



## Adubação nitrogenada e fosfatada na produção e no crescimento de mudas de *Euterpe precatoria* Mart.

Nitrogen and phosphate fertilization on the production and growth of seedlings of *Euterpe precatoria* Mart.

J. C. de Araújo<sup>1</sup>; C. P. B. Rufino<sup>2</sup>; R. de C. Andrade Neto<sup>3\*</sup>; A. M. P. Lunz<sup>3</sup>;  
E. P. L. Mattar<sup>2</sup>; E. F. Frade Junior<sup>2</sup>; J. P. M. Guilherme<sup>4</sup>; E. de M. Miranda<sup>3</sup>;  
J. T. de L. Barbosa<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Técnica Ambiental, Ibama, 69918-080, Rio Branco, Acre, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Acre, 69920-900, Campus Rio Branco, Acre, Brasil

<sup>3</sup>Embrapa Acre, 69900-970, Rio Branco, Acre, Brasil

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Secretaria de Agricultura do Acre, 69908-093, Rio Branco, Acre, Brasil

<sup>5</sup>Instituto Federal do Acre, 69903-068, Campus Rio Branco, Acre, Brasil

\* romeu.andrade@embrapa.br

(Recebido em 22 de junho de 2023; aceito em 15 de julho de 2024)

O açazeiro solteiro é uma palmeira com excelente potencial para expansão de cultivos comerciais. Objetivou-se avaliar o efeito das doses de nitrogênio e fósforo na produção e no crescimento de mudas de *Euterpe precatoria* Mart. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos (0, 15, 30, 45 e 60 mg dm<sup>-3</sup> de (N) ureia e 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de (P) superfosfato simples). O nitrogênio foi aplicado parcelado (20, 40 e 40% através de três adubações de cobertura de 40, 100 e 160 dias) e o superfosfato simples dose única misturado ao substrato. Aos 334 dias, após a repicagem foram avaliadas a altura da muda, diâmetro do coleto, massas secas da raiz, da parte aérea e total, Índice de Qualidade de Dickson, teores de macro e micronutrientes nas folhas e no solo. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foi realizada a superfície de resposta. Na ausência de interação entre as doses o efeito delas foi analisado através de regressão. As características químicas e físicas do substrato, biométricas das mudas e os teores de macro e micronutrientes foliares foram avaliados através da correlação de Pearson. As características biométricas das mudas de *Euterpe precatoria* são influenciadas pelas doses de nitrogênio e fósforo. As doses de 60 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio e 200 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo destacaram-se como as mais eficazes, resultando nos melhores desempenhos para a maioria dos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Amazônia Ocidental, mudas de qualidade, nutrição mineral.

The single açazeiro is a palm tree with excellent potential for expansion of commercial crops. The objective was to evaluate the effect of nitrogen and phosphorus doses on the production and growth of seedlings of *Euterpe precatoria* Mart. The experiment was set up in a randomized block design, in a 5<sup>2</sup> factorial scheme, with 5 x 5 treatments (0, 15, 30, 45 and 60 mg dm<sup>-3</sup> of N and 0, 50, 100, 150 and 200 mg dm<sup>-3</sup> of P). Nitrogen was applied in installments (20, 40 and 40% through three top dressings of 40, 100 and 160 days) and simple superphosphate in a single dose mixed with the substrate. At 334 days, after pricking, the height of the seedling was evaluated, stem diameter, root, aerial and total dry masses, Dickson Quality Index, macro and micronutrient content in leaves and soil. The data were submitted to variance analysis and, when significant, a response surface was performed. In the absence of interaction between doses their effect was analyzed by regression. The chemical and physical characteristics of the substrate, seedling biometrics and the foliar macro and micronutrient contents were evaluated using Pearson's correlation. The biometric characteristics of *Euterpe precatoria* seedlings are influenced by doses of nitrogen and phosphorus. The doses of 60 mg dm<sup>-3</sup> of nitrogen and 200 mg dm<sup>-3</sup> of phosphorus proved to be the most effective, resulting in the best performance for most of the evaluated parameters.

Key words: Western Amazonia, quality seedlings, mineral nutrition.

### 1. INTRODUÇÃO

*Euterpe precatoria* Mart. conhecida vulgarmente como açai-solitário ou açai-do-Amazonas, é uma palmeira monocaule produtora de açai, um dos mais importantes frutos nativos da região Amazônica, sendo naturalmente encontrada em áreas de várzea e igapó nos estados de Rondônia,

Amazonas, Pará e Acre [1]. A espécie tem grande importância socioeconômica devido ao seu uso na produção de polpas, geleias, ração animal, composição de paisagens, vermífugo, confecção de chapéus, esteiras, tapetes cestos e vassouras [2]. Principalmente, destaca-se pela exploração do fruto que produz uma polpa rica em carboidratos, ácidos graxos monossaturados, antioxidantes fenólicos, antocianinas e carotenoides trazendo inúmeros benefícios à saúde humana [3].

Essas características nutricionais, aliadas à busca dos consumidores por alimentos com elevado teor energético que promovam bem-estar, contribuíram para que o açaí se tornasse um “superalimento” de reconhecimento internacional [4]. Apesar disso, maior parte da produção ainda é oriunda do extrativismo [5] caracterizando-se como uma das principais atividades desenvolvidas pelos produtores rurais da Amazônia [6].

Como estratégia de inovação do sistema produtivo e para obter mudas de qualidade, livres de pragas e doenças, com produção regular e capaz de suprir a demanda dos mercados, o uso da nutrição mineral de plantas é a técnica mais indicada [7]. Dentre as vantagens obtidas com a adubação mineral, destacam-se o fornecimento de nutrientes indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento, alterações morfológicas e fisiológicas, além da redução do tempo de permanência das mudas no viveiro [8].

Dentre os nutrientes mais utilizados na fertilização mineral de plantas, destacam-se o nitrogênio e o fósforo, devido ao papel deles na fotossíntese, crescimento vegetal, armazenamento e transferência de energia, produção de folhas, flores, frutos, desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular [9]. Segundo Viégas et al. (2009) [10], as palmeiras estão entre as espécies mais afetadas pela ausência de nitrogênio e fósforo, sendo que a omissão desses nutrientes no açaizeiro ocasiona alterações bioquímicas, fisiológicas, anatômicas, morfológicas, com os sintomas visuais sendo os primeiros a serem observados, dependendo da idade da planta.

Para atender as exigências de mercado e produzir indivíduos de qualidade, é necessário não apenas a utilização de fontes nitrogenadas e fosfatadas, mas também compreender a influência delas, principalmente na fase inicial. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e fósforo na produção, crescimento e nutrição de mudas *Euterpe precatoria* Mart.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre dezembro de 2017 e novembro de 2018, no viveiro de produção de mudas da Embrapa Acre, com tela de 50% de sombra, localizada na Rodovia BR-364, Km 14 (Rio Branco/Porto Velho), coordenadas geográficas 10°1'30" S e 67°42'18" W, com altitude próxima de 160 m. O clima da região é classificado como quente e úmido, com temperatura média máxima de 30,9 °C, mínima média de 20,8 °C, umidade relativa média do ar de 83% e precipitação pluviométrica anual média de 1648 mm [11].

