



## Teores e retranslocação de nutrientes em bananeira ‘Grande Naine’

Sérgio Luiz Rodrigues DONATO <sup>1</sup>, Joel da Silva de DEUS <sup>\*2</sup>,  
Marcelo Rocha dos SANTOS <sup>1</sup>, Eugenio Ferreira COELHO <sup>3</sup>, Lorrany Dias ROCHA <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, BA, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brasil.

\*E-mail: joeldedeusagro@gmail.com

Submetido: 05/02/2025; Aceito: 23/10/2025; Publicado: 27/11/2025.

**RESUMO:** Objetivou-se comparar teores e taxas de retranslocação de nutrientes nas folhas entre o florescimento e a colheita na bananeira ‘Grande Naine’ submetida a lâminas de irrigação e a diferentes densidades de plantio. Foram dispostos tratamentos em esquema de parcelas subdivididas no tempo, em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo alocadas duas lâminas de irrigação (50% e 100% da evapotranspiração da cultura), nas parcelas, quatro densidades de plantio (2.000, 2.600, 3.200 e 4.000 plantas  $ha^{-1}$ ), nas subparcelas, e dois estádios fenológicos (florescimento e colheita), nas subsubparcelas. B e N foram os nutrientes mais influenciados pelos três fatores estudados, seguidos por P e Mg, enquanto K, Ca, S, Cu, Fe, Mn, Zn e Na variam com os estádios fenológicos. Há acúmulo de nutrientes de baixa mobilidade (Ca, S, Fe, B e Mn) e decréscimo dos de alta mobilidade (P, K e N). A ordem de retranslocação para macronutrientes é P > K > N > Mg > S, para micronutrientes Cu > Zn > Na > Fe > B e negativa para Mn. O aumento da densidade de plantio e/ou a redução da lâmina de irrigação mantêm os teores de nutrientes dentro das faixas adequadas.

**Palavras-chave:** *Musa* AAA; estádios fenológicos; ciclagem bioquímica; densidade de plantio; lâminas de irrigação.

### Nutrient content and retranslocation in ‘Grand Nain’ banana

**ABSTRACT:** This study aimed to compare nutrient contents and retranslocation rates in the leaves of ‘Grande Naine’ banana plants between flowering and harvest, subjected to different irrigation depths and planting densities. A split-split-plot experimental design was used, arranged in randomized blocks with four replications. The treatments consisted of two irrigation depths (50 and 100% of crop evapotranspiration) in the main plots, four planting densities (2,000, 2,600, 3,200, and 4,000 plants  $ha^{-1}$ ) in the subplots, and two phenological stages (flowering and harvest) in the sub-subplots. B and N were the nutrients most influenced by the three studied factors, followed by P and Mg, while K, Ca, S, Cu, Fe, Mn, Zn, and Na varied with the phenological stages. An accumulation was observed for low-mobility nutrients (Ca, S, Fe, B and Mn), and a decrease was observed for high-mobility nutrients (P, K and N). The retranslocation order for macronutrients was P > K > N > Mg > S, and for micronutrients, it was Cu > Zn > Na > Fe > B. Retranslocation was negative for Mn. Increasing the planting density and/or reducing the irrigation depth maintained nutrient contents within adequate ranges.

**Keywords:** *Musa* AAA; phenological stages; biochemical cycling; planting density; irrigation depths.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da ocorrência da murcha de *Fusarium* em bananeiras do tipo Prata (AAB) tem sido associado à variabilidade climática. Isso tem contribuído para o aumento da participação de cultivares tipo Cavendish (AAA), resistentes às raças de *Fusarium* presentes no Brasil, no portfólio de plantio e produção de banana em regiões tradicionalmente produtoras de banana Prata (AAB) sob irrigação, como por exemplo, nas mesorregiões de Bom Jesus da Lapa na Bahia e no norte de Minas Gerais (DONATO et al., 2024). Essa situação também implica mudanças nos sistemas de cultivo por parte dos produtores.

Muitos desses plantios de bananeiras Cavendish utilizam ‘Grande Naine’, ‘Williams’ ou, em menor proporção ‘Jaffa’ com densidades elevadas e colheita programada para a

produção em períodos de melhor preço da fruta (DONATO et al., 2021; 2024). Esses plantios visam a colheita de um ou poucos ciclos e podem ser direcionados, nessas latitudes mais distantes do Equador, para transplante em épocas com aumento do comprimento do dia (fotoperíodo), de modo a reduzir o tempo entre o plantio e a iniciação floral em torno de 35% e 50%, ou seja, encurtando a fase vegetativa média na qual a planta é incapaz de florescer, pois a bananeira é uma planta de dia longo facultativo (TURNER et al., 2014); todavia, essas práticas culturais podem diminuir a quantidade total de folhas emitidas pela planta e, consequentemente, produzir cachos menores, que são proporcionais ao ritmo de emissão foliar e ao número de folhas emitidas na fase vegetativa média (Robinson; Galán Saúco, 2010), porém, são compensados pelo maior número de cachos médios colhidos.

O adensamento de forma geral faculta o uso de irrigação com redução da lâmina aplicada, o que concorre para aumentar a produtividade de frutos, da água de irrigação e diminuir a pegada hídrica, como comprovado com bananeira Prata (Santos et al., 2019; Magalhães et al., 2020; Almeida et al., 2024; Barbosa et al., 2024) e Cavendish (Donato et al., 2024), além de promover um enraizamento mais profundo e extenso (Panigrahi et al., 2021), sendo essa estratégia importante ante a variabilidade climática. Contudo, o adensamento pode aumentar a competição por nutrientes, a princípio, de forma mais acentuada para os nutrientes de maior mobilidade no solo, como N e Ca, e com pouca significância para os nutrientes de baixa mobilidade no solo, como P e Zn (NOVAIS; MELLO, 2007). Essa competição pode alterar os teores e a retranslocação de nutrientes nas folhas da bananeira e pode assumir maior importância com o uso de irrigação com déficit, pois a redução da quantidade de água aplicada interfere no contato do fôr com a raiz.

Os teores de nutrientes nas folhas de bananeira podem variar com a adubação (Marques et al., 2022), o ambiente de cultivo (Rodrigues Filho et al., 2021b), a estação do ano (Guimarães; Deus, 2021), a fertilidade do solo (Santos et al., 2022ab), genótipos, sistemas de irrigação e estádios fenológicos. Diferenças de teores de nutrientes nas folhas entre genótipos (Rodrigues Filho et al., 2021b) podem estar associadas a uma maior eficiência nutricional do Cavendish em relação à bananeira Prata, devido à maior eficiência fotossintética por unidade de folha (Donato et al., 2023) e, provavelmente, à maior eficiência na absorção de macronutrientes e na utilização de micronutrientes.

Embora a taxa de retranslocação de nutrientes seja determinada principalmente pela mobilidade nas plantas, também pode variar conforme a espécie, os genótipos, os ciclos e os órgãos (SANTOS et al., 2020). Na bananeira, a ciclagem bioquímica é representada pela retranlocação de nutrientes das folhas velhas para as novas, do pseudocaule da planta recém-colhida para toda a touceira, via ligação planta-mãe-planta-filha (Donato et al., 2021), ou seja, pela alteração da relação fonte-dreno que vai variar com o ciclo e o estádio fenológico.

A quantificação dos teores e da retranslocação de nutrientes em plantios sob adensamento e irrigação com déficit pode auxiliar no diagnóstico nutricional e na definição da época e da quantidade de nutrientes a aplicar, para aumentar a eficiência nutricional, que, atualmente, assume importância fundamental diante da sobretaxação de preços dos fertilizantes no cenário global. Assim, objetivou-se comparar teores e taxas de retranslocação de nutrientes nas folhas entre o florescimento e a colheita na bananeira 'Grande Naine' submetida a lâminas de irrigação e a diferentes densidades de plantio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Guanambi, BA, Brasil, nas coordenadas de latitude 14°17'38" S, longitude 42°41'43" W e altitude de 537 m. O clima é semiárido, quente e seco, com estação seca bem definida no inverno e período chuvoso entre outubro e março. A precipitação média anual é de 673,6 mm e a temperatura média anual de 26 °C, considerando os últimos 43 anos.

O solo da área classificado originalmente como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, corresponde ao Oxisol; contudo, após correção, com duas décadas de aplicações de fertilizantes orgânicos e químicos e de incorporação de restos de cultivo, a fertilidade foi construída (MARQUES et al., 2022; SANTOS et al., 2022ab). Foram realizadas amostragens do solo da área antes do plantio, no florescimento e na colheita (Tabela 1), cujas determinações analíticas seguiram as metodologias recomendadas por Teixeira et al. (2017).

