



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ALBERTINE FELIPE DA SILVA

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NAS FASES FENOLÓGICAS DA
BANANEIRA SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

POMBAL-PB

2023

ALBERTINE FELIPE DA SILVA

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NAS FASES FENOLÓGICAS DA
BANANEIRA SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lauriane A. dos Anjos Soares.

Co-orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima.

POMBAL- PB

2023

S586e Silva, Albertine Felipe da.
Estratégias de irrigação nas fases fenológicas da bananeira sob
adubação potássica / Albertine Felipe da Silva. – Pombal, 2023.
45 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof.
Dr. Geovani Soares de Lima”.

Referências.

1. Cultura da banana. 2. Déficit hídrico. 3. Manejo nutricional. 4.
Musa spp. I. Soares, Lauriane Almeida dos Anjos. II. Lima, Geovani
Soares de. III. Título.

CDU 634.773 (043)

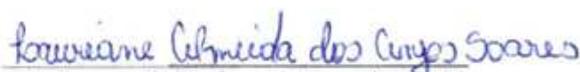
ALBERTINE FELIPE DA SILVA

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NAS FASES FENOLÓGICAS DA BANANEIRA
SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 14/06/2023

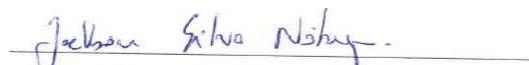
BANCA EXAMINADORA:



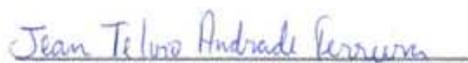
Orientadora - Prof^ª. Dr^ª. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)



Co-orientador - Prof. Dr. Geovani Soares de Lima
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)



Membro – Dr. Jackson Silva Nóbrega
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)



Membro – MSc. Jean Telvio Andrade Ferreira
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

POMBAL-PB

2023

AGRADECIMENTOS

A mim mesmo, reconhecer meu esforço até aqui, onde minha força de vontade, coragem e sabedoria não conseguiria chegar a lugar nenhum;

Aos meus pais e minha avó, Marilene Bezerra da Silva (*in memoria*) minha mãe, apesar de não está mais presente me incentivava a estudar e buscar o melhor para mim. Meu pai, Antônio Pereira da Silva que me deu apoio nos momentos mais difíceis, dando conselhos e continuar na graduação. Maria Luzia dos Santos, minha avó, por me acolher após a morte da minha mãe e sempre me ajudou em tudo. Obrigado por tudo;

Aos meus irmãos, Hernandes Matheus da Silva e Lucas Daniel da Silva, pelo suporte e torcendo pelo meu sucesso;

A minha namorada, Mychelly Belarmino, pelo companheirismo, está comigo nesses 4 anos nos momentos bons e ruins, me apoiando sempre e torcendo pela minha vitória;

Aos meus amigos de graduação, Anderson Felipe, Charles Macêdo, Francisco Macelo, Evandro Fabricio, Marcos Denílson, Pedro Francisco, Rosivaldo Junior e Rubens Sousa, sem eles não estaria aqui, sempre nos ajudamos tanto para formação profissional como pessoal durante esses cinco anos, por todos os conhecimentos compartilhados, por todas as experiências vividas, por todas as conversas, companheirismo, sou grato por cada um;

Aos meus orientadores Lauriane Almeida e Geovani Soares, por terem me acolhido no grupo Agroirriga, pela paciência, pelos diálogos, pelos conselhos, pelo conhecimento repassado e a maneira de transmitir e pela orientação, que com certeza ajudou para minha formação profissional e acadêmica, no qual irei levar para minha vida;

A Universidade Federal de Campina Grande por todas as oportunidades que contribuíram para minha formação acadêmica/profissional;

A minha família pelo apoio moral;

Por último, meus honrosos agradecimentos à todos que tiveram presente ajudando de alguma forma para formação e conclusão deste trabalho.

SILVA, A. F. **Estratégias de irrigação nas fases fenológicas da bananeira sob adubação potássica**. 2023. 42f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal, PB.

