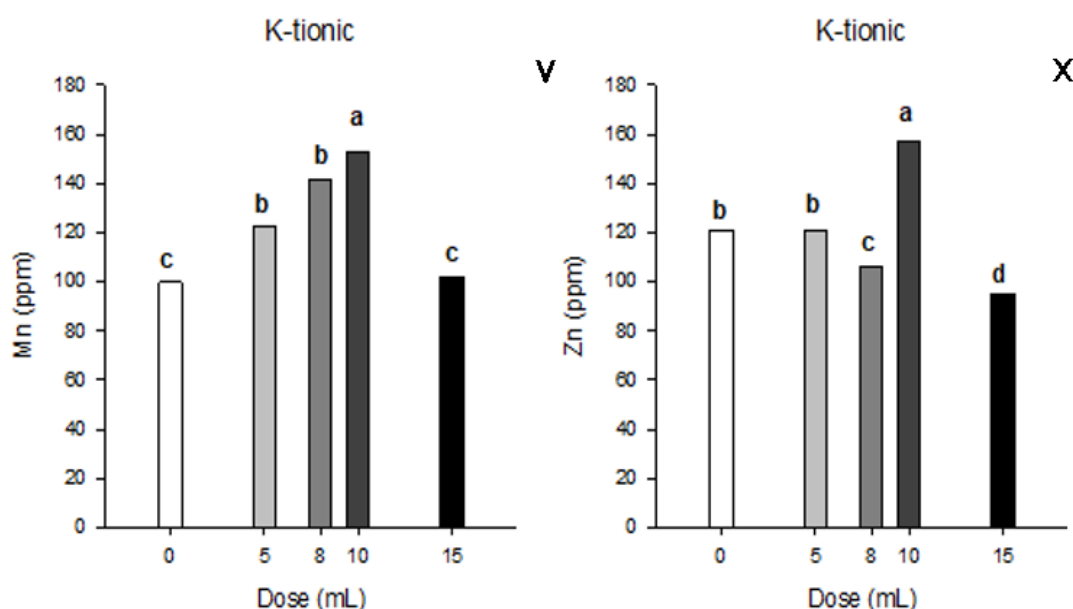
**Figura 20.** Gráficos de barra da concentração foliar de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Para os tratamentos também obtivemos resultados positivos em todas as doses para as concentrações de ferro (Figura 21S), sendo que a dose de 5mL foi responsável por um aumento de 27,9% nos teores foliares. Para as concentrações de boro (Figura 21T) as doses de 10mL foi responsável por um incremento de 19,6% e para as concentrações de cobre (Figura 21U).



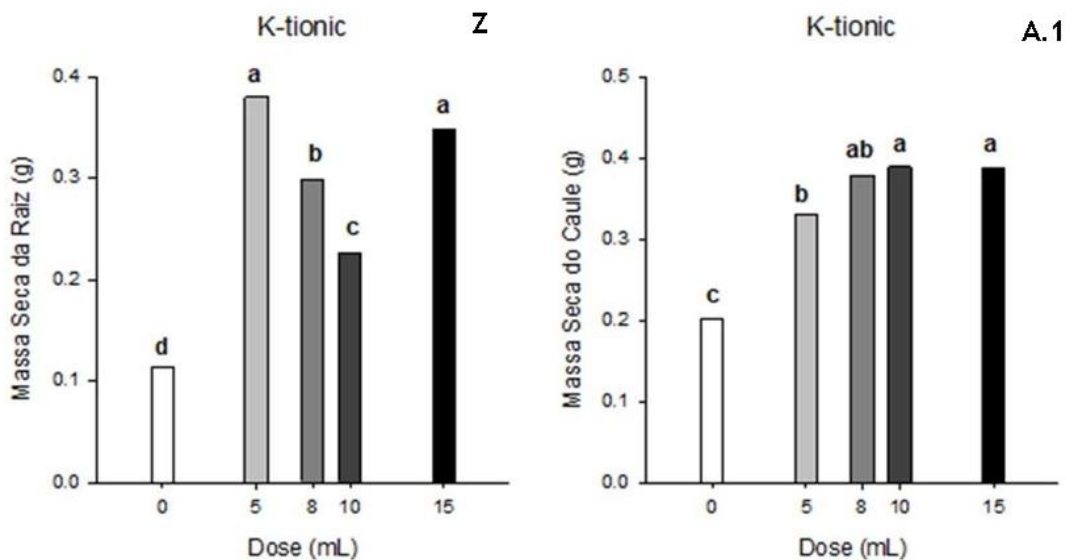
**Figura 21.** Gráficos de barra da concentração foliar de ferro (S), boro (T) e cobre (U). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