No experimento foi utilizada a cultivar Grande Naine (AAA) do subgrupo Cavendish. Foram coletadas amostras de solo para caracterização química da área antes do plantio. A área foi subsolada, arada, gradeada e sulcada em sistema de fileiras duplas, com a distância entre elas de 3 m. Foram utilizadas no plantio mudas micropropagadas plantadas nas duas linhas equidistantes de 2 m (fileiras duplas) em quincôncio (triangular), com espaçamento variável conforme as densidades de plantio estabelecidas pelos tratamentos.

A implantação e os tratos culturais seguiram as recomendações para a cultura, conforme Rodrigues et al. (2015). O cultivo foi conduzido em um ciclo de produção, com a filosofia de colheita programada. Foi realizada adubação orgânica e aplicação de sulfato de magnésio, em razão da alta relação K/Mg no solo (0,51), antes do plantio (Tabela 1), e aplicação de micronutrientes por via foliar até o florescimento das plantas.

O sistema de irrigação foi por microaspersão, com emissores de vazão de 107 L h<sup>-1</sup>, sob pressão de 200 kPa; espaçamento de 3,80 m entre emissores e de 5,0 m entre linhas laterais, com sobreposição de área molhada. A água utilizada na irrigação foi derivada do Açude de Ceraíma, classificada como C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> - baixa salinidade e baixa concentração de sódio - segundo a classificação de Ayers & WestCot (BERNARDO et al., 2019).

O manejo da irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ETc), obtida a partir da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) e do coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>). A ET<sub>0</sub> foi determinada indiretamente pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO Boletim 56 de acordo com as variáveis meteorológicas, temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa, radiação solar, velocidade média do vento e de rajadas. Essas variáveis, assim como a precipitação e o déficit de pressão de vapor foram registradas durante o período experimental na estação meteorológica automática (Modelo Vantage Pro Integrated Sensor, fabricado pela Davis Instruments, Wayward, Califórnia, USA), instalada próxima à área de implantação do experimento (Figura 1).

Os valores de K<sub>c</sub> utilizados no cálculo da ETc (Figura 1) durante o manejo da irrigação seguiram a equação ajustada por Borges et al. (2011). De acordo com a equação, os valores de K<sub>c</sub> variaram de aproximadamente 0,60 a 1,40 entre 120 e 300 dias após o transplante, permanecendo em 1,40 até a colheita do primeiro ciclo (DONATO et al., 2024). A lâmina aplicada foi de 100% da ETc até os 120 dias após o transplantio, em todos os tratamentos, quando as variações começaram em função do percentual da ETc. O valor do coeficiente de localização (K<sub>l</sub>), que em irrigação localizada é calculado em função da área sombreada pela planta ou área molhada pelo emissor, prevalecendo o maior valor, foi considerado K<sub>l</sub> igual a um, pois o sistema de irrigação foi dimensionado para molhar em área total, com sobreposição

da área molhada pelos microaspersores, de modo semelhante à irrigação por aspersão.

Os 16 tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas no tempo, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Duas lâminas de irrigação, 50 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) foram alocadas nas parcelas, quatro densidades de plantio,

2.000 (3,0 x 2,0 x 2,0 m), 2.600 (3,0 x 2,0 x 1,5 m), 3.200 (3,0 x 2,0 x 1,25 m) e 4.000 (3,0 x 2,0 x 1,0 m) plantas ha<sup>-1</sup>, nas subparcelas, e, dois estádios fenológicos, florescimento e colheita, nas subsubparcelas. As unidades experimentais foram constituídas por vinte plantas, sendo as seis centrais úteis, com bordadura completa.

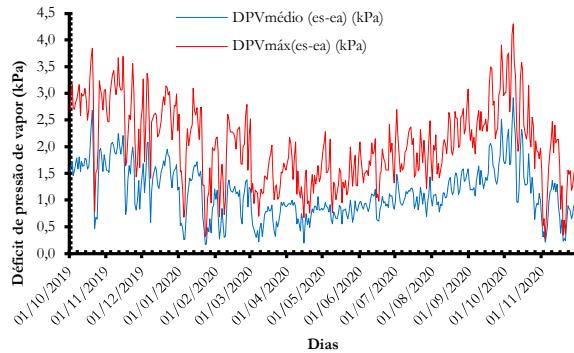
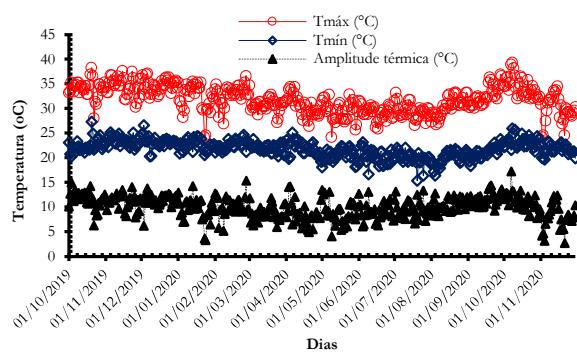
Tabela 1. Atributos químicos do solo amostrado na camada de 0-0,20 m, antes da implantação, no florescimento e na colheita da bananeira 'Grande Naine' irrigada por microaspersão, sob diferentes densidades de plantio (DP) e lâminas de irrigação. Guanambi, BA. 2019-2020.

Table 1. Chemical attributes of the soil sampled in the 0-0.20 m layer before implantation, at flowering and at harvest of the banana 'Grand Nain' irrigated by microsprinkler under different planting densities (DP) and irrigation depths. Guanambi, BA. 2019-2020.

Identif.	pH <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup> g kg <sup>-1</sup>	P <sup>3</sup> mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>3</sup>	Na <sup>3</sup>	Ca <sup>4</sup>	Mg <sup>4</sup>	Al <sup>4</sup>	H+Al <sup>5</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	T	V	m
Blc. 1 Impl.	7,5	2,5	526,3	488	0,1	5,7	2,7	0	0,8	9,7	10,5	92	0
Blc. 2 Impl.	8,0	2,8	617,2	488	0,1	5,5	2,6	0	0,7	9,4	10,1	93	0
Blc. 3 Impl.	7,7	2,4	532,6	574	0,1	5,3	2,6	0	0,8	9,4	10,2	92	0
Blc. 4 Impl.	7,7	2,5	334,4	553	0,1	5,2	2,6	0	0,8	9,3	10,1	92	0
Blc. 1 Florc.	7,4	2,3	358,5	159	0,1	5,3	2,7	0	1,0	8,6	9,6	89	0
Blc. 2 Florc.	7,6	2,7	467,5	230	0,1	5,8	2,6	0	0,9	9,1	10,1	91	0
Blc. 3 Florc.	7,8	1,7	399,6	194	0,2	4,8	2,2	0	0,8	7,7	8,5	90	0
Blc. 4 Florc.	7,5	2,8	375,1	209	0,1	5,9	3,0	0	0,9	9,6	10,5	91	0
Blc. 1 Colh.	7,5	2,8	579,2	344	0,1	5,3	2,3	0	1,7	8,6	10,4	83	0
Blc. 2 Colh.	7,7	2,5	431,3	176	0,2	6,0	2,7	0	1,0	9,2	10,2	90	0
Blc. 3 Colh.	7,4	1,9	228	134	0,1	4,5	2,6	0	0,9	7,6	8,5	89	0
Blc. 4 Colh.	7,2	2,2	449,8	190	0,1	5,6	2,6	0	1,2	8,8	9,9	88	0
Identificação	-	-	-	B <sup>6</sup>	Cu <sup>3</sup>	Fe <sup>3</sup>	Mn <sup>3</sup>	Zn <sup>3</sup>	Prem <sup>7</sup>	CE	-	-	-
										mg L <sup>-1</sup>	ds m <sup>-1</sup>	-	-
Identif.	-	-	-	0,8	1,5	21,3	98,8	53,0	46,2	1,3	-	-	-
Bloco 2 Impl.	-	-	-	0,4	2,2	26,2	136,1	57,0	44,0	1,0	-	-	-
Blc. 1 Impl.	-	-	-	0,3	1,5	16,6	112,8	53,7	46,6	1,5	-	-	-
Blc. 2 Impl.	-	-	-	0,5	1,7	13,9	123,6	43,9	47,0	1,5	-	-	-
Blc. 3 Impl.	-	-	-	0,7	1,6	16,9	108,3	79,0	45,5	0,6	-	-	-
Blc. 4 Impl.	-	-	-	0,9	1,6	16,9	140,7	64,8	36,2	0,7	-	-	-
Blc. 1 Florc.	-	-	-	0,5	1,8	15,9	116,4	80,9	42,2	0,5	-	-	-
Blc. 2 Florc.	-	-	-	0,8	2,8	16,6	144,4	85,1	41,2	0,7	-	-	-
Blc. 3 Florc.	-	-	-	0,6	2,0	15,2	115,6	50,4	43,7	0,9	-	-	-
Blc. 4 Florc.	-	-	-	0,6	1,3	15,7	121,5	52,8	42,8	0,8	-	-	-
Blc. 1 Colh.	-	-	-	0,6	1,2	14,4	106,1	34,0	40,9	0,7	-	-	-
Blc. 2 Colh.	-	-	-	0,7	2,1	15,3	117,7	52,6	44,3	0,7	-	-	-