O substrato utilizado para a produção das mudas foi um Argissolo vermelho, coletado de uma área de mata, da camada superficial (0-20 cm). Deste solo foram determinados os atributos químicos e físicos (Tabela 1).

Tabela 1: Atributos químicos e físicos do solo utilizado para produção de mudas de *Euterpe precatoria* Mart.

pH	Ca	Mg	K	H+Al	SB	V%	CTC (pH <sub>7</sub> )	P
(H <sub>2</sub> O)	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	
7,25	4,95	1,09	0,02	0,45	6,4	93,25	6,85	10,6
Areia Grossa		Areia Fina		Silte		Argila		
-----g Kg <sup>-1</sup> -----								
175,38		491,5		126,2		206,85		

As mudas foram produzidas em sacos de polietileno, com capacidade para 3,1 L de substrato, medindo 18 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Foi feita a repicagem para sacos de polietileno preto de uma semente pré-germinada, no estágio de palito 60 dias após a semeadura. As plântulas mortas foram substituídas até o décimo dia após a repicagem. As mudas foram irrigadas

diariamente via sistema de aspersão intermitente, pela manhã e à tarde, até a saturação do substrato. O controle das plantas espontâneas foi realizado semanalmente por meio de arranque manual (monda).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com 3 repetições e 8 plantas por parcela, em esquema fatorial 5x5, com 25 tratamentos. O primeiro fator correspondeu as doses de N (0, 15, 30, 45 e 60 mg dm<sup>-3</sup>), tendo como fonte a ureia, aplicada parceladamente 20%, 40% e 40% através de três adubações de cobertura aos 40, 100, 160 dias após a repicagem. Como segundo fator, considerou-se as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm<sup>-3</sup>) aplicado na forma de superfosfato simples em dose única, misturado ao substrato com o auxílio de uma betoneira. Para a realização da adubação nitrogenada, o adubo foi dissolvido em água deionizada e aplicado com o auxílio de uma seringa de 10 mL para que não houvesse desuniformidade entre as plantas.

Aos 334 dias após a repicagem, analisaram-se as seguintes variáveis: altura da planta (AP), em cm, com auxílio de uma régua graduada, a partir da superfície do solo do recipiente até a emissão do folíolo da folha mais alta; diâmetro do colo (DC), em mm, com auxílio de um paquímetro digital (0,01mm), medido a 1 cm acima do solo do recipiente; número de folhas (NF) através da contagem manual de todas as folhas abertas (fisiologicamente ativas), da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST). Posteriormente, as partes aéreas e radicular foram acondicionadas em sacos de papel Kraft devidamente etiquetados e submetidas a estufa de circulação de ar forçada a 55 °C, até atingir a massa constante, procedendo, pôr fim, à pesagem em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Além disso, foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), conforme destacado na Equação 1.

$$IQD = \frac{MST(g)}{H(cm) + DC(mm) + MSPA(g) + MSR(g)}$$

Em que:

IQD = Índice de Qualidade de Dickson

MST = Massa seca total

H = Altura da planta

DC = Diâmetro do coleto

MSPA = Massa seca da parte aérea

MSR = Massa seca da raiz

Durante a avaliação do experimento, os substratos de cada tratamento foram separados em amostras compostas, acondicionados em saco plástico transparente, identificados, secos ao ar, destorroados, peneirados e encaminhados ao Laboratório de Solos da Embrapa Acre para a realização das análises físicas e químicas.

Para a análise dos teores de macro e micronutrientes foliares, as amostras compostas de cada tratamento foram separadas, secas em estufa de circulação forçada a 105°C, moídas em triturador tipo Willey, obtidos os extratos, acondicionadas em tubos tipo Falcon de 50 mL, e enviadas à Embrapa Rondônia para as análises químicas.

Os dados foram submetidos à análise de discrepância pelo teste de Grubbs, normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância pelo teste de Levene. Atendidos os pressupostos, foram realizadas a análise de variância pelo teste F, a 5 e 1% de significância, e, quando significativos a 5%, o efeito das doses dos adubos foi analisado através da superfície de resposta com o auxílio do programa estatístico R.

Na ausência de interação significativa entre as doses de nitrogênio e fósforo, o efeito das doses dos adubos foi analisado por meio de regressão. Foram feitas análises de correlação de Pearson entre as características químicas e físicas do substrato e as características biométricas das mudas, entre os teores de macro e micronutrientes foliares e as características biométricas das mudas e, entre os atributos físicos e químicos do substrato e as características biométricas das mudas.

A correlação de Pearson  $|r_{ij}|$  entre esses elementos foi representada por redes de correlações, onde as variáveis foram representadas por (“nós”) ligadas através de linhas com diferentes espessuras, de acordo com o valor absoluto obtido pela correlação entre elas. A espessura das linhas foi controlada pela aplicação de um valor de corte igual a 0,7 (somente  $ij \geq 0,7$  tiveram suas arestas em destaque). Para as correlações positivas as linhas foram representadas pela cor

verde e, quando negativa, pela coloração vermelha. Todas as análises foram realizadas com auxílio do *software* Rbio.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nitrogênio e o fósforo exerceram influência significativa na altura da planta (Figuras 1A e 1B), sendo observado que a maior dose testada, de  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, resultou em uma altura das mudas de 29,33 cm, com ajuste de regressão linear, atingindo a dose máxima de N (Figura 1A). Esses resultados corroboram a constatação de que a aplicação adequada de nitrogênio promove ganhos na altura das mudas, influenciando positivamente a qualidade das mesmas, especialmente no caso das espécies florestais [12].