RESUMO

A cultura da banana é de grande importância socioeconômica tanto para o Brasil como mundialmente, porém sua produção pode ser limitada pela baixa disponibilidade hídrica. Por isso estratégias de manejo da irrigação aliadas à adubação potássica são alternativas promissoras para a produção agrícola nessas regiões. Neste sentido, objetivou-se avaliar a morfologia da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo da irrigação e adubação potássica nas fases fenológicas das plantas. A pesquisa foi desenvolvida sob condições de campo, localizado em São Domingos/PB, utilizando-se odelineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 3×2 , cujos tratamentos resultaram da combinação de três estratégias de manejo da irrigação: com déficit hídrico nas fases fenológicas irrigação com 50% (déficit hídrico) na fase juvenil - JU e fase de frutificação - FR e SE - sem estresse, 100% da necessidade hídrica da planta durante todo o ciclo da cultura, e duas doses de potássio aplicados via solo – DK (50 e 100% de K_2O), com 4 repetições A dose correspondente a 50% de K_2O favorece a síntese de clorofila *a* e aumento nos teores de clorofila *b* da bananeira cv. Nanica sob déficit hídrico nas fases juvenil e de frutificação aos 180 dias após o plantio. A dose correspondente a 50% de K_2O promove o aumento para fluorescência inicial (F_0) e a fluorescência variável (F_v) quando receberam estresse hídrico nas fases juvenil da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio. A dose correspondente a 50% de K_2O reduz a fluorescência máxima (F_m) nas fases juvenil sob déficit hídrico da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio. O estresse hídrico ocasionado na fase juvenil promove maiores efeitos negativos sob o crescimento, conteúdo de água, dano à membrana celular da bananeira cv. Nanica. A dose correspondente a 50% da recomendação de K_2O reduz o crescimento das plantas de bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.

Palavras-chave: *Musa spp.*, déficit hídrico, manejo nutricional.

SILVA, A. F. **Irrigation strategies with water deficit in the phenological stages of banana under potassium fertilization**. 2023. 42f. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande, Center for Science and Agri-food Technology. Pombal, PB.

ABSTRACT

The banana crop is of great socioeconomic importance both for Brazil and worldwide, but its production may be limited by low water availability. Therefore, irrigation management strategies combined with potassium fertilization are promising alternatives for agricultural production in these regions. In this sense, the objective was to evaluate the morphology of banana cv. Nanica under irrigation management strategies and potassium fertilization in the phenological stages of the plants. The research was carried out under field conditions, located in São Domingos/PB, using a randomized block design in a 3×2 factorial scheme, whose treatments resulted from the combination of three irrigation management strategies: with water deficit in the phenological phases irrigation with 50% (water deficit) in the juvenile phase - JU and fruiting phase - FR and SE - without stress, 100% of the plant's water requirement throughout the crop cycle, and two doses of potassium applied via soil - DK (50 and 100% of K₂O), with 4 replications The dose corresponding to 50% of K₂O favors the synthesis of chlorophyll a and an increase in the levels of chlorophyll b in banana cv. Nanica under water deficit in the juvenile and fruiting phases at 180 days after planting. The dose corresponding to 50% of K₂O promotes an increase in initial fluorescence (F₀) and variable fluorescence (F_v) when they receive water stress in the juvenile stages of banana cv. Nanica at 180 days after planting. The dose corresponding to 50% of K₂O reduces the maximum fluorescence (F_m) in the juvenile stages under water deficit of banana cv. Nanica at 180 days after planting. Water stress caused in the juvenile phase promotes greater negative effects on growth, water content, damage to the cell membrane of banana cv. Runt. The dose corresponding to 50% of the K₂O recommendation reduces the growth of banana plants cv. Nanica at 210 days after planting.

Key words: *Musa spp.*, nutritional management, water deficit.

LISTA DE TABELA

	Pág.
Tabela 1 Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	22
Tabela 2 Resumo da análise de variância para o conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), clorofila a (Cl <i>a</i>), clorofila b (Cl <i>b</i>) e carotenóides (CAR) da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.....	27
Tabela 3 Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.....	31
Tabela 4 Resumo da análise de variância para o diâmetro do pseudocaule (DPC), altura de plantas (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 210 dias após o plantio.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar – UR Max e Min durante o período experimental.....	21
Figura 2 Conteúdo relativo de água no limbo foliar – %CRA (A) e déficit de saturação hídrica – DSH (B) da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre os fatores estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.....	28
Figura 3 Teor de clorofila a – <i>Cl a</i> da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre as estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.....	29
Figura 4 Teor de clorofila b – <i>Cl b</i> , em função das estratégias de manejo de irrigação (A) e adubação potássica (B), e teor de carotenóides – CAR, em função das estratégias de manejo (C) e adubação potássica (D) da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio.....	30
Figura 5 Fluorescência inicial – F_0 (A) e fluorescência máxima – F_m (B) da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre os fatores estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.....	32
Figura 6 Fluorescência variável – F_v em função das estratégias de manejo de irrigação (A) e adubação potássica (B) e eficiência quântica do fotossistema II – PSII (C) da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre os fatores estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.....	34
Figura 7 Diâmetro do pseudocaule – DPC em função das estratégias de manejo de irrigação (A) e adubação potássica (B) e altura de plantas – AP, em função das estratégias de manejo (C) e adubação potássica (D) da bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.....	36
Figura 8 Número de folhas – NF e área foliar - AF em função das estratégias de manejo de irrigação (A e C) e adubação potássica (B e D) da bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.....	38