Blc.: bloco; Impl.: amostragem realizada antes da implantação da cultura; Florc.: amostragem no florescimento; Colh.: amostragem na colheita da cultura. <sup>1</sup>pH em água; <sup>2</sup>/Colorimetria; <sup>3</sup>/Extrator: Mehlich-1; <sup>4</sup>/Extrator: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>/pH SMP; <sup>6</sup>/Extrator: CaCl<sub>2</sub>; <sup>7</sup>/Extrator: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 500 mg L<sup>-1</sup> de P em HOAc 2 mol L<sup>-1</sup>; Solução de equilíbrio de P; SB, Soma de bases; t, CTC efetiva = SB; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; P-rem, Fósforo remanescente; CE, Condutividade elétrica. mg dm<sup>-3</sup> = ppm; cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> = meq 100 cm<sup>-3</sup>.

Blc.: block; Impl.: sampling performed before crop establishment; Florc.: sampling at flowering; Colh.: sampling at crop harvest. <sup>1</sup>/pH in water; <sup>2</sup>/Colorimetry; <sup>3</sup>/Extrator: Mehlich-1; <sup>4</sup>/Extrator: 1 mol L<sup>-1</sup> KCl; <sup>5</sup>/pH SMP; <sup>6</sup>/Extrator: CaCl<sub>2</sub>; <sup>7</sup>/Extrator: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 500 mg L<sup>-1</sup> of P in 2 mol L<sup>-1</sup> HOAc; P equilibrium solution; SB, Sum of bases; t, Effective CEC = SB; T, CEC at pH 7; V, Base saturation; m, Aluminum saturation; P-rem, Remaining phosphorus; CE, Electrical conductivity. mg dm<sup>-3</sup> = ppm; cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> = meq 100 cm<sup>-3</sup>.



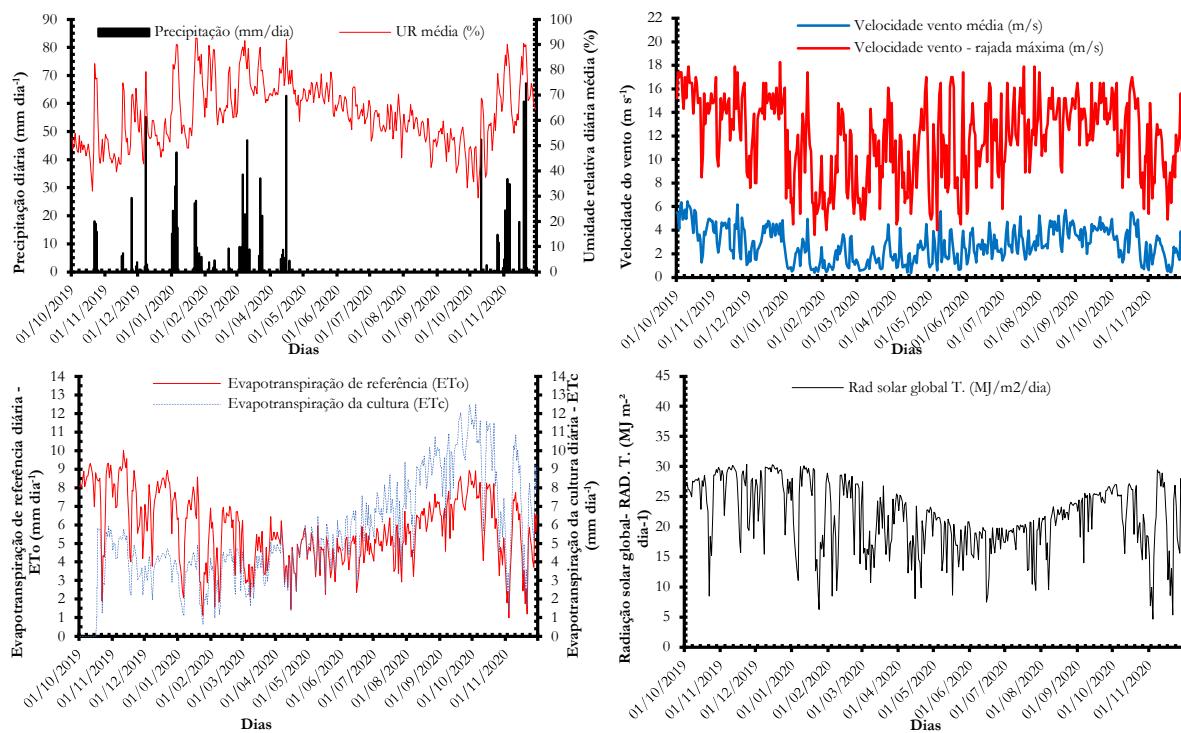


Figura 1. Temperatura máxima ( $T_{\text{máx}}$ ) e mínima ( $T_{\text{mín}}$ ), amplitude térmica, precipitação (P), umidade relativa média (UR), evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), déficit de pressão de vapor máximo (DPV<sub>máx</sub>) e médio (DPV<sub>médio</sub>), velocidade do vento média (V<sub>vento</sub>média) e de rajada (V<sub>rajada</sub>máxima) e radiação solar global (Rad. T) durante o período experimental. Guanambi, BA, 01/10/2019-30/11/2020. Fonte: Estação meteorológica automática – IFBaiano, Campus Guanambi.

Figure 1. Maximum ( $T_{\text{max}}$ ) and minimum ( $T_{\text{min}}$ ) temperature, thermal amplitude, precipitation (P), average relative humidity (RH), reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>), Crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), maximum (DPV<sub>max</sub>) and average (DPV<sub>average</sub>) vapor pressure deficit, average wind speed (V<sub>vento</sub>mean), gust (V<sub>gustmaxima</sub>) and Global Solar radiation (Rad. T) during the experimental period. Guanambi, BA, 10/01/2019-11/30/2020. Source: Automatic weather station – IFBaiano, Guanambi Campus.

Foram realizadas amostragens de folhas nas épocas de florescimento e de colheita, em repetições para cada tratamento. Coletaram-se amostras simples de folha das seis plantas úteis de cada parcela para compor as amostras compostas. Cada amostra simples foi constituída pela metade interna da faixa central da lâmina foliar, sem a nervura central, com largura de 10 a 15 cm, retirada em ambos os semilímbos. As amostras compostas de cada repetição foram colocadas em sacos de papel, etiquetadas, enviadas ao Laboratório de Solos da EPAMIG Norte para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S ( $\text{g kg}^{-1}$ ), e, de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Foram calculadas também as taxas de retranslocação de nutrientes, ou seja, a magnitude da ciclagem bioquímica desses nutrientes, nas folhas da bananeira 'Grande-Naine'. Para tanto, utilizou-se o cálcio como marcador, por ser um nutriente praticamente imóvel no floema e por poder servir de referência (VIEIRA; SCHUMACHER, 2009). As taxas foram estimadas com o uso da Equação 1, adaptada por Chuyong, Newberry e Songwe (2000), conforme utilizada por Santos et al. (2020).

$$\text{NutRe} = 1 - [(\text{Nut}/\text{Ca}_{\text{folhasenescente}}) \div (\text{Nut}/\text{Ca}_{\text{folhanova}})] \times 100 \quad (01)$$

em que: NutRe = nutriente retranslocado, em %; Nut/ Ca<sub>folhas velhas ou senescentes</sub> = relação entre os teores foliares dos nutrientes em avaliação e o teor de Ca nas folhas senescentes; no presente trabalho as folhas senescentes ou velhas, correspondem à terceira folha amostrada na época da colheita dos cachos; Nut/ Ca<sub>folhas novas</sub> = relação entre os teores foliares dos nutrientes em avaliação e o teor de Ca, nas folhas novas. No presente trabalho, as folhas novas

correspondem à terceira folha amostrada na época da emergência da inflorescência.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e de homocedasticidade e à análise de variância. As interações significativas foram desdobradas e ajustados modelos de regressão para as densidades de plantio dentro das lâminas de irrigação e para as épocas de avaliação e teste F ( $p \leq 0,05$ ) para comparação das médias entre estádios fenológicos dentro das lâminas de irrigação e entre densidades de plantio e para os efeitos independentes de lâminas de irrigação e de estádios fenológicos. A escolha dos modelos considerou a significância dos coeficientes *beta* pelo teste *t*; a magnitude do coeficiente de determinação; a menor diferença entre o  $R^2$  e o  $R^2$  ajustado; e a adequação do modelo ao fenômeno biológico estudado. Para a análise estatística, utilizou-se o software SAEG (Sistema de Análise Estatística), versão 9.0, da Universidade Federal de Viçosa. Para comparar as taxas de retranslocação entre nutrientes, utilizou-se a estatística descritiva da porcentagem.