O mesmo se deu para as concentrações de Manganês (Figura 22V) e Zinco (Figura 22X) onde a dose de 10mL promoveu a maior concentração foliar desses nutrientes. Tendo para as doses de 10mL suas melhores respostas com teores superiores de 53,3% e 30,16% respectivamente.



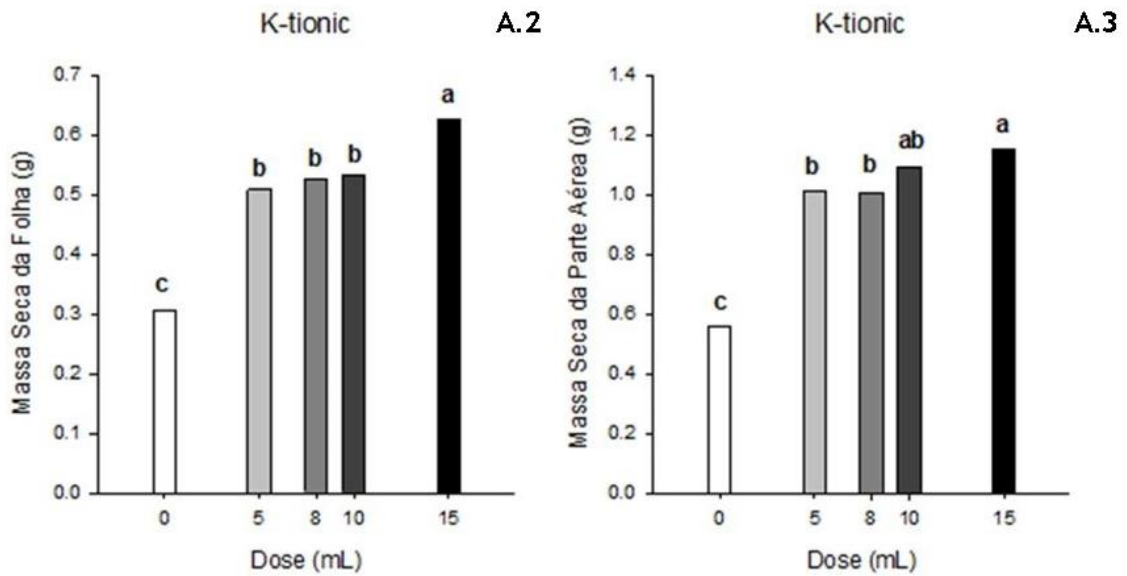
**Figura 22.** Gráficos de barra da concentração foliar de manganês (V) e zinco (X). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Pode-se destacar o efeito dos tratamentos na massa seca da raiz (Figura 23Z) todas as doses comparadas ao controle, onde a dose de 5mL promoveu um aumento de 237,2% quando comparado as plantas que não receberam tratamento. Para a massa seca do caule (Figura 23A.1) o bioestimulante promoveu uma melhoria significativa do volume e massa da raiz, onde também observamos um incremento 92,3% com a dose de 8mL.