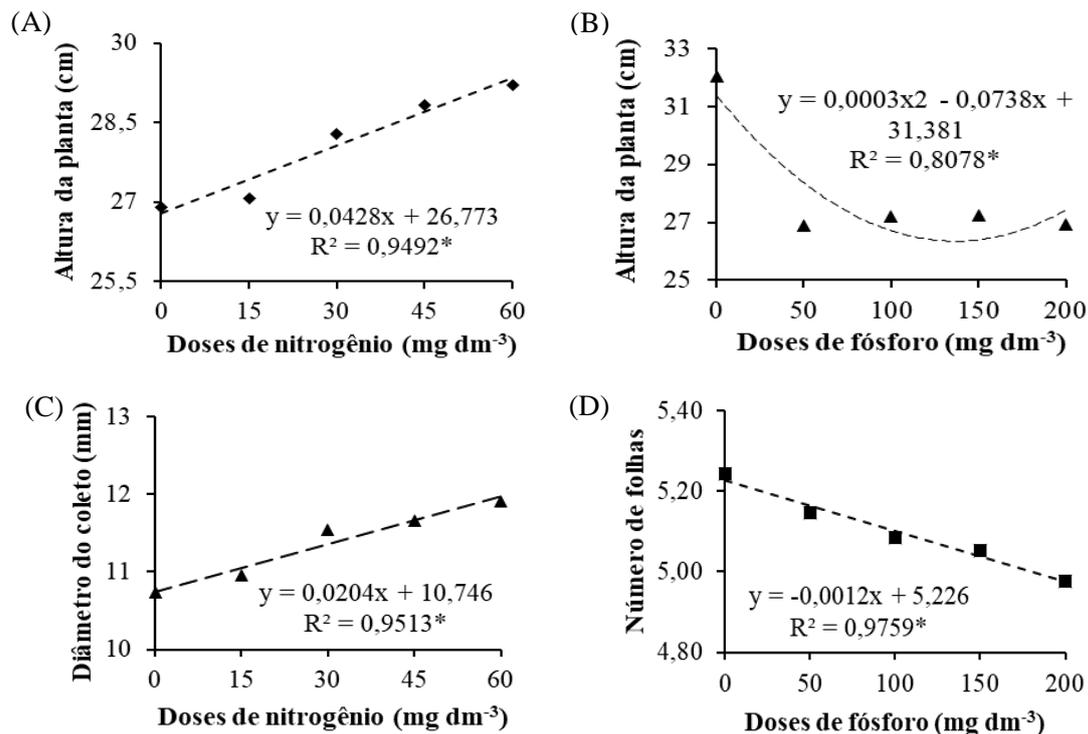


Figura 1: Altura da planta (A; B), diâmetro do coleto (C) e número de folhas (D) de mudas de *Euterpe precatoria* Mart. em função de doses de nitrogênio e fósforo.

De acordo com Butzke et al. (2023) [13] avaliando mudas de açazeiro solteiro sob efeito de doses de nitrogênio e potássio verificou que com a dose de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de N além da resposta linear ascendente que a maior altura foi de 40,24 cm. Para a altura da muda sobre influência do fósforo, houve um ajuste na regressão quadrática, com altura de 26,84 cm obtido com a dose de  $123 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 1B). Provavelmente, a correlação positiva entre o pH do solo e o fósforo (Figura 5C) contribuiu para que a disponibilidade desse nutriente às plantas não fosse afetada.

Para o diâmetro do coleto apenas as doses de nitrogênio foram significativas (Figura 1C) e, com a maior dose testada de  $60 \text{ mg dm}^{-3}$ , constatou-se que o diâmetro das mudas foi de 11,97 mm, representando um incremento de 11,39% em relação à testemunha. O nitrogênio é um dos nutrientes mais abundantes, constituinte dos aminoácidos, proteínas, clorofila cuja absorção é elevada principalmente na fase inicial de desenvolvimento [14], pois, caso as quantidades sejam insuficientes, tem-se respostas negativas no crescimento afetando diretamente o rendimento final das culturas [15]. De Almeida et al. (2018) [16] com a dose de  $2 \text{ mg dm}^{-3}$  de adubo de fertilização controlada em mudas de *E. precatoria* Mart. verificaram que o diâmetro foi de 11,5 mm sob sombreamento de 50%.

O número de folhas apresentou efeito linear decrescente e com a máxima dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$ , verificou-se que a quantidade de folhas emitidas foi de 5,47. Além disso, com o

aumento das doses de P, o número de folhas reduziu (Figura 1D). Entretanto, apesar dessa diminuição, a produção de folhas foi compatível com o período de avaliação (334 dias) e com a correlação positiva entre o fósforo e essa variável (Figura 5A). Araújo et al. (2019) [17] ao utilizarem a dose de 3,75 mg dm<sup>-3</sup> de adubo de liberação controlada em mudas de *E. oleracea* Mart. constataram que a maior quantidade de folhas emitidas foi 5 e conforme evidenciado pelos autores, a dose aplicada foi o suficiente para que as mudas se desenvolvessem adequadamente.

O nitrogênio foi significativo para massa seca total (Figura 2A), massa seca da parte aérea (Figura 2C), massa seca da raiz (Figura 2E) e IQD (Figura 2F). O fósforo foi significativo para massa seca total (Figura 2B) e massa seca da parte aérea (Figura 2D). A massa seca total de 11,33 g foi obtida com a dose de 60 mg dm<sup>-3</sup> de N. O resultado linear positivo (Figura 2A) indica que a dose de nitrogênio utilizada foi suficiente pois, quando aplicado abaixo do que a planta necessita, surgem respostas negativas no crescimento, acúmulo de biomassa total afetando diretamente o rendimento final das culturas [10].