### 3. RESULTADOS

Da análise da Tabela 2, verifica-se que os teores de N e B nas folhas da bananeira 'Grande Naine' foram influenciados pela interação entre os fatores lâminas de irrigação, densidades de plantio e estádios fenológicos; P e B pela interação entre lâminas de irrigação e estádios fenológicos; e B também pela interação entre densidades de plantio e estádios fenológicos. Os teores de B, P e Mg variaram de forma independente com as lâminas de irrigação aplicadas, os de B também com as densidades de plantio e os teores de

todos os nutrientes N, P, K, Mg, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na variaram com os estádios fenológicos independente das lâminas de irrigação e densidades de plantio.

Os coeficientes de variação (CV) dos macronutrientes foram inferiores a 10,00%, considerados baixos, exceto Ca e S, com 13,45% e 10,92%, respectivamente. Contudo, a variabilidade foi maior para os micronutrientes com valores menores que 20,00% para Cu e Na e maiores para B, Fe, Mn e Zn. Valores elevados de CVs para teores de micronutrientes nas folhas, como os registrados para Zn (41,40%), Mn

(38,01%) e Fe (36,61), são comuns e associados à complexidade de sua dinâmica no sistema solo-planta (RODRIGUES FILHO et al., 2021a, 2021b). Valores mais elevados de pH, como no solo do presente estudo, reduzem a disponibilidade de cátions metálicos, como Fe, Mn e Zn, devido à formação de complexos de esfera interna com alta energia de adsorção, limitando sua absorção pelas plantas e seus teores nos tecidos, o que contribui para o aumento da variabilidade, como comprovado por Santos et al. (2025).

Tabela 2. Análise de variância com os respectivos quadrados médios, médias e coeficientes de variação dos teores foliares de nutrientes e de sódio, mensurados nos estádios fenológicos de florescimento e colheita da bananeira 'Grande Naine', submetida a diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Guanambi, BA, 2019-2020.

Table 2. Analysis of variance with the respective mean squares, means, and coefficients of variation of leaf nutrient and sodium contents measured at phenological stages of flowering and harvest of the 'Grand Nain' banana subjected to different irrigation depths and planting densities. Guanambi, BA, 2019-2020.

FV	GL	Quadrado médio					
		N	P	K	Mg	Ca	S
Blocos	3	1,3105	0,0543	7,4185	0,3375	2,5595	0,0659
LI	1	2,7639 <sup>ns</sup>	0,0756 <sup>**</sup>	12,4256 <sup>ns</sup>	0,3306 <sup>**</sup>	3,8025 <sup>ns</sup>	0,1701 <sup>ns</sup>
Erro A	3	2,4264	0,0068	6,8968	0,0422	3,9879	0,0980
DP	3	2,3868 <sup>ns</sup>	0,0110 <sup>ns</sup>	3,0427 <sup>ns</sup>	0,3554 <sup>ns</sup>	2,2687 <sup>ns</sup>	0,0059 <sup>ns</sup>
DP*LI	3	1,8301 <sup>ns</sup>	0,0260 <sup>ns</sup>	0,7152 <sup>ns</sup>	0,0685 <sup>ns</sup>	0,8220 <sup>ns</sup>	0,0022 <sup>ns</sup>
Erro B	18	2,5346	0,0099	1,6018	0,1453	2,6956	0,1498
EF	1	23,1601 <sup>**</sup>	4,6225 <sup>**</sup>	862,8906 <sup>**</sup>	1,2656 <sup>**</sup>	1173,06 <sup>**</sup>	26,393 <sup>**</sup>
EF*LI	1	0,0126 <sup>ns</sup>	0,1225 <sup>**</sup>	0,0506 <sup>ns</sup>	0,1600 <sup>ns</sup>	7,8400 <sup>ns</sup>	0,2376 <sup>ns</sup>
EF*DP	3	0,6705 <sup>ns</sup>	0,0254 <sup>ns</sup>	7,4352 <sup>ns</sup>	0,1235 <sup>ns</sup>	0,7537 <sup>ns</sup>	0,1443 <sup>ns</sup>
EF*DP*LI	3	6,9489 <sup>**</sup>	0,0220 <sup>ns</sup>	2,0660 <sup>ns</sup>	0,0079 <sup>ns</sup>	2,4904 <sup>ns</sup>	0,0605 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	2,1418	0,0171	3,8702	0,1033	2,6610	0,0999
Total	63	-	-	-	-	-	-
Média (g kg <sup>-1</sup> )		25,78	2,07	33,47	3,51	12,12	2,83
CV (%)		5,67	6,32	5,87	9,13	13,45	10,92
FV	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	-
Blocos	4,5094	4,8438	2377,7120	8656,9220	52,0735	16,1190	-
LI	351,42190 <sup>**</sup>	0,26266 <sup>ns</sup>	2478,1730 <sup>ns</sup>	2555,6820 <sup>ns</sup>	127,4923 <sup>ns</sup>	3,51094 <sup>ns</sup>	-
Erro A	11,74648	0,41510	1136,6340	15053,9200	54,3555	9,0962	-
DP	45,55344 <sup>**</sup>	1,51804 <sup>ns</sup>	2250,1890 <sup>ns</sup>	4296,3180 <sup>ns</sup>	48,1086 <sup>ns</sup>	3,6890 <sup>ns</sup>	-
DP*LI	13,67518 <sup>ns</sup>	2,21374 <sup>ns</sup>	510,1997 <sup>ns</sup>	79,3367 <sup>ns</sup>	53,5890 <sup>ns</sup>	17,0410 <sup>ns</sup>	-
Erro B	10,31417	1,74302	1062,7650	2148,7360	42,5029	9,1817	-
EF	397,7532 <sup>**</sup>	180,2978 <sup>**</sup>	10972,82 <sup>**</sup>	278975,4 <sup>**</sup>	302,8905 <sup>**</sup>	195,40550 <sup>**</sup>	-
EF*LI	87,8203 <sup>**</sup>	0,9168 <sup>ns</sup>	486,0371 <sup>ns</sup>	1145,23000 <sup>ns</sup>	36,61763 <sup>ns</sup>	19,59169 <sup>ns</sup>	-
EF*DP	87,8158 <sup>**</sup>	0,3802 <sup>ns</sup>	1644,1680 <sup>ns</sup>	2622,66400 <sup>ns</sup>	70,24241 <sup>ns</sup>	7,24619 <sup>ns</sup>	-
EF*DP*LI	76,1093 <sup>**</sup>	0,6900 <sup>ns</sup>	720,2728 <sup>ns</sup>	64,2044 <sup>ns</sup>	34,4611 <sup>ns</sup>	25,6269 <sup>ns</sup>	-
Resíduo	14,3493	1,1236	1229,9260	2527,8980	53,2715	11,1071	-
Total	-	-	-	-	-	-	-
Média (mg kg <sup>-1</sup> )	18,83	8,51	95,77	132,25	17,63	26,81	-
CV (%)	20,11	12,45	36,61	38,01	41,40	12,43	-

Nota: FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; LI: lâminas de irrigação; DP: densidades de plantio; EF: estádios fenológicos; CV: coeficiente de variação; ns=não significativo, \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% pelo teste F.

Os resultados evidenciam maior influência dos fatores estudados por interação ou de forma independente nos teores de B e N nas folhas da bananeira 'Grande Naine' seguidos de P e Mg, enquanto os teores de K, Ca, S, Cu, Fe, Mn, Zn e Na variaram somente com os estádios fenológicos. Quanto aos nutrientes influenciados por diferentes fatores, a discussão centra-se nas interações entre esses fatores.