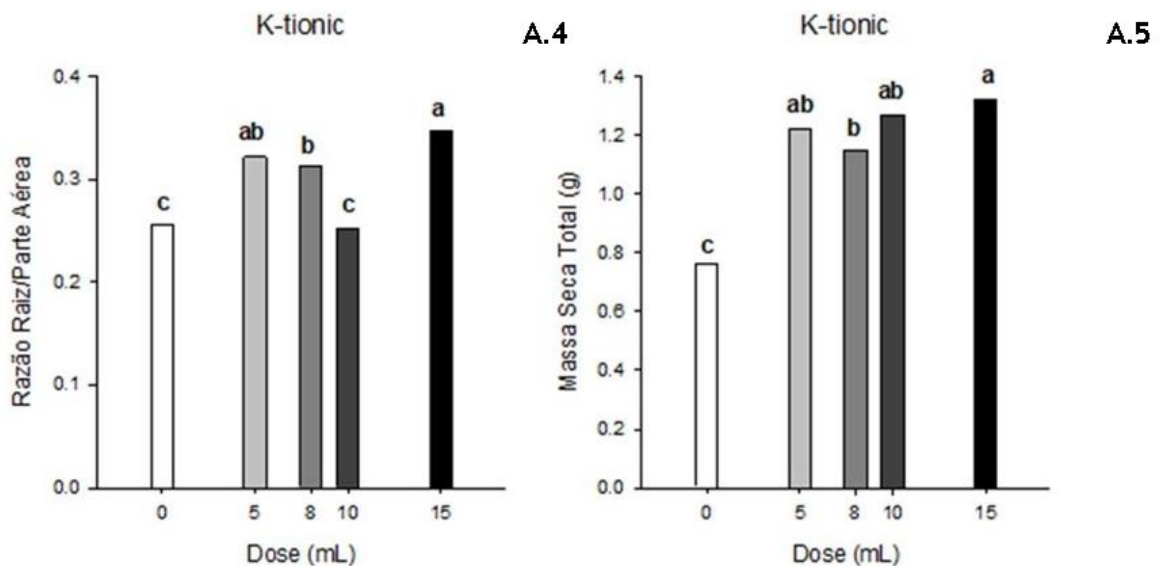
**Figura 23.** Gráficos de barra da Massa Seca da Raiz (Z) e Massa Seca do Caule (A.1). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Os resultados também demonstraram o efeito positivo do uso de bioestimulantes na massa da folha (Figura 24A.2) tendo a dose de 15mL um aumento de 105,4% em relação ao controle. Além disso, também houve um incremento significativo crescente na massa de parte aérea (Figura 24A.3), sendo a dose de 15mL responsável por aumentar em 107,2%.



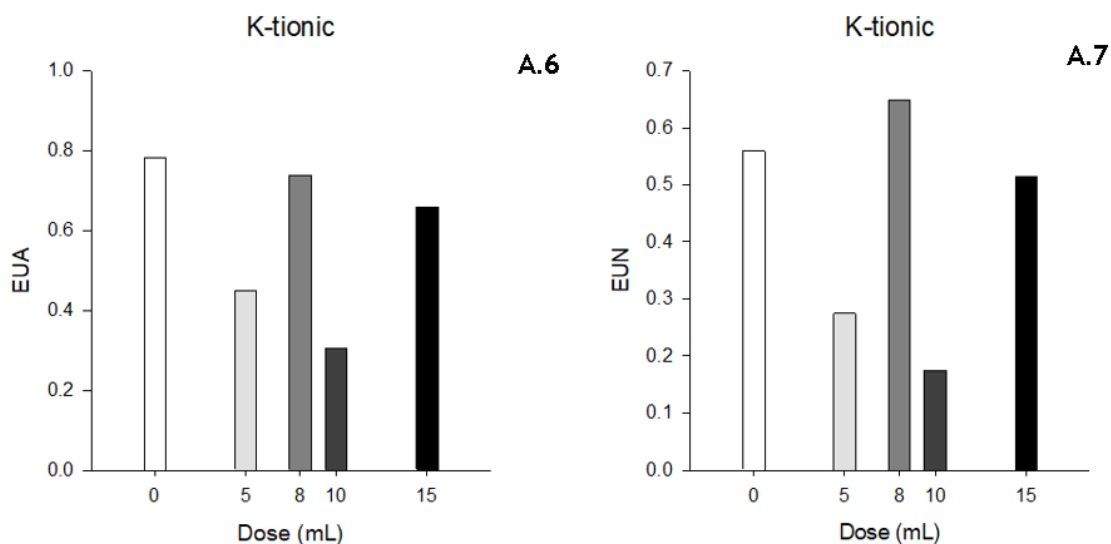
**Figura 24.** Gráficos de barra da Massa Seca da Folha (A.2) e Massa Seca da Parte Aérea (A.3). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