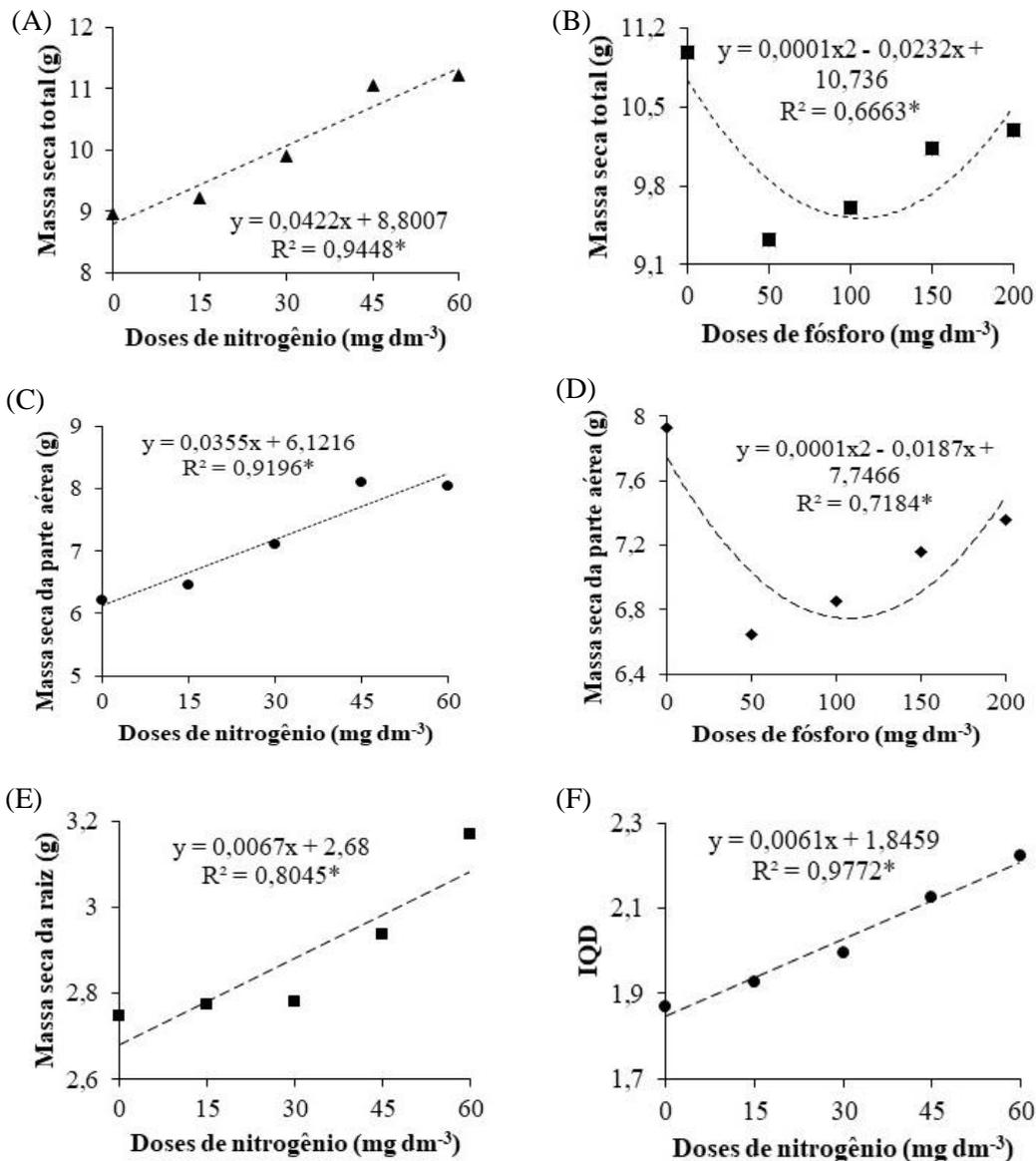


Figura 2: Massa seca total (A; B), massa seca da parte aérea (C; D), massa seca da raiz (E) e IQD (F) de mudas de *Euterpe precatoria* Mart. em função das doses de nitrogênio e fósforo.

Para a massa seca da parte aérea verificou-se que com a dose de 60 mg dm<sup>-3</sup>, que o valor dessa variável foi estimado em 8,25 g (Figura 2C). A resposta linear identificada evidencia o papel do

nitrogênio no estímulo ao crescimento da parte aérea das plantas interferindo positivamente na produtividade [18]. No trabalho desenvolvido por Bezerra et al. (2018) [19] os autores verificaram com a dose de 664,50 mg dm<sup>-3</sup> de N que a massa seca da parte aérea das mudas de *Euterpe oleracea* Mart. foi de 4,75 g.

A produção de massa seca da raiz se ajustou ao modelo linear crescente, obtendo-se com a maior dose testada, de 60 mg dm<sup>-3</sup>, o valor de 3,08 g (Figura 2E), diferentemente de Butzke et al. (2023) [13] que ao utilizar a dose de 30 mg dm<sup>-3</sup> de N em mudas de *E. precatória* Mart. obtiveram resposta linear ascendente, com maior quantidade de massa seca de 1,69 g.

O IQD se ajustou ao modelo linear ascendente em resposta ao aumento das doses de nitrogênio e com a maior dose de 60 mg dm<sup>-3</sup> de N, o valor desse índice foi de 2,20 e conforme avaliado aos 334 dias após a repicagem, verificou-se que as mudas se encontravam aptas para serem levadas à campo (Figura 2F). Bezerra et al. (2018) [19] ao utilizarem a dose de 450 mg dm<sup>-3</sup> de N em mudas de *E. oleracea* Mart., obtiveram como maior IQD o valor de 2,67, a dose foi suficiente para que as mudas atingissem o padrão de qualidade. Por outro lado, estudos com mudas de *E. precatória* sobre influência de adubo de liberação controlada alcançaram maiores IDQ, de Almeida et al. (2018) [16] encontraram IDQ de 2,33 na dose 7,87 kg m<sup>-3</sup> e Araújo et al. (2019) [17] alcançaram IQD de 3,92 na dose de 8,56 kg m<sup>-3</sup>.

A massa seca total houve ajuste quadrático de regressão ascendente e com a dose de 116 mg dm<sup>-3</sup> de P o valor dessa variável foi de 9,39g (Figura 2B). Possivelmente, a forte correlação negativa entre o pH do solo e a massa seca total (Figura 5A) e ao fato do mesmo encontrar-se alcalino contribuíram para que a disponibilidade de fósforo fosse afetada. O fósforo está diretamente associado ao desenvolvimento do sistema radicular, além de ser responsável pelo estímulo ao florescimento e quando utilizado em quantidades adequadas, tem-se a formação de mudas vigorosas cujos efeitos variam entre as espécies, tipo de solo, condições ambientais e do órgão da planta avaliado [20]. Em mudas de *E. edulis* Mart., Lima et al. (2008) [21] ao utilizarem a dose de 477, 63 mg dm<sup>-3</sup> de P, verificaram que a massa seca total foi de 2,85 g.

Para a massa seca da parte aérea se ajustou ao modelo quadrático e com a dose de 93,5 mg dm<sup>-3</sup> de P verificou-se que a produção de massa seca foi de 6,87 g. Além disso, observou-se que à medida que o fósforo foi adicionado à resposta para essa variável foi positiva (Figura 2D). O fósforo é responsável pelo fornecimento de energia, favorecendo a formação das raízes, florescimento, interferindo no rendimento das culturas [22]. Já Bezerra (2018) [19], ao utilizar a dose de 128 mg dm<sup>-3</sup> de P em mudas de *Euterpe oleracea* Mart., averiguou que a massa seca da parte aérea foi de 4,03 g, sendo inferior ao deste estudo.

Os teores foliares de fósforo (Figura 3A), magnésio (Figura 3B), zinco (Figura 3C) e enxofre (Figura 3D) foram significativos para a interação entre o nitrogênio e o fósforo. O teor foliar de 2,25 g kg<sup>-1</sup> de P das mudas de *E. precatória* Mart. foi obtido a partir da interação entre as doses de 60 mg dm<sup>-3</sup> de N e 86,66 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 3A). Em relação ao nitrogênio, mesmo com a maior dose testada de 60 mg dm<sup>-3</sup> observa-se que com a adição desse nutriente, a quantidade de N presente nas folhas reduziu. A dinâmica do nitrogênio no solo favorece para que sua assimilação pelas plantas seja variável, especialmente devido a facilidade com que esse nutriente tem de ser perdido no ambiente por erosão, lixiviação e desnitrificação interferindo diretamente na sua disponibilidade [23].

O teor foliar de 2,41 g kg<sup>-1</sup> de magnésio foi obtido pela associação entre as doses de 28,5 mg dm<sup>-3</sup> de N e 69,55 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 3B). A redução do teor foliar de magnésio tanto na presença de nitrogênio como de fósforo possivelmente foi influenciada pela correlação negativa entre o magnésio e esses nutrientes (Figura 5C). O nitrogênio quando aplicado juntamente com o fósforo, promove aumentos significativos na produção vegetal cujos efeitos positivos são melhores do que se esses nutrientes tivessem sido utilizados separadamente [24].