Em função das interações registradas entre os três fatores estudados para os teores de N e B nas folhas da bananeira 'Grande Naine' (Tabela 2), optou-se por apresentar o desdobramento com a comparação das médias pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) para os estádios fenológicos dentro de lâminas de irrigação e densidade de plantio, e, ajustes de regressão para

as densidades de plantios dentro lâminas de irrigação e estádios fenológicos (Tabela 3). Para a lâmina de 50% ETc, os teores de N na bananeira 'Grande Naine' foram maiores na época do florescimento, em folhas mais jovens, do que na colheita, em folhas velhas, para as densidades de plantio de 2.000 e 2.667 plantas ha<sup>-1</sup> e similares nas demais densidades, enquanto, com 100% ETc, isso ocorreu para todas as densidades de plantio. Referente aos estádios fenológicos, com exceção do florescimento, na densidade de 4.000 plantas ha<sup>-1</sup>, os teores de N foram maiores na lâmina de 50% ETc do que na de 100% ETc; em todas as outras combinações de densidade de plantio e estádios fenológicos, os teores foram similares entre as lâminas de irrigação.

Para a lâmina de 50% ETc os teores de B na bananeira 'Grande Naine' foram maiores na época da colheita que no florescimento para densidades de plantio de 2.000, 2.667 e 4.000 plantas  $ha^{-1}$  e similares com 3.200 plantas  $ha^{-1}$ , enquanto com 100% ETc os teores foram maiores nas densidades de 2.000, 2.667 e 3.200 plantas  $ha^{-1}$  e similares com 4.000 plantas  $ha^{-1}$ . Quanto aos estádios fenológicos, no florescimento, para as densidades de 2.000 e 4.000 plantas  $ha^{-1}$ , os teores de B foram maiores nas lâminas de 100% ETc do que em 50% ETc, enquanto, com 2.667 e 3.200 plantas  $ha^{-1}$ , nas amostragens no florescimento e na colheita, os teores foram similares entre as lâminas de irrigação.

Os teores de N na bananeira 'Grande Naine' para as densidades de plantio dentro lâminas de irrigação e estádios fenológicos possibilitaram o ajuste de equações de regressão linear para lâminas de irrigação 50% ETc na colheita e 100% ETc no florescimento com incrementos, respectivamente, de

0,000961 g  $kg^{-1}$  e 0,001179 g  $kg^{-1}$  de N para cada planta adicionada ao estande entre 2.000 e 4.000 plantas  $ha^{-1}$ .

Os teores de B na bananeira 'Grande Naine' para as densidades de plantio dentro das lâminas de irrigação e os estádios fenológicos possibilitaram o ajuste de uma equação de regressão quadrática para a lâmina de irrigação 100% ETc no florescimento, com teor mínimo de B de 11,72 mg  $kg^{-1}$  e 3.146 plantas  $ha^{-1}$ .

Para lâminas de irrigação 50% ETc no florescimento e na colheita e 100% ETc na colheita, não se ajustaram modelos de regressão; as médias foram, respectivamente, 12,83, 20,16 e 22,50 mg  $kg^{-1}$ . A interação entre lâminas de irrigação e estádios fenológicos mostra maiores teores de P nas folhas da bananeira 'Grande Naine' na época do florescimento do que na colheita, em ambas as lâminas de irrigação, e, no florescimento, valores mais elevados na lâmina 100% ETc (Tabela 4A).

Tabela 3. Médias e equações de regressão ajustadas para os teores de N e B nas folhas da bananeira 'Grande Naine' em função da interação entre os fatores lâminas de irrigação, densidades de plantio e estádios fenológicos. Guanambi, BA, 2019-2020.

Table 3. Means and regression equations adjusted for N and B contents in 'Grand Nain' banana leaves as a function of the interaction between the factors irrigation depths, planting densities and phenological stages. Guanambi, BA, 2019-2020.

Nutriente	Densidades de plantio (plantas $ha^{-1}$ )									
	2.000					2.667				
	Estádios fenológicos					3.200				
Nutriente	LI	F	C	F	C	F	C	F	C	
N (g $kg^{-1}$ )	50%ETc	26,70Aa	24,82Ab	27,22Aa	24,37Ab	25,27Aa	25,17Aa	25,55Ba	26,05Aa	
	100%ETc	25,80Aa	24,87Aa	25,52Aa	25,65Aa	27,10Aa	25,27Aa	27,87Aa	25,80Aa	
B (mg $kg^{-1}$ )	50%ETc	13,52Bb	21,65Aa	11,38Ab	22,37Aa	13,52Aa	17,59Aa	12,87Bb	19,03Aa	
	100%ETc	26,72Aa	20,35Ab	16,54Ab	27,36Aa	13,01Ab	22,04Aa	23,15Aa	20,22Aa	
Nutriente	Equação					R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	Inc.	P. min.	
	$\bar{N}_{(50\%ETc \text{ colheita})} = 22,105823 + 0,000961 * DP$					-	-	(g $kg^{-1} pl^{-1}$ )	Y	X
N	$\bar{N}_{(50\%ETc \text{ Florescimento})} = 26,58 \pm 2,17$					0,93	0,90	0,000961	-	-
	$\bar{N}_{(100\%ETc \text{ Florescimento})} = 23,078631 + 0,001179 * DP$					0,81	0,71	0,001179	-	-
	$\bar{N}_{(100\%ETc \text{ colheita})} = 25,40 \pm 1,06$					-	-	-	-	-
B	$\bar{B}_{(50\%ETc \text{ Florescimento})} = 12,83 \pm 2,34$					-	-	-	-	-
	$\bar{B}_{(50\%ETc \text{ colheita})} = 20,16 \pm 3,14$					-	-	-	-	-
	$\bar{B}_{(100\%ETc \text{ Florescimento})} = 120,602069 - 0,069216 * DP + 0,000011 * DP^2$					0,98	0,96	-	11,72	3,146
	$\bar{B}_{(100\%ETc \text{ Colheita})} = 22,50 \pm 4,12$					-	-	-	-	-

LI: lâminas de irrigação; F: florescimento; C: colheita; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; R<sup>2</sup><sub>aj</sub>: coeficiente de determinação ajustado; Inc: incremento; P:min: ponto de mínimo. Médias seguidas por letras maiúsculas iguais nas colunas para lâminas de irrigação e minúsculas iguais nas linhas para estádios fenológicos não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de significância. \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste t.

Tabela 4. Teores de nutrientes e de sódio nas folhas, mensurados nos estádios fenológicos de florescimento e na colheita da bananeira 'Grande Naine', submetida a diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Guanambi, BA, 2019-2020.

Table 4. Nutrient and sodium content in the leaves were measured at phenological stages of flowering and harvest of the 'Grand Nain' banana subjected to different irrigation depths and planting densities. Guanambi, BA, 2019-2020.

LI	A					B				
	P (g $kg^{-1}$ )					Mg (g $kg^{-1}$ )				
	Estádios fenológicos					Colheita				
	Florescimento					Colheita				
50% ETc	2,26Ba					1,81Ab				
100% ETc	2,41Aa					1,79Ab				
C										
K	Mg	Ca	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Na		
$g kg^{-1}$										
EF	37,14A	3,37B	7,84B	2,25B	10,19 A	82,68B	66,22B	19,80A	25,06B	
F	29,80B	3,65A	16,40A	3,53A	6,83 B	108,87A	198,27A	15,45B	28,55A	

Nota: A - Teores de P em função da interação entre lâminas de irrigação e estádios fenológicos; B - Teores de Mg em função das lâminas de irrigação; C - Teores de K, Mg, Ca, S, Cu, Fe, Mn, Zn e Na em função dos estádios fenológicos. LI: lâminas de irrigação; EF: estádios fenológicos; F: florescimento; C: colheita. A - Médias de P seguidas por letras maiúsculas iguais nas colunas para lâminas de irrigação e minúsculas iguais nas linhas para estádios fenológicos não diferem estatisticamente pelo teste de F a 5% de significância. B - Médias de Mg seguidas por letras maiúsculas iguais nas colunas para lâminas de irrigação não diferem estatisticamente pelo teste de F a 5% de significância; C - Médias seguidas por letras maiúsculas iguais nas colunas para estádios fenológicos não diferem estatisticamente pelo teste de F a 5% de significância.

Para Mg, a despeito da análise de variância indicar influência das lâminas de irrigação (Tabela 2), os teores foram similares em ambas as lâminas (Tabela 4B), com média de 3,55 g kg<sup>-1</sup>. Quanto aos estádios fenológicos, os teores de K, Cu e Zn nas folhas da bananeira 'Grande Naine' foram maiores na época do florescimento comparada à época da colheita, enquanto os teores Mg, Ca, S, Fe, Mn e Na foram mais elevados na época da colheita, independentemente das lâminas de irrigação e densidades de plantio utilizadas (Tabela 4C).