Por fim, podemos destacar o efeito positivo do uso de bioestimulantes na razão entre a raiz e a parte aérea (Figura 25A.4) onde o tratamento de 15mL foi responsável por um incremento de 54,8% e na massa seca total (Figura 25A.5) onde o mesmo tratamento correspondeu a um aumento de 73,8%. Vale destacar que todos os tratamentos tiveram um aumento significativo quando comparado ao controle para ambos resultados verificados.



**Figura 25.** Gráficos de barra Razão raiz/parte aérea (A.4) e Massa Seca Total (A.5). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

A Eficiência do Uso da Água (Figura 26A.6) não houve diferença significativa dos tratamentos em relação ao controle. No entanto, para a Eficiência do Uso do Nitrogênio (Figura 26A.7) o tratamento de 8mL foi responsável por um incremento 15,8%.



**Figura 26.** Gráficos de barra Eficiência do Uso da Água (A.6) e Eficiência do Uso do Nitrogênio (A.7). As médias foram comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias acompanhadas por letras iguais não diferem estatisticamente.

## 5. CONCLUSÕES

Os bioestimulantes tiveram efeito estimulante nas mudas de dendê na fase de pré-viveiro. O Raizal estimulou a fotossíntese, condutância estomática, transpiração, aumento da concentração de enxofre, ganhos de biomassa da parte aérea e eficiência do uso da água. Enquanto, o K-tionic estimulou a atividade da peroxidase, aumento da concentração de ferro, cobre, ganhos de biomassa da raiz e total das mudas. Além disso, ambos os bioestimulantes estimularam a atividade da catalase, aumento da concentração do potássio, magnésio, manganês, boro e zinco e aumento da eficiência do uso de nitrogênio. Por fim, apesar de observarmos os efeitos positivos nas mudas de dendê não foi possível estabelecer a dose ideal dos bioestimulantes, porém as doses de 20 mL para Raizal e 10 mL para K-tionic foram as que apresentaram maiores recorrência nos efeitos.

## 5. REFERÊNCIAS

ACKERLY, D.; BAZZAZ, F. Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. **Ecology**, v. 76, p. 1134-1146, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2307/1940921>.

BARCELOS, E.; ROORIGUES, M.R.L.; SANTOS, I.A.; CUNHA, R.N.V. Produção de mudas de dendezeiro na Amazônia. Manaus, **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2001. 11 p. (Circular Técnica, 8).

BASTOS, T. X. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no Estado do Pará. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2001. (Documentos, 69). Disponível: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/403766/1/cap22.pdf>

BRASIL. **Decreto nº 10.375**, de 26 de maio de 2020. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>.

BUMANDALAI, O.; TSERENNADMID, R. Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on the germination of tomato and cucumber seeds. **International Journal of Aquatic Biology**, v. 7, n. 2, p. 95–99, 2019.

CANDIDO, V. et al.. Interactive effect of water regime, nitrogen rate and application of biostimulants on the physiological and biochemical characteristics of wild rocket. **Electronic Magazine SSRN**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4247743>.

CARTER, C., FINLEY, W., FRY, J., JACKSON, D. E WILLIS, L. Palm oil markets and future supply. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 109(4), 307–314, 2007. doi:10.1002/ejlt.200600256

CASTILLO, Federico J.; CELARDIN, Fredi; GREPPIN, Hubert. Peroxidase assay in plants: Interference by ascorbic acid and endogenous inhibitors in *Sedum* and *Pelargonium* enzyme extracts. **Plant growth regulation**, v. 2, n. 2, p. 69-75, 1984.