O teor foliar de 2,22 mg kg<sup>-1</sup> de enxofre foi resultante da interação entre as doses de 60 mg dm<sup>-3</sup> de N e 68,5 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 3D). O aumento de enxofre no tecido foliar das mudas deve-se a disponibilização desse nutriente via adubação (10 a 12%) no momento de implantação desse experimento. Teores adequados de enxofre no solo são indispensáveis para o metabolismo do nitrogênio, síntese de proteínas e aminoácidos especialmente em solos tropicais onde a deficiência desse micronutriente ocorre com maior frequência [25]. Viégas et al. (2009) [10] averiguaram em mudas de *Euterpe oleracea* Mart. que o teor foliar de enxofre de 0,4 g kg<sup>-1</sup> foi satisfatório por não ocasionar danos às plantas.

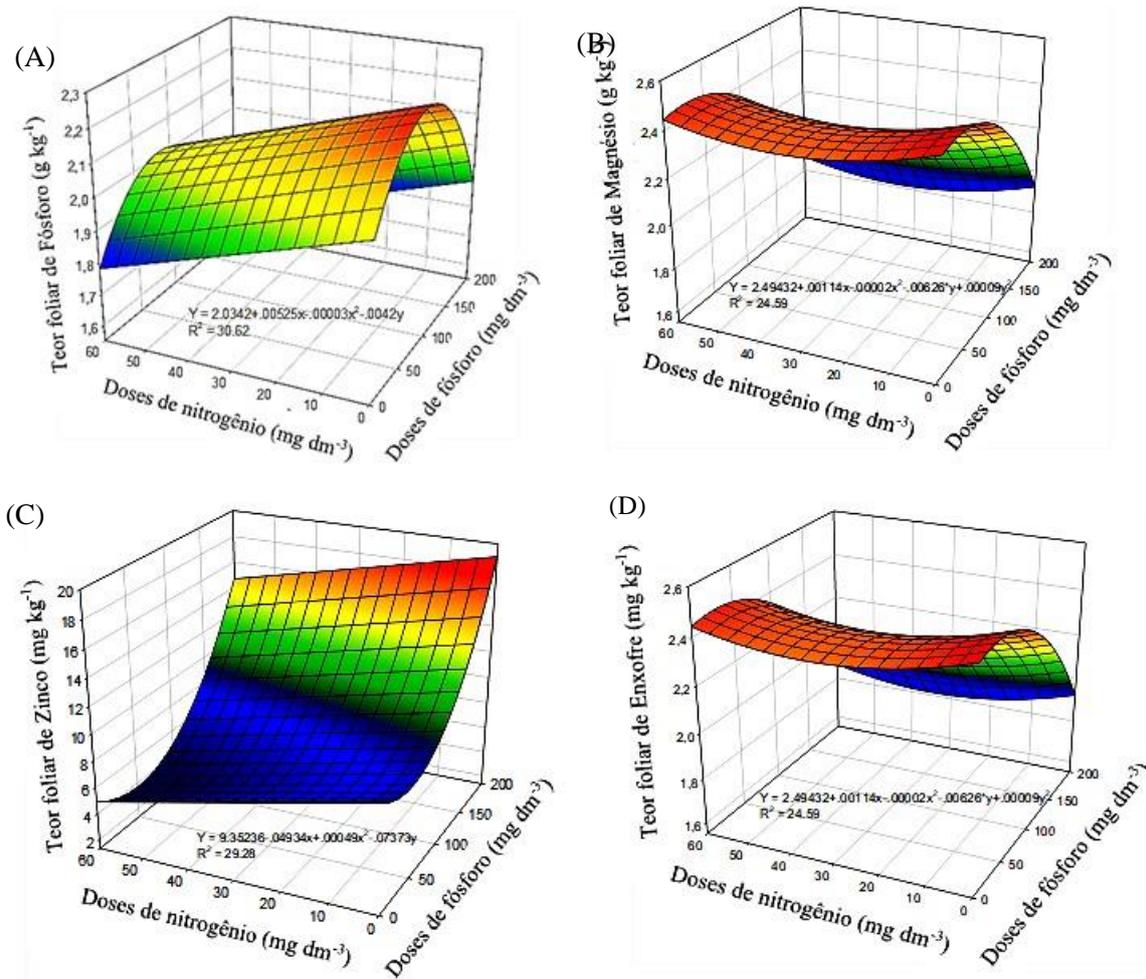


Figura 3: Teor foliar de fósforo (A), magnésio (B), zinco (C) e enxofre (D) de mudas de *Euterpe precatoria* Mart. em função das doses de nitrogênio e fósforo.

A interação entre as doses de  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e  $50,34 \text{ mg dm}^{-3}$  de P resultou no teor foliar de  $8,11 \text{ mg kg}^{-1}$  de zinco. Para o nitrogênio observa-se que com a adição desse nutriente, a quantidade de zinco presente nas mudas praticamente não foi alterada (Figura 3D). Em contrapartida, com a dose de  $50,34 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, além da resposta quadrática, foi verificada correlação positiva entre o zinco e o fósforo (Figura 5B) indicando que o P quando utilizado em quantidades ideais contribui para os demais nutrientes estejam disponíveis as plantas [26]. Conforme Araújo et al. (2018) [27] com o uso de  $3,65 \text{ mg dm}^{-3}$  de adubo de liberação lenta em mudas de *E. oleracea* obteve  $21,4 \text{ mg kg}^{-1}$  de zinco acumulado no tecido foliar

O teor foliar de ferro foi significativo para as doses de nitrogênio e fósforo (Figuras 4A e 4B, respectivamente). Para o teor foliar de boro (Figura 4C), nitrogênio (Figura 4D), potássio (Figura 4E) e manganês (Figura 4F), somente o fósforo foi significativo.

A maior dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P testada resultou em  $832 \text{ mg kg}^{-1}$  de ferro, com redução do teor desse micronutriente conforme as doses de fósforo aumentaram (Figura 4B). Como o nível de toxicidade de Fe em plantas varia com a espécie, idade e estado nutricional [28], observou-se que no caso do açazeiro solteiro, apesar da diminuição da quantidade de ferro não foram verificados sintomas de deficiência nas plantas. Em mudas de *Euterpe oleracea* Mart., Araújo et al. (2018) [27] utilizando adubo de liberação lenta averiguou que o teor foliar de ferro foi de  $495 \text{ mg kg}^{-1}$ .