Os teores de nutrientes observados no florescimento da bananeira 'Grande Naine' nesse trabalho são: para K, suficientes (Rodrigues Filho et al., 2021a; Teixeira et al., 2022); para Mg e Ca, suficiente (Teixeira et al., 2022) e alto (Rodrigues Filho et al., 2021a); para S, Cu, Fe e Zn, suficientes (Teixeira et al., 2022) e excessivos (Rodrigues Filho et al., 2021a); para Mn abaixo da faixa adequada (Teixeira et al., 2022) e excessivo (Rodrigues Filho et al., 2021a). Essas interpretações (Rodrigues Filho et al., 2021a; Teixeira et al., 2022) diferem em função do método utilizado

(Santos et al., 2022a, b) e das condições ambientais, do solo e do clima em que os valores de referência foram ajustados, pois as normas não são universais (RODRIGUES FILHO et al., 2021b).

A ordem das taxas médias de retranslocação entre o florescimento e a colheita para os macronutrientes nas folhas da bananeira 'Grande Naine' foi P > K > N > Mg > S, e, para micronutrientes e Na, Cu > Zn > Na > Fe > B e negativa para Mn (Tabela 5).

De forma geral, as médias das taxas de retranslocação de nutrientes foram ligeiramente maiores com a lâmina de irrigação ETc 100% do que com ETc 50%, com exceção de Fe e Mn. Já entre as densidades de plantio, o padrão foi muito aleatório, embora, para a maioria dos nutrientes, os valores fossem maiores nas densidades de plantio menores (2.000 plantas ha<sup>-1</sup>) e maiores (4.000 plantas ha<sup>-1</sup>) do que nas densidades intermediárias. De forma ampla Cu, P e K foram os nutrientes com as maiores taxas de retranslocação, enquanto Mn mostrou efeito cumulativo com taxa negativa.

Tabela 5. Taxas de retranslocação de nutrientes e de sódio mensuradas entre os estádios fenológicos de florescimento e de colheita nas folhas de bananeira 'Grande Naine' submetidas a diferentes lâminas de irrigação e densidades de plantio. Guanambi, BA, 2019-2020.

	Lâminas de irrigação										
	50% ETc					100% ETc					Média
	Densidades de plantio (plantas ha <sup>-1</sup> )										
	2.000	2.667	3.200	4.000	2.000	2.667	3.200	4.000	Média	DP	CV (%)
TRN	57,66	48,55	45,86	52,55	53,72	55,07	57,82	57,66	53,61	4,46	8,33
TRP	62,54	50,18	56,4	64,74	62,24	67,00	67,35	66,48	62,12	6,01	9,67
TRK	59,37	54,12	55,05	64,22	60,89	66,04	61,82	63,44	60,62	4,25	7,02
TRMg	53,41	39,42	45,8	48,02	49,36	49,08	51,35	47,74	48,02	4,18	8,7
TRS (%)	29,38	20,52	15,25	24,68	23,06	32,37	15,42	30,06	23,84	6,54	27,41
TRB	23,2	-15,16	31,03	31,52	60,06	25,26	23,25	58,36	29,69	23,49	79,13
TRCu	70,74	65,75	62,04	67,88	66,31	68,99	70,18	66,7	67,32	2,79	4,15
TRFe	52,45	5,42	24,34	48,14	34,49	34,13	12,4	47,96	32,42	17,29	53,33
TRMn	-26,47	-115,18	-65,61	-23,67	-34,66	-36,79	-38,87	-22,63	-45,48	31,3	-68,82
TRZn	50,1	57,61	52,04	65,31	60	66,81	57,61	59,28	58,6	5,76	9,83
TRNa	44,93	36,59	35,31	50,88	52,58	45,45	38,43	38,85	42,88	6,57	15,31
Média	TRN	TRP	TRK	TRMg	TRS	TRB	TRCu	TRFe	TRMn	TRZn	TRNa
LI	50%ETc	51,15	58,46	58,19	46,66	22,46	17,65	66,60	32,59	-57,73	56,27
	100%ETc	56,07	65,77	63,05	49,38	25,23	41,73	68,04	32,24	-33,24	60,93
DP	2.000	55,69	62,39	60,13	51,39	26,22	41,63	68,52	43,47	-30,57	55,05
	2.667	51,81	58,59	60,08	44,25	26,44	5,05	67,37	19,77	-75,98	62,21
	3.200	51,84	61,87	58,44	48,58	15,34	27,14	66,11	18,37	-52,24	54,83
	4.000	55,11	65,61	63,83	47,88	27,37	44,94	67,29	48,05	-23,15	62,29

Nota: LI: lâmina de irrigação; DP: densidade de plantio; TR: taxas de translocação de nutrientes e de sódio.

#### 4. DISCUSSÃO

Maiores teores de N na época do florescimento, em comparação à colheita (Tabela 3), são justificados pela alta mobilidade do nutriente na planta, o que sugere translocação para os frutos durante o crescimento desses e redução dos teores nas folhas. Isso foi notório com 50% ETc, enquanto, a 100% da ETc, a similaridade entre estádios fenológicos é explicada pelo aumento da lâmina, o que influencia um maior fluxo de massa, que é o contato solo-planta preferencial para N (Novais; Mello, 2007) e, consequentemente, sugere maior manutenção da taxa de absorção pela planta até a colheita. Por outro lado, para o B, os maiores teores na época da colheita, em comparação com o florescimento, atestam sua

baixa mobilidade na planta, o que ocorreu em ambas as lâminas. O transporte solo-raiz preferencial por fluxo de massa justifica os casos com valores maiores na lâmina 100% ETc, em comparação com 50% ETc, particularmente no florescimento, em que o teor de nutriente na folha é determinado mais pela absorção do que pela translocação.

Referente aos incrementos nos teores de N para as densidades de plantios dentro lâminas de irrigação e estádios fenológicos, ajustados nas equações de regressão linear para lâmina de irrigação 50% ETc na colheita e 100% ETc no florescimento, está em acordo com Novais; Mello (2007) ao argumentarem que o aumento da densidade de plantio ou população de plantas aumenta inicialmente muito mais a

competição por nutrientes com alta mobilidade e transporte no solo preferencialmente por fluxo de massa, caso do N.

O maior incremento nos teores a 100% ETc no florescimento justifica-se pelo maior aporte de água, o que favorece o fluxo de massa, principalmente no florescimento, em que o teor de nutriente na folha é determinado mais pela absorção do que pela translocação. Para lâminas de irrigação 50% ETc no florescimento e 100% ETc na colheita que não se ajustaram a modelos de regressão, as médias estão dentro da faixa de suficiência (Teixeira et al., 2022), tendência ao excesso e excessivo (RODRIGUES FILHO et al., 2021a).

No que concerne aos teores de B para as densidades de plantio em lâminas de irrigação e estádios fenológicos, ajustados pela equação de regressão quadrática para lâmina de irrigação 100% ETc no florescimento, o valor é considerado suficiente (RODRIGUES FILHO et al., 2021; TEIXEIRA et al., 2022). Já para as lâminas de irrigação de 50% ETc no florescimento e na colheita e 100% ETc na colheita, as médias evidenciam acúmulo do nutriente com o aumento da lâmina de irrigação, justificado também pela baixa mobilidade na planta com maior concentração na colheita, contudo, valores suficientes (Teixeira et al., 2022), suficiente e excessivos (Rodrigues Filho et al., 2021a), a despeito dos teores no solo, média de 0,50 mg dm<sup>-3</sup> antes do plantio (Tabela 1), serem considerados médios (ALVAREZ et al., 1999). Entretanto, foi aplicado ácido bórico por via foliar até o florescimento das plantas.

Maiores teores de P encontrados nas folhas da bananeira 'Grande Naine' na época do florescimento que na colheita em ambas as lâminas de irrigação e no florescimento sob a lâmina 100% ETc (Tabela 4A) é justificado pela alta mobilidade desse elemento na planta, evidenciado pelos menores valores na época da colheita por translocação para o crescimento dos frutos, dreno principal neste momento. Os maiores valores com 100% ETc se baseiam no maior aporte hídrico, o que aumenta o fluxo difusivo do nutriente e, consequentemente, a absorção pela planta. Contudo, isso não afeta a época da colheita, pois a translocação predomina sobre a absorção de nutrientes de alta mobilidade pela planta.