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Geral.....	14
2.2. Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1. Aspectos gerais da bananeira	15
3.2. Estratégias de manejo da irrigação	16
3.3. Estresse hídrico na cultura da bananeira	18
3.4. Adubação Potássica como atenuante do estresse hídrico	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Localização	21
4.2. Tratamentos e delineamento estatístico	21
4.3. Característica da cultivar.....	22
4.4. Instalação e condução do experimento	22
4.5. Aplicação das estratégias de irrigação	23
4.6. Tratos culturais	24
4.7. Variáveis analisadas.....	24
4.7.1 Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica.....	24
4.7.2. Pigmentos fotossintéticos.....	25
4.7.3. Eficiência quântica do fotossistema II	25
4.7.4. Crescimento.....	26
4.8. Análise estatística	26

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÕES	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) no Brasil, se destaca como a segunda fruta mais importante em termos de área colhida, quantidade produzida e valor da produção. Em 2021, ocupou uma área de 453.273 mil hectares, com produção de 6.811.374 milhões de toneladas e o total do valor da produção atingiu 9.998.070 (Mil Reais), sendo uma das mais cultivadas no território nacional dentre as fruteiras tropicais (IBGE 2021).

Na região semiárida brasileira essa escassez hídrica é proveniente da distribuição pluviométrica irregular ao longo do ano, variando em média de 250 a 800 mm e elevada taxa de evapotranspiração variando entre 175 a 595 mm por ano, acarretando um balanço hídrico desfavorável (FAUSTINO et al., 2015). Apesar da escassez hídrica e irregularidade de distribuição pluviométrica no semiárido brasileiro, é uma região que possui peculiaridades climáticas bastante apropriadas à produção da banana (SILVA et al., 2012).

A água é fundamental para o metabolismo das plantas em todas as fases fenológicas; portanto, o estresse hídrico é um dos fatores mais limitantes para a produção de culturas em regiões áridas e semiáridas (ILYAS et al., 2020; ASKARI-KHORASGANI et al., 2021). No entanto, o impacto do déficit hídrico é dependente da intensidade e duração desse estresse, espécie, fase fenológica da cultura e práticas de manejo (CORDÃO et al., 2018).

A bananeira é sensível ao déficit hídrico, porém estudos tem demonstrado que em regiões com baixas precipitações e baixo suprimento de água no solo apresentam respostas positivas foram encontradas mediante um manejo adequado de irrigação no crescimento e produtividade (MAGALHÃES et al., 2020). Neste sentido, estudos têm sido realizados investigando estratégias de irrigação (SANTOS et al., 2016) e técnicas de irrigação deficitária (COELHO et al., 2019; SANTOS et al., 2019), especialmente em estágios críticos de crescimento, com melhorias no rendimento da banana.

Nesse contexto, pode destacar a irrigação com déficit controlado (SANTOS et al., 2015), a qual compreende à diminuição da lâmina de irrigação aplicada nas diferentes fases fenológicas que a cultura apresenta menor sensibilidade ao estresse hídrico, visando-se não causar decréscimo na produtividade das plantas, podendo também aumentar a eficiência de uso da água (COTRIM et al., 2017).

O potássio (K) é o nutriente mais absorvido pela bananeira apesar de não fazer parte de compostos na planta. É um nutriente importante na translocação dos fotoassimilados, no balanço hídrico e na produção de frutos (EMBRAPA, 2004, p. 39). Além disso, plantas

supridas com quantidades adequadas de potássio, verifica-se aumento na taxa fotossintética, no crescimento das plantas e no rendimento em diferentes culturas sob condições de estresse hídrico (ZAHOOR et al., 2017; ZHU et al., 2020). Em condições de campo, Brasil et al. (2000) constataram que a adubação potássica na bananeira promoveu aumento linear no peso de cacho, peso de penca por cacho, número de pencas por cacho e número de bananas por cacho.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a morfologia da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo da irrigação e adubação potássica nas fases fenológicas das plantas.

2.2. Específicos

Identificar a fase do ciclo em que a bananeira é mais sensível e/ou tolerante ao estresse hídrico.

Avaliar as alterações na eficiência quântica do fotossistema II ocasionadas às plantas de banana pelo déficit hídrico e doses de potássio em diferentes fases fenológicas.

Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos da bananeira cultivada sob déficit hídrico e adubação potássica nas fases fenológicas.

Avaliar o efeito do déficit hídrico e adubação potássica nas diferentes fases fenológicas sobre as relações hídricas e extravasamento de eletrólitos da bananeira.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais da bananeira

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2021), a banana é a fruta mais produzida e consumida no mundo, com uma produção de 124,9 milhões de toneladas, sendo a Índia (26,4%), a China (9,6%), a Indonésia (7%), o Brasil (5,5%) e o Equador (5,3%) os maiores produtores.