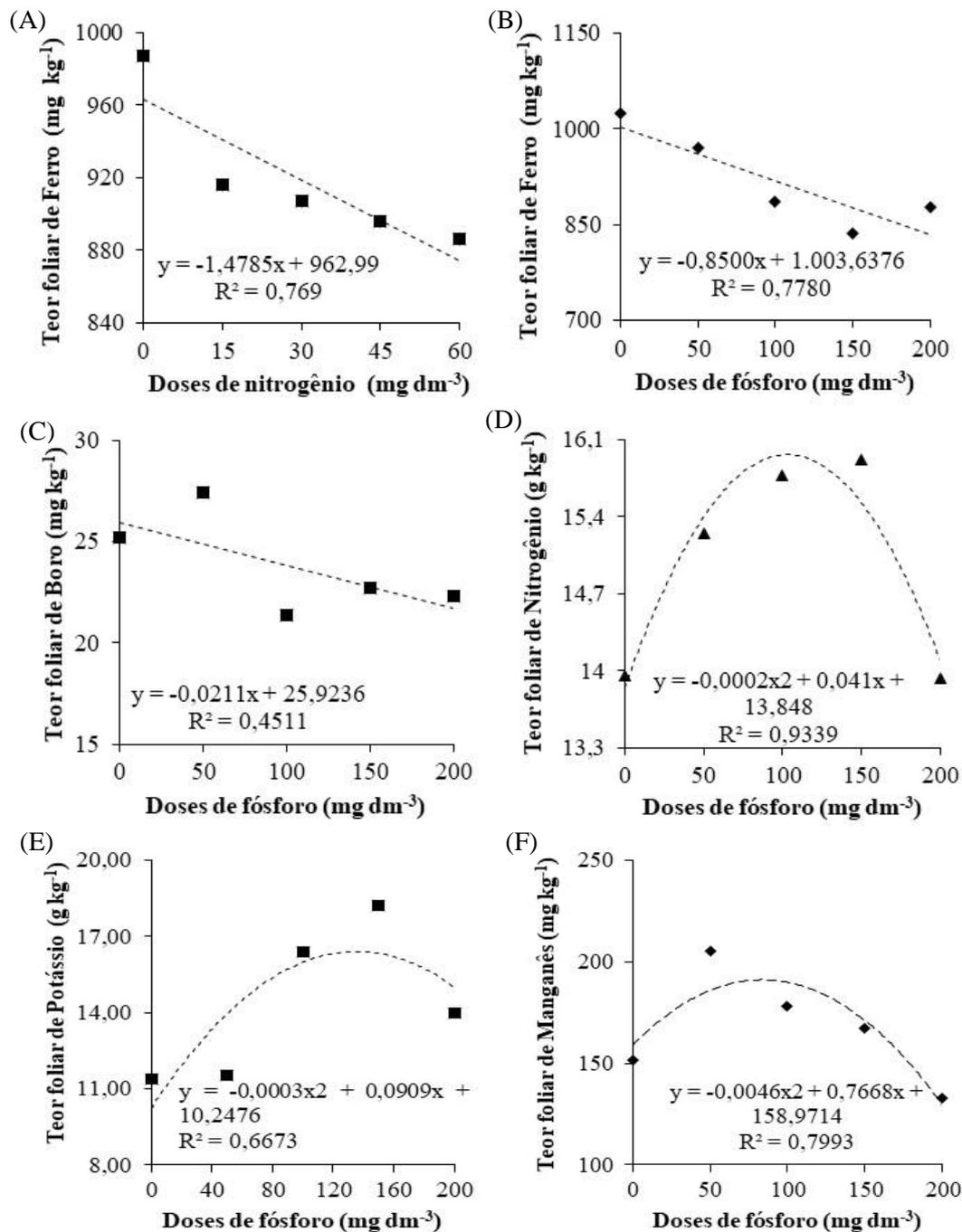


Figura 4: Teor foliar de ferro (A, B), boro (C), nitrogênio (D), potássio (E) e manganês (F) em mudas de *Euterpe precatoria* Mart. em função das doses de nitrogênio e fósforo.

A dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P proporcionou um teor foliar de  $21,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de boro (Figura 4C). Para essa variável, observou-se que com a adição das doses de P, houve redução desse micronutriente no tecido foliar das mudas. Porém, não foi identificada correlação negativa entre o fósforo o boro, demonstrando que apesar do P inibir a ação do boro nas plantas quando aplicado em altas concentrações, tal situação não foi verificada nessa pesquisa. Viégas et al. (2009) [10] constataram que a quantidade de  $18 \text{ mg kg}^{-1}$  de boro no tecido foliar das mudas de *Euterpe oleracea* Mart. foi favorável ao desenvolvimento delas pois quando o nível de B ficou em torno de  $12 \text{ mg kg}^{-1}$  houve redução da altura e do diâmetro do coleto.

Para o teor foliar de nitrogênio, observou-se ajuste quadrático para essa variável e a dose de  $102,55 \text{ mg dm}^{-3}$  de P levou as mudas a atingirem o teor foliar de  $15,94 \text{ g kg}^{-1}$  de nitrogênio (Figura 4D). A correlação positiva entre esses macronutrientes (Figura 5C) juntamente com o fato da

absorção de nitrogênio ser favorecida pela presença de fósforo e a sinergia entre esses macronutrientes [29] averiguou-se que a dose utilizada foi suficiente para que as mudas não apresentassem sintomas de toxidez e nem de deficiência.

O teor foliar de 17,13 g kg<sup>-1</sup> de potássio foi resultante da dose de 151 mg dm<sup>-3</sup> de P. Observou-se que com o aumento das doses de fósforo a quantidade de potássio presente nas folhas reduziu (Figura 4E). Provavelmente a ausência de adubação com potássio e as baixas concentrações verificadas na análise de solo (0,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) favoreceram esse resultado (Figura 5C).

Em relação ao manganês, além da resposta quadrática, verificou-se que a máxima eficiência de 190,92 mg kg<sup>-1</sup> de manganês foi adquirida com a dose de 83,35 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 4F). Outro fator contribuinte foi a forte correlação positiva entre o fósforo (Figura 5C) e esse nutriente justificando que para essa variável a dose utilizada foi adequada para que a presença desse macronutriente secundário não comprometesse o desenvolvimento das mudas.