Os valores de P observados na época do florescimento em ambas as lâminas de irrigação são considerados bem acima da faixa de suficiência (Teixeira et al., 2022) ou excessivos (Rodrigues Filho et al., 2021a) e, na colheita, adequados (Teixeira et al., 2022) ou elevados (RODRIGUES FILHO et al., 2021a). Mesmo com a alta translocação característica do nutriente e com menor suprimento hídrico, os teores nas folhas são elevados, o que caracteriza consumo de luxo, independentemente da densidade de plantio utilizada. Isso é explicado pelos elevados teores de P (Silva, 2015) no solo 502,63 mg dm<sup>-3</sup> antes da implantação (Tabela 1) e pela ausência ou pequena competição que somente ocorre em populações de plantas muito elevadas para nutrientes de baixa mobilidade no solo como P e Zn que tem o transporte no solo preferencial por difusão cuja força motriz é a diferença de concentração (NOVAIS; MELLO, 2007).

A respeito do Mg, os teores encontrados (Tabela 4B) são adequados para bananeira (2,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>), de acordo com Teixeira et al. (2022), ou tendem a excesso, em relação às faixas ajustadas por Rodrigues Filho et al. (2021a) por diferentes métodos (3,1 a 4,4 g kg<sup>-1</sup>) para bananeira 'Grande Naine'. Os valores altos nas folhas, mesmo com lâminas de 50% ETc, justificam-se pelos elevados teores no solo, com média de 2,60 cmolc dm<sup>-3</sup>, muito bons, acima de 1,5 mg dm<sup>-3</sup>

<sup>3</sup> (Álvarez et al., 1999), considerando as amostragens antes do plantio, no florescimento e na colheita (Tabela 1), além da adubação com magnésio, conforme informado na metodologia.

Para os teores de K, Cu e Zn nas folhas da bananeira 'Grande Naine', maiores na época do florescimento, enquanto os teores de Mg, Ca, S, Fe, Mn e Na, mais elevados na época da colheita (Tabela 4C), é justificado pelos teores no solo e a mobilidade dos nutrientes na planta como observados em outras espécies como a gravoleira (MARQUES et al., 2018).

Os teores de nutrientes nas folhas, suficientes, altos ou excessivos na época do florescimento, são explicados pelos teores no solo antes da implantação do cultivo (Tabela 1). De acordo com Alvarez et al. (1999) os teores de K, 525,75 mg dm<sup>-3</sup> e Ca, 5,43 cmolc dm<sup>-3</sup> são considerados muito bons; os de Zn, 51,9 mg dm<sup>-3</sup> e Mn, 117,83 mg dm<sup>-3</sup>, altos; o de Fe, 19,5 mg dm<sup>-3</sup>, médio; e de Cu, 1,73 mg dm<sup>-3</sup>, bom.

A despeito disso, os teores de Mn na folha classificado como abaixo da faixa de suficiência (Teixeira et al., 2022) corroboram os resultados de Marques et al. (2022) na mesma área que verificaram que alta fertilidade do solo e as aplicações de esterco e pó de rocha não são suficientes para manter os níveis adequados de Mn na bananeira Prata-Anã. Isso é justificado, pois a disponibilidade de micronutrientes no solo é afetada pelo pH, teor de matéria orgânica, teor de argila, material de origem, e, especificamente para Fe e Mn, pelo efeito indireto do potencial de redução, que podem interferir no contato íon-raiz, afetando o teor de micronutrientes nas folhas da bananeira como observado por Rodrigues Filho et al. (2021b). Principalmente para o Mn, o pH do solo de 7,7 antes da implantação e 7,5 considerando as três épocas de amostragem (Tabela 1) afeta sobremaneira a sua disponibilidade, pois o pH é considerado o fator que mais influencia a sua disponibilidade para as plantas, com diminuição cerca de 100 vezes a sua concentração na solução do solo com a elevação de uma unidade no pH do solo, como comprovado (SILVA et al., 2016).

De acordo a ordem de retranslocação, as maiores taxas, de forma geral, para os nutrientes Cu, P e K, e cumulativo com taxa negativa para o Mn (Tabela 5), concordam com Marques et al. (2018). Essa ordem reflete a mobilidade de cada nutriente na planta. De toda forma, pode haver pequena variação na taxa de retranslocação; por exemplo, como relatado por Donato et al. (2021), o macronutriente com maior taxa de retranslocação em bananeira 'Prata-Anã' foi K (58,57%), seguido de N (55,26%), P (53,89%) e Mg (39,29%). A quantidade de nutriente retranslocada das folhas senescentes é direcionada para o cacho, principal dreno entre o florescimento e a colheita, pois como argumentam os autores supracitados, após a emergência da inflorescência, os nutrientes direcionados para o cacho são originados em maior parte da translocação dos órgãos que acumularam fotoassimilados e nutrientes, isto é, o rizoma, o pseudocaule e as folhas velhas, que estarão em senescência acelerada, com pouca contribuição na absorção dos nutrientes pelas raízes da planta-mãe, bem como pelas raízes do seguidor.

Quanto ao Mn, os teores variaram de 66,22 mg kg<sup>-1</sup> no florescimento a 198,27 mg kg<sup>-1</sup> na colheita, ilustrando um acúmulo nas folhas velhas, evidenciado também pela taxa de translocação negativa. Isso se justifica pela baixa mobilidade desse nutriente no floema, o que normalmente resulta no aparecimento de sintomas nas partes mais jovens da planta. A taxa de translocação negativa ocorre porque é estimada em

relação ao Ca, nutriente marcador, devido à sua baixa mobilidade no floema. Como o acúmulo de Mn foi cerca de três vezes o valor inicial, passou de 66,22 mg kg<sup>-1</sup> no florescimento para 198,27 mg kg<sup>-1</sup> na colheita, e o acúmulo de Ca foi cerca de duas vezes, passando de 7,84 g kg<sup>-1</sup> no florescimento para 16,00 g kg<sup>-1</sup>, a taxa percentual de retranslocação fica negativa.

Esses resultados corroboram Vieira e Schumacher (2009), que constataram taxas negativas de Mn e Fe em acículas de *Pinus* e as justificaram pelo efeito acumulativo nas acículas senescentes em relação às novas. Adicionalmente, os argumentos já apresentados sobre a complexidade da dinâmica do Mn no sistema solo-planta, particularmente neste caso representado pelo pH elevado (Santos et al., 2025) diminuindo a sua disponibilidade e seu transporte no solo (Novaís; Mello, 2007), e a senescência acelerada das raízes com pouca contribuição na absorção dos nutrientes e acúmulo nas folhas novas entre os estádios de florescimento e colheita contribuem para isso (DONATO et al., 2021).

Por último, o aumento da densidade de plantio e/ou a redução da lámina de irrigação manteve os teores de nutrientes nas folhas dentro das faixas consideradas adequadas, ou seja, não interferiu negativamente no estado nutricional da planta nas condições de fertilidade do solo do presente trabalho. Isso corrobora as conclusões de Donato et al. (2024), de que o cultivo de bananeira 'Grande Naine' pode ser sistematizado com maiores populações de plantas e menor aporte hídrico, aplicado a partir dos 120 dias após o transplantio, no semiárido com ciclo de produção único, atestado pela maior produtividade de frutos e da água e menor pegada hídrica avaliadas no mesmo experimento.

Como constatado pelos resultados, a taxa de retranslocação de nutrientes é determinada mais pela mobilidade nas plantas. Na bananeira, a retranlocação de nutrientes das folhas velhas, na época da colheita, é direcionada mais para os frutos, devido à alteração da relação fonte-dreno. Assim, a importância prática da quantificação dos teores e da retranslocação de nutrientes em condições sítio-específicas de plantios sob adensamento e irrigação com déficit contribui para a compreensão da ocorrência de sintomas de deficiência ou excesso em determinados estádios fenológicos. Por exemplo, para o K, nutriente mais requerido e com maior ciclagem biogeoquímica pela bananeira (Donato et al., 2021), a ocorrência de sintomas de deficiência nas folhas velhas próximo à colheita, mesmo em solos com teores de K muito altos, está associada à sua elevada translocação para os frutos, o que sugere economia nutricional, sem necessidade de recorrer a aplicação de fertilizante potássico naquele momento. Esse entendimento pode contribuir para a definição da época e da quantidade de nutrientes a aplicar, para o aumento da eficiência nutricional, que, atualmente, assume importância fundamental diante da sobretaxação de preços dos fertilizantes no cenário global. Contudo, os resultados aqui discutidos são específicos para a bananeira 'Grande Naine' adensada, com colheita programada para ciclo produtivo único (Donato et al., 2024), o que sugere a realização de estudos com mais ciclos produtivos e cultivares, pois, as taxas de retranslocação podem variar entre espécies, genótipos, ciclos (Santos et al., 2020) e órgãos (VIEIRA; SHUMACHER, 2009).