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de bananas, com 6,8 milhões de toneladas em 2021, em termos de valor de produção (VP), é uma das mais cultivada e consumida em todo o País (FAOSTAT, 2021). A região Nordeste destaca-se como responsável pela maior produção, com 2,83 milhões de toneladas, ocupando uma área de 181 mil hectares, correspondente a 35% da produção total do País, seguida pelo Sudeste, com 33,5% da produção (IBGE, 2021).

As bananas comestíveis são originam-se a partir do cruzamento entre as espécies diploides selvagens *Musa acuminata* (genoma A) e a *Musa balbisiana* (genoma B). A nomenclatura do genoma estabelece os Grupos Varietais, que agrupam cultivares de características semelhantes. (ARVANITOYANNIS; MAVROMATIS, 2009).

No Brasil, destaca-se algumas cultivares por apresentarem características, tais como porte, ciclo, peso do cacho e resistência a doenças e, ou pragas como os grupos AA a cv. Ouro; no grupo AAA a cv. Caipira, o subgrupo Cavendish (cvs. Nanica, Nanicão, Grande Naine e Williams) e cv. Gros Michel; no grupo AAB a cv. Maçã, cv. Mysore, o subgrupo Prata (cvs. Prata, Branca e Pacovan), subgrupo Terra (cvs. Terra, Terrinha e Pacovan) e subgrupo Figo (cvs. Figo Vermelho e Figo Cinza); no grupo AAAA a cv. IC-2; e no grupo AAAB as cvs. Ouro da Mata, Pioneira e Platina (ALVES et al., 2000).

A bananeira é uma planta herbácea completa, pois apresenta raiz, caule, folhas, flores, frutos partenocárpico e em alguns casos apresentam sementes. O caule é constituído de um conjunto de bainhas das folhas de pseudocaule e pelo rizoma, o qual é utilizado na propagação convencional a partir da separação de brotos do rizoma-mãe, podem ser produzidos 40 ou mais mudas, porém nem todas se desenvolvem satisfatoriamente (BORGES et al., 2000).

A banana faz parte da alimentação de milhões de pessoas, por serem ricas em nutrientes minerais, especialmente o potássio e vitaminas A, C e B6, magnésio, fibras e antioxidantes, podem ser consumidas de forma *in natura*, cozida, frita ou fermentada, assim

como na forma processada, como em vitaminas, doces, geleias, entre outras. Além disso, toda a planta pode ser explorada, apresentando grande quantidade de fibras e propriedades de uso medicinal (RAVI et al., 2013).

A bananeira pode ser cultivada em diferentes tipos de solos, desde levemente arenosos a solos argilosos, com pH entre 5,8 a 6,5 (ROBINSON; GALÁN SAUCO, 2010). A cultura da banana necessita para o seu desenvolvimento o fornecimento constante de água, quando há deficiência hídrica, ocorre a queda do rendimento, prejudicando a produção e a qualidade dos frutos (BRUNINI, 1984). Para a obtenção de colheitas economicamente rentáveis, considera-se suficiente de 100 a 180 mm de precipitação por mês (SAÚCO; HORMAZA, 2014).

A bananeira apresenta desenvolvimento contínuo, com a inibição da emergência de folhas e raízes coincidindo com o aparecimento da inflorescência. Assim, condições climáticas como (luz, temperatura e vento), nutrientes e água são determinantes para o seu desenvolvimento (SOTO BALLESTERO, 2008). A escassez de água no solo se torna mais crítica nas fases de diferenciação floral e no início da frutificação, comprometendo a emissão da inflorescência e o desenvolvimento dos frutos, quando há escassez de água no solo é prolongada, a roseta foliar se comprime, dificultando ou até mesmo impedindo o lançamento da inflorescência, culminando com a perda do valor comercial do cacho (CHAMPION, 1975).

3.2. Estratégias de manejo da irrigação

Devido ao aumento da demanda mundial por alimentos e a redução da expansão das áreas agrícolas, é imprescindível a busca por estratégias que consigam maximizar a produção. Dentre as técnicas de cultivo que podem favorecer ao aumento da produtividade das culturas, destaca-se as práticas de regulação da quantidade de água utilizada, as quais devem apresentar redução na utilização de água e energia, reduzindo os custos de produção devido a menor utilização de recursos (GAVA et al., 2015).

A adoção dessas novas práticas de manejo da irrigação é essencial para regiões áridas e semiáridas, porque a restrição hídrica é fator limitante para a produtividade das culturas (AL-HARBIA et al., 2018). Isso se dá pelo fato dessas regiões apresentarem má distribuição espacial e temporal de chuvas, baixos índices de precipitação e elevadas taxas de evapotranspiração fazendo com que o manejo da irrigação seja necessário para a obtenção de boa produtividade das plantas (COTRIM et al., 2017).