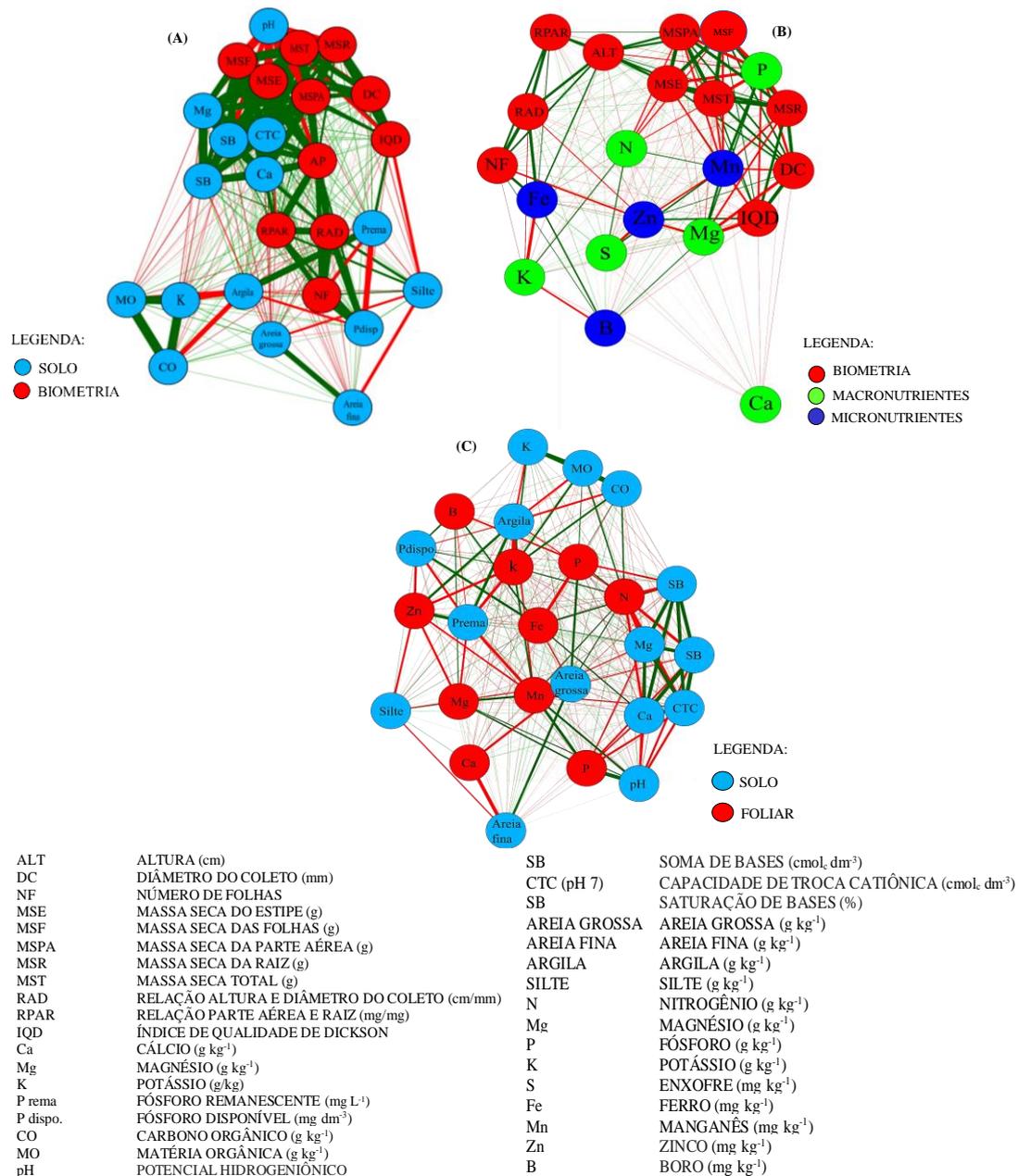


Figura 5: Rede de correlações entre as características físicas e químicas do substrato e variáveis biométricas das mudas de *Euterpe precatoria* Mart. (A), entre teores foliares (macro e micronutrientes) e características biométricas de mudas de *E. precatoria* Mart. (B) e, entre características físicas e químicas do substrato e teores foliares de mudas de *E. precatoria* Mart (C). Comprimento das linhas indica a intensidade das correlações. Linhas verdes indicam correlações positivas e linhas vermelhas negativas.

Foram observadas correlações positivas e negativas entre as características físicas e químicas do substrato e as variáveis biométricas das mudas (Figura 5A), entre macronutrientes e micronutrientes foliares e as variáveis biométricas das mudas (Figura 5B) e entre as características físicas e químicas do substrato e macronutrientes e micronutrientes foliares (Figura 5C).

O pH do solo correlacionou-se forte e negativamente com a altura da planta, massa seca da folha, massa seca da raiz, massa seca total e massa seca do estipe (Figura 5A). Provavelmente as alterações de pH foram ocasionadas pela adubação com ureia e superfosfato simples pois, dependendo das concentrações dos nutrientes, o pH do solo pode ser afetado, interferindo nos processos fisiológicos das plantas [30].

A relação parte aérea e raiz correlacionou-se fraca e negativamente com o cálcio, argila e a areia grossa (Figura 5A). As fortes correlações positivas ocorreram entre a soma de bases, saturação de bases, o magnésio, o cálcio, a capacidade de troca catiônica e a altura da planta, relação parte aérea e raiz, massa seca das folhas, do estipe, da parte aérea, total e da raiz (Figura 5A). Quando as características físicas e químicas do substrato são satisfatórias, tem-se a liberação gradativa dos nutrientes afetando positivamente os processos fisiológicos das plantas [31].

O  $P_{disp.}$  apresentou forte correlação positiva com o número de folhas, altura da planta, relações altura da planta e diâmetro do coleto e a parte aérea e raiz (Figura 5A). As respostas positivas entre o  $P_{disp.}$  e as demais variáveis provavelmente foi decorrente da adubação com superfosfato simples (18 a 21% de P) pois, ao ser disponibilizado via adubação tem-se o aumento da quantidade de  $P_{disp.}$  na solução do solo [32].

O  $P_{rema}$  e o IQD correlacionaram-se forte e positivamente (Figura 5B). Esses resultados demonstram que possivelmente a correlação positiva foi favorecida pela forte correlação entre o  $P_{rema}$  e a argila (Figura 5B) pois, apesar do  $P_{rema}$  encontrar-se em equilíbrio com a solução do solo, sua concentração varia de acordo com os teores de argila e de matéria orgânica no solo [33].

O ferro correlacionou-se forte e positivamente com o número de folhas e a relação altura da planta e diâmetro do coleto (Figura 5C). O ferro atua na fotossíntese, respiração, fixação de nitrogênio, síntese de DNA e de hormônios [30] e quando presente em elevadas concentrações poderá ocasionar efeitos negativos nas plantas [34].

O fósforo, o magnésio e o manganês apresentaram forte correlação positiva com o pH do substrato (Figura 5C). Os resultados satisfatórios identificados entre essas variáveis possivelmente ocorreram porque a faixa de pH encontrava-se no valor adequado para que a disponibilidade deles às mudas não fosse afetada negativamente.

As fortes correlações positivas foram observadas entre carbono orgânico, a matéria orgânica, o nitrogênio e o potássio (Figura 5C). A matéria orgânica quando mineralizada, além de contribuir na estruturação do solo, disponibiliza nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, dentre eles, o nitrogênio, o fósforo e o potássio [35].

#### 4. CONCLUSÃO

As doses de nitrogênio e fósforo influenciam as características biométricas das mudas de *Euterpe precatoria* Mart.

A adubação com nitrogênio e fósforo em doses crescentes promove um incremento significativo no crescimento, produção de biomassa e teores de nutrientes foliares em mudas de *Euterpe precatoria*.