## 5. CONCLUSÕES

B e N são os nutrientes mais influenciados pelos fatores lâminas de irrigação, densidades de plantio e estádios fenológicos, seguidos por P e Mg, enquanto K, Ca, S, Cu, Fe Mn, Zn e Na variam com os estádios fenológicos.

A variação com os estádios fenológicos segue, de forma geral, a mobilidade do nutriente na planta: acúmulo na colheita de nutrientes de pouca mobilidade, como Ca, S, Fe, B e Mn, e decréscimo para os de maior mobilidade, como P, K e N, ratificado pela taxa de retranslocação.

A ordem das taxas de retranslocação para macronutrientes é P > K > N > Mg > S, para micronutrientes e Na, Cu > Zn > Na > Fe > B e negativa para Mn.

O aumento da densidade de plantio e/ou a redução da lámina de irrigação mantêm os teores de nutrientes nas folhas dentro das faixas adequadas.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. P. d.; OLIVEIRA, M. R. d.; COELHO, E. F.; DONATO, S. L. R.; OLIVEIRA, P. M. d.; OLIVEIRA, J. B. R. d. S.; CARVALHO, L. A. C. d.; LIMA, J. C. L. d.; OLIVEIRA, D. L.; CUNHA, F. F. d. Irrigation of 'Prata-Anã' banana with partial root-zone drying in a Semi-Arid Environment. *Agronomy*, v. 14, e1820, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081820>
- ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ÁLVAREZ V, V. H. (Eds.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- BARBOSA, L. F.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R. dos; COELHO, E. F. Fruit yield and water productivity of 'Prata-Anã' banana under different planting densities and irrigation depths. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 59, e03423, 2024. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.03423>
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. *Manual de irrigação*. 9. ed. atual. ampliada. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545p.
- BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; TEIXEIRA, A. H. C. Irrigação e fertirrigação da bananeira. In: SOUZA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M.A. (Eds.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 369-397.
- CHUYONG, G. B.; NEWBERY, D. M.; SONGWE, N. C. Litter nutrient and retranslocation in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees. *New Phytologist*, v. 148, n. 3, p. 493-510, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00774.x>
- DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; SOARES, A. S. S.; SANTOS, M. R.; RODRIGUES, M. G. V. Gas exchange and leaf area requirement for yield in Cavendish and Gros Michel bananas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 45, e079, 2023. <https://doi.org/10.1590/0100-29452023079>

- DONATO, S. L. R.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; SÔNEGO, M.; MARQUES, P. R. R.; SANTOS, M. R.; ARANTES, A. M.; LICHTEMBERG, L. A. Aspectos da ecofisiologia, fenologia e produção. In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. (Eds.). **Banana: do plantio à colheita**. 1. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2021. p. 45-76.
- DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; ALVES, M. T.; FERREIRA, C. E.; TRUJILLO, O. O. E. Productividad y huella hídrica del banano 'Gran Enano' bajo niveles de riego y densidades de siembra. *Acorbat. Revista de Tecnología y Ciencia*, v. 1, n. 1, e69, 2024. <https://doi.org/10.62498/ARTC.2469>
- GUIMARÃES, G. G. F.; DEUS, J. A. L. Diagnosis of soil fertility and banana crop nutrition in the state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 43, p. e124, 2021. <https://doi.org/10.1590/0100-29452021124>
- MAGALHÃES, D. B.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; SOUZA, B. S. Yield 'Prata-Anã' banana plants under water deficit and high plant density. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 42, e046, 2020. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020046>
- MARQUES, L. F.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F.; NASCIMENTO, J. A. M. Composição mineral e redistribuição de nutrientes em gravoleira. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v. 23, e1521232018, 2018. <https://doi.org/10.12661/pap.2018.006>
- MARQUES, P. R. R.; DONATO, S. L. R.; SÃO JOSÉ, A. R.; ROSA, R. C. C.; ARANTES, A. M. Nutritional status and production of 'Prata-Anã' (AAB) and 'BRS Platina' (AAAB) banana plants with organic fertilization. *Nativa*, v. 10, p. 60-68, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i1.13160>
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, L. E. F.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133-204.
- PANIGRAHI, N.; THOMPSON, A. J.; ZUBELZU, S.; KNOX, J. W. Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae*, v. 276, e109735, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109735>
- ROBINSON, J. C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2010. 311p. (CAB. Crop Production Science in Horticulturae, 19).
- RODRIGUES FILHO, V. A.; NEVES, J. C. L.; DONATO, S. L. R.; GUIMARÃES, B. V. C. Universality of Kenworthy and DRIS norms for Prata and Cavendish bananas grown in two environments. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, n. e0200120, p. 1-14, 2021b. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200120>
- RODRIGUES FILHO, V. A.; NEVES, J. C. L.; DONATO, S. L. R.; GUIMARÃES, B. V. C. Potential nutrient-response curves and sufficiency ranges of 'Grande Naine' banana cultivated in two environments. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 43, n. 1, p. 1-18, 2021a. <https://doi.org/10.1590/0100-29452021130>
- RODRIGUES, M. G. V.; DONATO, S. L. R.; LICHTEMBERG, L. A.; DIAS, M. S. C. Implantação e manejo do bananal. *Informe Agropecuário*, v. 36, p. 27-44, 2015.
- SANTOS, L. J. S.; ARANTES, A. M.; DONATO, S. L. R.; BRITO, C. F. B.; LIMA, M. A. C. D.; RODRIGUES FILHO, V. A. Leaf contents and biochemical cycling of nutrients in accessions of umbu and umbu-caja. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 690-701, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n312rc>
- SANTOS, M. A.; DONATO, S. L. R.; NEVES, J. C. L.; MARQUES, P. R. R.; PEREIRA, M. C. T.; RODRIGUES, M. G. V. Nutrient reference values for 'BRS Platina' banana in improved fertility soils. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 46, e008722, 2022a. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246008722>
- SANTOS, M. A.; DONATO, S. L. R.; NEVES, J. C. L.; MARQUES, P. R. R.; PEREIRA, M. C. T.; RODRIGUES, M. G. V. Nutrient reference values for 'Prata-Anã' banana in improved chemical fertility soils. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 44, n. 6, e570, 2022b. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022570>
- SANTOS, M. A.; DONATO, S. L. R.; NEVES, J. C. L.; MARQUES, P. R. R.; PEREIRA, M. C. T.; PEREIRA, RODRIGUES, M. G. V. Kenworthy and DRIS norms for 'Prata-Anã' and 'BRS Platina' banana plants in improved fertility soils. *Nativa*, v. 13, n. 1, p. 11-19, 2025. <https://doi.org/10.31413/nat.v13i1.17623>
- SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; MAGALHÃES, D. B.; COTRIM, M. P. Precocity, yield and water-use efficiency of banana plants under planting densities and irrigation depths, in semiarid region. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 49, e53036, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4953036>
- SILVA, J. A. da.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S. S.; PADILHA JUNIOR, M. C.; SILVA JUNIOR, A. A. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 236-242, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p236-242>
- SILVA, J. T. A. da. Solo, adubação e nutrição para bananeira. *Informe Agropecuário*, v. 36, n. 288, p. 74-83, 2015.
- TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; ROZANE, D. E.; NOMURA, E. S. Banana. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAJ, B. V. (Eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2022. v. 1, p. 272-276.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds. técnicos). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília: Embrapa, 2017. 573p.
- TURNER, D. W.; FORTESCUE, J. A.; DANIELLS, J. W. Banana agronomy: Can unraveling the *Musa* genome. In: 29th International Horticulture Congress – IHC 2014 – ProMusa – Unravelling the bananas genomic potential, 2014, Brisbane. **Abstracts...**: ProMusa – Unravelling the banana's genomic potential. Brisbane: IHC, 2014. v. 1, p. 1-34.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal*, v. 9, p. 375-382, 2009. <https://doi.org/10.5902/19805098893>

**Agradecimentos:** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**Contribuições dos autores:** S.L.R.D. – conceitualização, obtenção de financiamento, metodologia, investigação, análise estatística, supervisão, validação, redação (original), redação (revisão e edição); J.S.D. – investigação, redação (original), redação (revisão e edição); M.R.S. – metodologia, análise estatística, redação (original); E.F.C. – metodologia, análise estatística, redação (original); L.D.R. – investigação e redação (original). Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

**Disponibilidade de dados:** Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos por e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente ou ao primeiro autor.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



**Copyright:** © 2025 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NonCommercial \(CC BY-NC\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).