Nesse intuito, vários pesquisadores têm utilizado estratégias de manejo do déficit hídrico para o cultivo de diversas culturas, como Cotrim et al (2017), em mangueira cv. Tommy Atkins, aplicou o déficit durante as fases de desenvolvimento do fruto, e verificou que a produtividade, número de frutos por planta e tamanho do fruto não diferiram entre os tratamentos, o que possibilita redução do uso de água na irrigação variando de 30% a 100% da ETc da cultura sem perdas significativas de produtividade e qualidade do fruto.

Os benefícios da irrigação deficitária incluem a economia de água, a redução dos custos de irrigação e a minimização dos impactos ambientais associados ao uso excessivo de água, além disso, em certas culturas, o estresse hídrico controlado pode promover respostas fisiológicas benéficas, como a melhoria da qualidade dos frutos, o aumento da concentração de açúcares e a redução da incidência de doenças relacionadas à umidade (PEREIRA et al., 2009).

Segundo Meira e tal. (2012), realizaram estudos para identificar um genótipo de bananeira que apresenta melhor crescimento e menor condutância estomática quando submetido a estresse hídrico. As variedades tropicais exibiram a maior diminuição na condutividade estomática. Em relação aos parâmetros Crescimento e massa seca, não houve diferença significativa. Portanto, concluíram que o estresse hídrico afetou igualmente todos os genótipos analisados, mas o Tropical, por ter a maior redução na condutância estomática, pode ter um mecanismo de controle mais eficaz quanto à perda de água.

A bananeira sob escassez hídrica no período vegetativo pode sofrer reduções significativas na produtividade, desenvolvimento foliar afetando por sua vez afeta o número de flores, e conseqüentemente a qualidade dos frutos e extensão do ciclo (OLIVEIRA, 1997). Durante a fase juvenil, se torna fundamental no manejo adequado da irrigação, com reflexos positivos na quantidade de flores femininas, o que define cachos com mais pencas (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010).

Nesse contexto faz-se necessária à adoção de algumas estratégias de manejo do déficit hídrico, para o sucesso da agricultura irrigada, pois, a decisão sobre o momento apropriado e a quantidade adequada de água a ser aplicada são baseadas em conceito prático do agricultor, conduzindo a falta ou excesso desse elemento para a cultura (ASHRAF et al., 2017).

3.3. Estresse hídrico na cultura da bananeira

A capacidade de retenção de água do solo e o fornecimento adequado de irrigação são fatores-chave para evitar o estresse hídrico na bananeira. Sob condições de estresse hídrico há redução da área foliar e maior aprofundamento das raízes no solo em decorrência de mudança na razão parte aérea/raiz, alteração nos drenos preferenciais (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os primeiros sintomas visíveis de estresse hídrico em bananeiras são o murchamento prolongado, seguido de amarelecimento, necrose das bordas e sintomas de queimadura nas folhas. A resposta em longo prazo ao déficit hídrico é o aumento do amarelecimento das folhas, redução do tamanho da planta, do número de folhas vivas por planta e, do crescimento dos órgãos florais, atrofiamento dos cachos, frutos pequenos e, na maioria dos casos, cachos pequenos, secos e com frutos enegrecidos (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010).

Na cultura da bananeira dentre as fases fenológicas, a fase vegetativa (0 a 7 meses), como a de maior necessidade hídrica e de absorção de nutrientes, o que é fundamental para garantir o crescimento e desenvolvimento, pois o déficit hídrico nesta fase afeta taxa de desenvolvimento das folhas, ritmo de emissão foliar e época da iniciação floral (TURNER; FORTESCUE, 2007).

Rochi et al. (2017), avaliaram a influência do estresse hídrico e fendilhamento foliar em resposta a características morfológicas de mudas da cultivar Prata-Anã plantadas em vaso com duas tensões de água (12 e 30 KPa), e constataram reduções na altura de plantas, circunferência do pseudocaule, número de folhas ativas e número de folhas na inflorescência da bananeira sob déficit hídrico.

Machado et al. (2019), realizaram balanços hídricos usando o coeficiente de cultura (Kc) de bananas e das variedades de bananas anãs e prata em condições de clima tropical. Na exigência hídrica total do primeiro ciclo de prata e anã houve pouca variação (2%) para banana prata e banana anã. Os autores concluíram que a necessidade hídrica em relação a necessidade anual de água suplementar para o plantio de banana prata (597mm) em março e nanica em setembro (630mm).

3.4. Adubação Potássica como atenuante do estresse hídrico

O potássio (K) é o segundo macroelemento mais utilizado na agricultura no Brasil, ficando atrás apenas do fósforo (PRADO, 2008). Ele possui papel fundamental no mecanismo de osmose e abertura estomática, importantes para apoio às relações hídricas e expansão das células (PETTIGREW, 2008). Benefícios do fornecimento de K em plantas sob estresse

hídrico são descritos em diversos estudos, como incrementos na matéria seca, potencial hídrico, taxa fotossintética, teor de clorofila, área foliar e diâmetro de caule (FAROOQ et al., 2009).