CLIMATE DATA. Clima Viçosa (Brasil),2021. Disponível em : <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/vicosa-25021/>. Acesso em 10 de junho de 2024

DAADOUSH, H.; AL-DOORI, M. The impact of seaweed extract and biofertilizer on root growth and some mineral content of orange seedlings. In: IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/4/042039>.

DELOUCHE, J. C. Environmental effects on Seeds development and Seed quality. **Horticultural Science**. Alexandria, v. 15, p. 775-780,1980.

DOURADO, Daniele et al.. Efeito de bioestimulante em sementes de cedro-rosa. **Revista Brasileira de Desenvolvimento** , v. 6, n. 5, pág. 30306-30319, 2020.  
FAIRHURST, T.; HARDON, J. Oil palm. **Oxford University Press**, 1997.

GIANNOPOLITIS, Constantine N.; RIES, Stanley K. Superoxide dismutases: II. Purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedlings. **Plant physiology**, v. 59, n. 2, p. 315-318, 1977.

GONÇALVES, A. L. O uso de microalgas e cianobactérias na melhoria de práticas agrícolas: uma revisão sobre seus papéis biofertilizantes, bioestimulantes e biopesticidas. **Appl. Sci.**, v. 11, n. 2, p. 871, 2021.

GROSSNICKLE, S.; MACDONALD, J. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 49, p. 1-34, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>

GUO, W. *et al.*. Magnesium deficiency in plants: an urgent problem. **Crop Journal**, v. 4, p. 83-91, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>.

HAVIR, Evelyn A.; MCHALE, Neil A. Enhanced-peroxidatic activity in specific catalase isozymes of tobacco, barley, and maize. **Plant Physiology**, v. 91, n. 3, p. 812-815, 1989.

HENSCHER, Juliane Maciel; BATISTA, Diego Silva. Tutorial de operação do IRGA (LCpro-SD,® ADC BioScientific). **Even3 Publicações**. <http://doi.org/10.29327/743817>, 2021

IQBAL, A. *et al.*. N-efficient cotton genotype grown under low nitrogen shows relatively large root system, high biomass accumulation and nitrogen metabolism. **Agronomy Journal**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20962>.

IQBAL, A. *et al.*. N-efficient cotton genotype grown under low nitrogen shows relatively large root system, high biomass accumulation and nitrogen metabolism. **Agronomy Journal**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20962>.

KISLING, W. D.; BALSLEV, H.; BAKER, W. J. *et al.*. PalmTraits 1.0, a species-level functional trait database of palms worldwide. **Scientific Data**, London, v. 6, p. 178, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0189-0>

KUHLGERT S. *et al.*. MultispeQ Beta: a tool for large-scale plant phenotyping connected to the open PhotosynQ network. **R. Soc. open sci.**3: 160592. 2016

LIMA, J.; TINÔCO, R.; OLIVARES, F.; CHIA, G.; DE MELO JÚNIOR, J.; SILVA, G. Rhizobacteria modify root architecture and improve nutrient uptake in oil palm seedlings despite reduced fertilizer. **Rhizosphere**, v. 19, p. 100420, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RHISPH.2021.100420>.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MALIK, A. *et al.*. Biostimulant-treated seedlings under sustainable agriculture: a global perspective facing climate change. **Agronomy**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010014>.

MALIK, A.; MOR, V.; TOKAS, J.; PUNIA, H.; MALIK, S.; MALIK, K.; SANGWAN, S.; TOMAR, S.; SINGH, P.; SINGH, N.; H.; V.; N.; SINGH, G.; KUMAR, V.; S.;

KARWASRA, A. Electronic Journal Seedlings treated with biostimulants under sustainable agriculture: a global perspective in the face of climate change. **Agronomy**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010014>.