As doses de 60 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio e 200 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo foram as mais eficientes, proporcionando os melhores resultados para a maioria dos parâmetros estudados.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. Henderson A, Fischer B, Scariot A, Pacheco MAW, Pardini R. Flowering phenology of a palm community in a central Amazon forest. *Biotropica*. 2000 Aug;52(2):149-59. doi: 10.2307/2666506
2. de Oliveira MSP, Müller AA. Seleção de germoplasma de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) visando a produção de palmito. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 1998.
3. Kang J, Thakali KM, Xie C, Kondo M, Tong Y, Ou B, et al. Bioactivities of acai (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. *Food Chem*. 2012 Aug;133:671-7. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.01.048

4. Van BE, Wink M. Phytomedicines, herbal drugs, and poisons. 1. ed. Chicago (US): University of Chicago Press; 2015.
5. Ramos FSL, Dequigiovanni G, Sebbenn AM, Lopes MTG, de Macedo JLV, Veasey EA, et al. Paternity analysis, pollen flow, and spatial genetic structure of a natural population of *Euterpe precatoria* in the Brazilian Amazon. *Amazon Ecol Evol*. 2018 Oct;8(22):11143-57. doi: 10.1002/ece3.4582
6. Martinot JF, Pereira HDS, da Silva SCP. Coletar ou cultivar: As escolhas dos produtores de açaí-da-mata (*Euterpe precatoria*) do Amazonas. *Rev Econ Sociol Rural*. 2017 Out/Dez;55(4):751-66. doi: 10.1590/1234-56781806-94790550408
7. Fernandes MS. Nutrição mineral de plantas. 2. ed. Viçosa (MG): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2006.
8. Miyake RTM, Creste JE, Narita N, Guerra WEX. Substrato e adubação nitrogenada na produção de mudas de maracujazeiro amarelo em condições protegidas. *Collq Agrariae*. 2017 Jan/Abr;13(1):57-65.
9. Silva OMC, Santana LS, Macedo RLG. Influência da adubação mineral no desenvolvimento inicial de *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Agrar Acad*. 2018 Dez;5(10):112-20. doi: 10.18677/Agrarian\_Academy\_2018B11
10. Viégas IJM, Meireles RO, Frazão DAC, da Conceição HEO. Avaliação da fertilidade de Latossolo amarelo de textura média para o cultivo de açaizeiro no estado Pará. *Rev Ciênc Agrár*. 2009 Jun/Dez;10(52):23-36.
11. Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) [Internet]. Análise do tempo e do clima do Acre; 2023 [citado em jan 2019]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/boletinsagro#>
12. Gomes JM, Paiva HN, Viveiros florestais: Propagação sexuada. Viçosa (MG): Editora Universidade Federal de Viçosa; 2012.
13. Butzke AG, de Brito RS, Andrade Neto RC, Lunz AMP, Fiuza SS. Production of single assai palm, *Euterpe precatoria* Mart., seedlings subjected to nitrogen and potassium doses. *Res Agropec*. 2023 Apr/Jun;10(2):1-9. doi: 10.32404/rean.v10i2.7316
14. Silva IF, Silva RDL, Borges LS, Casais LKN, Lima MSS, Nunes KNM, et al. Teor de clorofila e produtividade do jambu sob cultivo hidropônico e solo em diferentes períodos. *Rev Ibero-Am Ciênc Ambient*. 2020 Jun/Jul;11(4):386-94. doi: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0031
15. Zhang HJ, Dong HZ, Li WJ, Zhang DM. Effects of soil salinity and plant density on yield and leaf senescence of field-grown cotton. *J Agron Crop Sci*. 2012 Aug;198(1):27-37. doi: 10.1111/j.1439-037X.2011.00481.x
16. de Almeida UO, Andrade Neto RC, Lunz AMP, Nogueira SR, Costa DA, de Araújo JM. Environment and slow-release fertilizer in the production of *Euterpe precatoria* seedlings. *Revista Pesqui Agropec Trop*. 2018 Oct/Dec;48(4):382-9. doi: 10.1590/1983-40632018v48i4s294
17. Araújo JM, Andrade Neto RC, Oliveira JR, Lunz AMP, Almeida UO. Shading And slow release fertilizer effects on the growth characteristics of assai seedlings (*Euterpe oleracea*). *Floresta Ambient*. 2019 Sep/Nov;26(3):1-10. doi: 10.1590/2179-8087.001918
18. Martuscello JA, Rios JF, Ferreira MR, Assis JA, Braz TGS, Vieira CDNF. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. *Bol Ind Anim*. 2019 Jan/Mai;76(5):1-10. doi: 10.17523/bia.2019.v76.e1441
19. Bezerra JLS, Andrade Neto RC, Lunz AMP, de Araújo CS, de Almeida UO. Fontes e doses de nitrogênio na produção de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart). *Enciclo. biosfera*. 2018 Jul;15(27):29-40. doi: 10.18677/EnciBio\_2018A50
20. Valadares SV, Silva LF, Valadares RV, Fernandes LA, Neves JCL, Sampaio RA. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. *Rev Árvore*. 2015 Mar/Abr;39(2):225-32. doi: 10.1590/0100-67622015000200002
21. Lima LSH, Franco ETH, Schumacher MV. Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. *Ciênc Florest*. 2008 Out/Dez;18(4):461-70. doi: 10.5902/19805098430
22. Sfredo GJ. Calagem e adubação da soja. Londrina (PR): Embrapa Soja; 2008. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 61).
23. Schwerz F, Caron BO, Elli EF, de Oliveira DM, Moneiro GC, de Souza VQ. Avaliação do efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre variáveis morfológicas, interceptação de radiação e produtividade do girassol. *Rev Ceres*. 2016 Mai/Jun;63(3):380-6. doi: 10.1590/0034-737X201663030015
24. Fageria NK, Baligar VC. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv Agron*. 2005 Oct;88:97-185. doi: 10.1016/S0065-2113(05)88004-6
25. Marschner P. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. London: Academic Press; 2012.
26. Mousavi SR, Galavi M, Rezaei M. The interaction of zinc with other elements in plants: a review. *Int J Agric Crop Sci*. 2012 May;4(24):1881-4.
27. Araújo CS, Rufino CPB, Bezerra JLS, Andrade Neto RC, Lunz AMP. Crescimento de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas a diferentes doses de fósforo. *S Am J Basic Edu, Technical and Technological*. 2018;5(1):102-11.

28. Jucoski GO, Cambraia J, Ribeiro R, de Oliveira JA. Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em *Eugenia uniflora* L. Rev Ciênc Agron. 2016 Out/Dez;47(4):720-8. doi: 10.5935/1806-6690.20160086
29. Epstein E, Bloom AJ. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina (PR): Editora Planta; 2006.
30. Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre (MS): Artmed; 2017.
31. Raij BV. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba (SP): Int Plant Nutr Inst; 2011.
32. Novais RF, Smith TJ, Nunes FN. Fósforo. In: Novais RF, Alvares VH, Barros NF, Fontes RBC, Neves JCL. Fertilidade do solo. 1. ed. Viçosa (MG): Soc Bras Ciênc do Solo; 2007. p. 471-550.
33. Rogeri DA, Bortolon L, Gianello C, Amorin MB. Remaning phodphorus contento determine phosphorus availability of the soils in Rio Grande do Sul. Pesqui Agropecu Bras. 2017 Dec;52(12):1203-14. doi: 10.1590/S0100-204X2017001200009
34. Viçelli CA. Guia de deficiências nutricionais em plantas. Toledo (PR): Assoeste; 2017.
35. Lopes AS. Manual internacional de fertilidade do solo. 2. ed. revisada e ampliada. Piracicaba (SP): Potafos; 1998.