Além disso, o K faz parte do funcionamento de muitos compostos enzimáticos, com participação na fotossíntese e respiração das plantas, o suprimento inadequado de potássio compromete o processo de abertura e fechamento dos estômatos, podendo assim diminuir a assimilação de CO₂ e a taxa fotossintética, e conseqüentemente a produção de fotoassimilados, podendo haver prejuízos na produção, entretanto, o excesso desse nutriente pode inibir a absorção de Ca e Mg, sendo de fundamental importância o fornecimento adequado (ERNANI et al., 2007).

A adubação potássica pode melhorar a resistência das plantas ao estresse hídrico, pois este nutriente desempenha várias funções fisiológicas cruciais nas plantas, incluindo a regulação do equilíbrio hídrico e a melhoria da eficiência do uso da água (SHAO et al., 2008). Dentre os íons inorgânicos, o potássio (K⁺) tem sido citado como o principal osmólito que desempenha um papel significativo no ajuste osmótico. O acúmulo de íons K⁺ ajuda a proteger as plantas dos efeitos prejudiciais do estresse hídrico, não apenas pelo ajuste osmótico, mas também pela desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (EROs), regulação estomática, proteção da integridade da membrana celular e taxas mais altas de fotossíntese (WANG et al., 2013). Por tanto, as EROs são formadas como subproduto do processo fotossintético e respiração, participam de uma sofisticada rede de vias de sinalização em plantas, em resposta a situações de estresse (hídrico, salino, frio, etc.) (KOVALCHUK, 2010).

A bananeira é uma planta muito sensível a desequilíbrios nutricionais. Para aumentar o rendimento e melhorar a sua qualidade, é importante manter o equilíbrio de nutrientes no solo e evitar o consumo excessivo de um elemento que leva à deficiência de outro (GUTIÉRREZ, 1983). Portanto, a aplicação de quantidades adequadas de fertilizante K pode desempenhar um papel importante no crescimento e na resistência das plantas ao estresse hídrico (BAHRAMI-RADB; HAJIBOLAND 2017).

Neste sentido, a nutrição mineral se destaca como uma estratégia viável para incrementar a produtividade e a rentabilidade das culturas sob condições de déficit hídrico, sendo o K de grande importância para a cultura da bananeira, estudos realizados por Texeira e tal., (2001), em a resposta à adubação potássica, sob irrigação e sequeiro na variedade (*Musa* AAA subgrupo Cavendish)-‘Nanicão’ em condições Tropicais. O K favoreceu a manutenção

de folhas ativas, especialmente sob sequeiro, eles concluíram que a irrigação e o manejo correto da adubação (evitar excesso de N em relação ao K) demonstraram ser ferramentas eficientes para aumentar a longevidade das folhas na cultura da bananeira.

A deficiência hídrica está associada a uma perturbação na homeostase de íons de K^+ intracelular, porque aumenta tanto as exigências de K como diminui a absorção de K^+ (SHABALA; POTTOSIN, 2014). Há vários estudos com avaliação dos efeitos da aplicação de K_2O , via fertirrigação, sobre variáveis de crescimento e de produção de bananeira do grupo Prata (SANTOS et al., 2009; MELO et al., 2010; BARROSO et al., 2011). Contudo, não há conhecimento de relatos a respeito da interação entre fertilização potássica e lâminas de irrigação, nas condições edafoclimáticas do semiárido paraibano.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’ pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizada no município de São Domingos, PB, nas coordenadas geográficas 6°49’06” de latitude e 37°56’56” de longitude, a uma altitude de 199 m. De acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil, é do tipo “BSh” (ALVARES, et al., 2013), que representa um clima quente e semiárido (temperatura média anual de 28 °C, precipitações pluviométricas em torno de 750 mm ano⁻¹ e evapotranspiração média anual de 2000 mm (COELHO & SONCIN, 1982). Na Figura 1, observam-se os dados meteorológicos durante a condução do experimento entre 13 de agosto de 2022 a 10 de março de 2023.