MELO, B. *et al.*. Diferentes Antioxidantes no Controle da Oxidação, Germinação e Desenvolvimento das Plântulas na Cultura *in vitro* de Embriões da Guarirobeira [*Syagrus oleracea* (MART.) BECC.] In: **REVISTA CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA**. Lavras, v. 25, n. 6, p. 1301-1306, Nov.-Dez. 2001.

MIYAKE, Chikahiro; ASADA, Kozi. Inactivation mechanism of ascorbate peroxidase at low concentrations of ascorbate; hydrogen peroxide decomposes compound I of ascorbate peroxidase. **Plant and cell physiology**, v. 37, n. 4, p. 423-430, 1996.

DE MORAES, Cristiano Bueno *et al.*. Influência do uso de biorreguladores no crescimento de *Hymenaea courbaril*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 25, n. 2, p. 223-229, 2013.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco culture. **Physiologia Plantarum**, v.15. p. 473-497, 1962.

NAJIHAH, T. *et al.*. Activity of the oil palm seedlings exposed to a different rate of potassium fertilizer under water stress condition. **AIMS Environmental Science**, v. 7, p. 46-68, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3934/environsci.2020004>

NAHUM, J. S.; SANTOS, L. S. DOS; SANTOS, C. B. DOS. Formação da dendeicultura na amazônia paraense. v. 19, p. 1–14, 2020

NARAYAN, O. *et al.*. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, v. 18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>

NAWROT-CHORABIK, K. *et al.*. Stratification, Scarification and Application of Phytohormones Promote Dormancy Breaking and Germination of Pelleted Scots Pine

(*Pinus sylvestris* L.) Seeds. **Forests**, v. 12, n. 5, p. 621, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f12050621>.

OTÁVIO, F. M.; PAVAN, B.; VICENTE, V. A.; GUICHO, M. V.; SILVEIRA, L. M.; STEINER, F. Application methods of biostimulant on production of lettuce seedling. **Agricultural and Food Science**, v.8 , n. X, p. 31-32, 2013.

PAIXÃO, Jaquelyne Poliszuk Azevedo. Caracterização morfofisiológica, bioquímica e anatômica do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em função da disponibilidade hídrica e doses de silício. 2022.

PAN, T. *et al.*. Increased CO<sub>2</sub> and light intensity regulate growth and leaf gas exchange in tomato. **Physiologia Plantarum**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.13015>

SANTOS, C. M.; SILVA, R. S.; GAMA, J. R. V.; et al.. Crescimento de mudas de dendezeiro em diferentes substratos e recipientes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 321-329, 2017.

SEGOVIA, Cristian Santiago Jácome et al.. Efecto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* en condiciones de vivero. **Revista Amazónica Ciencia y Tecnología**, v. 8, n. 1, p. 40-51, 2019.

SILVA, J. L.; PEREIRA, J. C.; GONÇALVES, P. S. O cultivo do dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) no Brasil: situação atual e perspectivas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 125-136, 2010.

SOARES, D. C. O; LIMA, S. F.; LIMA, A. P. L.; PAULA, J. A. F. Uso do biochar e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 106–122, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509828677>.

SOFO, A. *et al.*. Ascorbate peroxidase and catalase activities and their genetic regulation in plants subjected to drought and salinity stresses. **International Journal**

of **Molecular Sciences**, v. 16, p. 13561-13578, 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160613561>

TENGOUA, F. *et al.*. Screening for optimum concentrations of boron, copper and manganese for the growth of three-month old oil palm seedlings in solution culture. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 38, p. 113-126, 2015.

VIEGAS, I. de J.M.; MULLER, A.A. A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa-Cpatu; Manaus: **Embrapa- CPAA**, 2000. 374p.

VILLELA, A. A.; JACCOUD, D. B.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. V. Status and prospects of oil palm in the Brazilian Amazon. **Biomass and Bioenergy**, v. 67, p. 270–278, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.05.005>

WANG, Z. *et al.*. Comparing efficacy of different biostimulants for hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Agronomy**, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040786>.