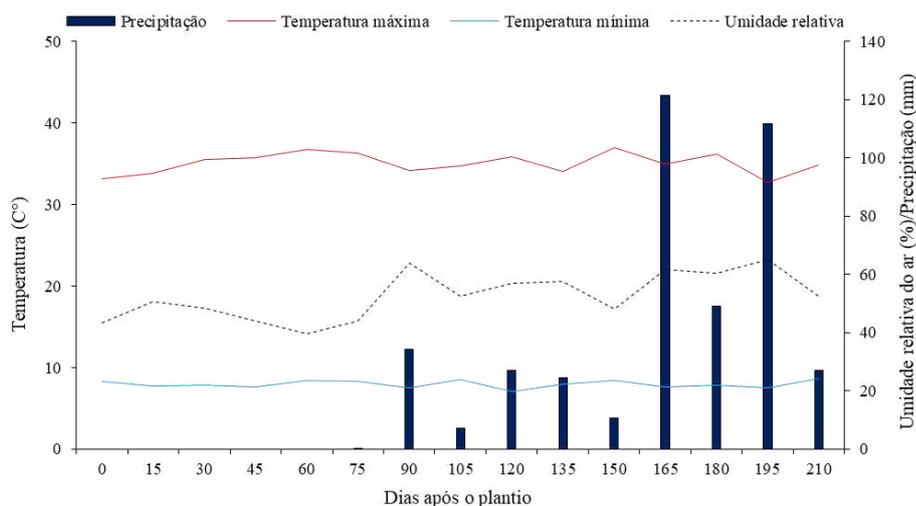


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar durante o período experimental.

4.2. Tratamentos e delineamento estatístico

Os tratamentos foram constituídos por três estratégias de manejo da irrigação: SE - sem estresse, 100% da necessidade hídrica da planta (irrigação plena) durante todo o ciclo da cultura como testemunha e irrigação com 50% (déficit hídrico) apenas na fase juvenil - JU e fase de frutificação - FR, e duas doses de potássio – DK (50 e 100% de K₂O) sendo a dose de 100% correspondente a 450 g de K₂O/planta/ano, conforme Brasil et al. (2000); distribuídas em blocos casualizados em esquema fatorial 3 × 2 com quatro repetições, totalizando 24 parcelas, compostas por 6 plantas e uma fileira como bordadura.

As fases de desenvolvimento da cultura estudadas corresponderam: crescimento vegetativo rápido (0 – 90), Juvenil (90 – 180) terminando com a emissão da primeira folha normal, frutificação - da diferenciação floral até a colheita do cacho (180 - 390 DAP) (DONATO et al., 2009).

4.3. Característica da cultivar

Foram utilizados rizomas de mudas adultas de bananeira, cultivar Nanica do grupo genômico (AAA), obtidos de uma lavoura comercial, localizada no município de Pombal-PB.

A cultivar Nanica apresenta como características porte baixo com altura média de 1,5 a 2 m, pseudocaulo com manchas marrons a preta, bainhas de cor avermelhada e folhas verde-escuras na parte superior e verde-clara na parte inferior, sendo utilizadas em plantios adensados (SCARPARE FILHO et al., 2016).

4.4. Instalação e condução do experimento

Previamente ao plantio foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0 a 40 cm, para determinação dos atributos físico-hídricos e químicos do material de solo, a ser utilizado no experimento. O solo foi preparado por meio de aração, gradagem e abertura de covas nas dimensões de 0,50 × 0,50 × 0,50 m. Após o preparo do solo, foi feita a demarcação, instalações do sistema de irrigação e posteriormente foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 30 cm, cujas características físicas e químicas (Tabela 1) do solo foram determinadas de acordo com metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

		Características químicas						
pH H ₂ O)	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)cmol _c kg ⁻¹					
7,82	0,52	3,95	0,25	0,37	2,90	1,67	0,00	0,00
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
(dS m ⁻¹)	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42	1519,5
0,47	5,19	1,15	7,13	76,66	20,20	3,14	kPa ¹	kPa ²
							12,02	4,95

pH – Potencial hidrogeniônico, MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo o teor de umidade no solo correspondente a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

Após a abertura das covas, realizou-se a adubação com 20 L de esterco bovino e 300g de fósforo (P_2O_5), utilizando como fonte de P_2O_5 superfosfato simples conforme recomendação de Cavalcanti et al. (2008). Já para a adubação com nitrogênio e potássio, foram aplicados 240 g de N/planta/ano e 450 g de K_2O /planta/ano (100% de K_2O) e 225 g de K_2O /planta/ano (50% de K_2O), conforme recomendação proposta por Cavalcanti et al. (2008), sendo utilizadas como fontes a ureia (45% de N) e o cloreto de potássio (60% de K_2O), aplicados em cobertura, em semicírculo, na projeção da copa. As adubações foram realizadas, parceladamente, via solo, em quatro vezes, com a primeira aplicação aos 35 dias após o plantio e as restantes a cada 40 dias. A aplicação quinzenal de Dripsol micro ($Mg^{2+} = 1,1\%$; $B = 0,85\%$; $Cu (Cu-EDTA) = 0,5\%$; $Fe (Fe-EDTA) = 3,4\%$; $Mn (Mn-EDTA) = 3,2\%$; $Mo = 0,05\%$; $Zn = 4,2\%$; Contém 70% de agente quelante EDTA) na concentração de $1,0\text{ g L}^{-1}$, via pulverização foliar aplicando em média 40 L por aplicação.