WATKINS, C. African oil palms, colonial socioecological transformation and the making of an Afro-Brazilian landscape in Bahia, Brazil. **Environment and History, London**, v. 21, n. 1, p. 13-42, 2015.

WESTOBY, M.; LEISHMAN, M.; LORD, J. Comparative ecology of seed size and dispersal. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, v. 351, n. 1345, p. 1309-1318, 1996.

YANG, Y. *et al.*. Evapotranspiration on a greening Earth. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 4, p. 626-641, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00464-3>.

## Anexos

Tabela 1 – Análise Física do Solo

## Resultados de Análise Física do Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	Análise Granulométrica				(1) Classificação textural	Classificação ZARC		
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		(2) Tipo de solo	(3) Classe de Água Disponível (AD)	Quantidade AD
		kg/kg							mm/cm
4085	SOLO SEM AREIA	0,193	0,083	0,108	0,616	Muito Argilosa	3	AD6	1,98
4086	SOLO COM AREIA	0,407	0,077	0,070	0,446	Argilo-Arenosa	3	AD6	1,53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº Laboratório	Curva de Retenção da Água no Solo										
	Mesa de Tensão			Câmara de Pressão							
	-6 kPa	-8 kPa	-10 kPa	-10 kPa	-30 kPa	-50 kPa	-100 kPa	-300 kPa	-500 kPa	-1000 kPa	-1500 kPa
kg/kg											
4085	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº Laboratório	ADA	EU	Dp	Ds-AN	Ds-PR	Ds-TO	PT	Mi	Ma	CE	K <sub>0</sub>
	kg/kg	kg/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	μS/cm	cm/h
4085	0,060	0,30	2,47	-	1,02	-	0,59	-	-	-	-
4086	0,011	0,23	2,63	-	1,15	-	0,56	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Areia Grossa e Areia Fina (Peneiramento)

Silte e Argila (Método da Pipeta - agitação lenta)

(1) SBCS (Triângulo textural)

(2) ZARC (IN SPA/MAPA 02/2008)

(3) Classificação da Água Disponível - ZARC (IN SPA/MAPA 01 e 02/2022)

ADA - Argila Dispersa em Água (Método da Pipeta)

EU - Equivalente de Umidade

Dp - Densidade de Partículas (Método Balão Volumétrico)

Ds - Densidade de Solo (AN - Anel Volumétrico, PR - Proveta, TO - Torção Parafinado)

Porosidade do solo: Porosidade Total (PT), Microporosidade (Mi) e Macroporosidade (Ma)

CE - Condutividade Elétrica (extrato 1:5)

K<sub>0</sub> - Condutividade Hidráulica em Meio Saturado (carga constante)

Tabela 2 – Análise Química do Solo

Resultados de Análise Química de Solo											
Nº Laboratório	Referência do Cliente	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH CaCl <sub>2</sub>	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>			
					mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
3245	Solo sem areia	5,56	-	-	0,9	16	-	0,06			
3246	Solo com areia	5,10	-	-	0,9	23	-	0,15			
-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Nº Laboratório	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	%	%	%	dag/kg	mg/L
3245	0,03	0,31	2,8	0,13	0,44	2,93	4,4	70,5	-	-	4,3
3246	0,07	0,15	2,4	0,26	0,43	2,68	10,4	34,9	-	-	8,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>
3245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5  
 P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1  
 H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0  
 t - Capacidade de Troca Catiónica Efetiva  
 V= Índice de Saturação por Bases  
 ISNa - Índice de Saturação por Sódio  
 P-rem = Fósforo Remanescente  
 B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5  
 Ca<sup>2+</sup> - Mg<sup>2+</sup> - Al<sup>3+</sup> - Extrator: KCl - 1 mol/L  
 SB = Soma de Bases Trocáveis  
 T - Capacidade de Troca Catiónica a pH 7,0  
 m= Índice de Saturação por Alumínio  
 MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 - Walkley-Black  
 S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético  
 N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

**OBS.:** As amostras são mantidas por 60 dias para contraprova. A amostragem e as informações a respeito das amostras são de responsabilidade do cliente.