4.5. Aplicação das estratégias de irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação localizada por gotejamento no período inicial da cultura de 0 a 170 dias DAP, constituído por tubos de PVC de 32 mm na linha principal e tubos de polietileno de baixa densidade, de 16 mm nas linhas laterais com gotejadores de vazão 10 L h^{-1} . Em cada planta foram instalados, dois gotejadores autocompensantes (modelo GA 10 Grapa), cada um a 15 cm do caule. Foram substituídos por micro aspersão após os 170 dias DAP, devido ao problema de entupimento dos gotejadores. Em cada planta foram instalados um micro-aspersor com vazão 10 L h^{-1} cada um a 15 cm do caule. As plantas foram irrigadas diariamente, pela manhã, com fornecimento de água, conforme turno de rega adotado, sendo a evapotranspiração de referência estimada com base no método de Hargreaves-Samani (1982) e Bernardo et al. (2019), obtida pela Eq. 1:

$$ET_o = 0,0023 \times Q_o \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times (T_{med} + 17,8) \quad (1)$$

Em que:

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ; e

T_{max} – Temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$);

T_{min} – Temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$);

T_{med} – Temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); e,

Q_o – Irradiância solar extraterrestre (mm dia^{-1}) de evaporação equivalente;

A partir dos dados de E_{To} e K_c determinou-se a E_{Tc} de acordo com Bernardo et al. (2019), utilizando-se a Eq. 2:

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_c \dots \dots \dots (2)$$

Em que:

E_{Tc} – Evapotranspiração da cultura, mm dia^{-1} ;

E_{To} – evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ; e,

K_c – Coeficiente de cultura, adimensional.

Foram utilizados os coeficientes de cultivo de 0,50 (crescimento vegetativo lento, 0 - 90 dias); 1,05 (juvenil, crescimento vegetativo rápido até a diferenciação floral, 90 - 180 dias); 1,35 (diferenciação floral até a floração, 180 - 270 dias); 1,00, (floração à colheita do cacho, 270 - 390 dias após o transplante), de acordo com Coelho et al. (2003). Inicialmente, até 30 dias após o plantio (DAP), a irrigação, em todos os tratamentos, foi realizada com 100% da evapotranspiração da cultura. A aplicação das estratégias de manejo de irrigação teve início aos 90 DAP, quando iniciou a fase juvenil da cultura.

4.6. Tratos culturais

Durante a condução do experimento, foi realizado desbaste, ou seja, a retirada dos filhotes mais jovens. Cada touceira ficou com duas plantas, sendo uma mãe (com cacho) e uma filha, evitando-se competição por água e nutrientes. Deve-se ressaltar que o desbaste total, realizado até o sexto mês, momento que foi selecionada a “filha”. Foram realizadas capinas com auxílio de enxadas em volta das plantas e roçadeira entre as fileiras, assim, controlando a competição interespecífica por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento da cultura, tratos fitossanitários sempre que necessário através de monitoramento visual controle de pragas e doenças da bananeira, de acordo com o crescimento e a necessidade da cultura.

4.7. Variáveis analisadas

4.7.1 Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica

Para determinação do conteúdo relativo de água (CRA) e déficit de saturação hídrica (DSH), aos 180 DAP, realizou-se a coleta de uma parte da terceira folha, com a retirada de 3 discos para determinar a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 horas. Depois, foi retirado

o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (MT); posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar (temperatura $\approx 65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, até atingir massa constante) para obtenção da massa seca (MS). A obtenção do CRA e DSH foi feita conforme Lima et al. (2019), pelas equações 3 e 4.

$$CRA = \frac{Mf - Ms}{Mt - Ms} \times 100 \quad (3)$$

$$DSH = \frac{Mt - Mf}{Mt - Ms} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

CRA = teor relativo de água (%);

DSH = déficit de saturação hídrica (%);

MF= massa fresca de folha (g);

MT= massa túrgida (g); e,

MS = massa seca (g).

4.7.2. Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila e carotenoides foram determinados, aos 180 DAP, utilizando-se a metodologia de Arnon (1949), onde a extração da clorofila foi realizada em recipientes contendo 8 mL de acetona a 80% e um disco foliar com peso conhecido de área de 2,8 cm² coletado da terceira folha do ápice caulinar, os quais foram mantidos no escuro e em refrigerador durante 48 horas. Os teores de clorofila a e b, e de carotenoides nas soluções foram determinados por meio de espectrofotômetro nos comprimentos de onda de absorbância (ABS) (470, 647 e 663), de acordo com as Eqs. 5, 6 e 7:

$$Cl\ a = (12,21 \times ABS_{663}) - (2,81 \times ABS_{646}) \dots \dots \dots (5)$$

$$Cl\ b = (20,13 \times ABS_{646}) - (5,03 \times ABS_{663}) \dots \dots \dots (6)$$

$$Car = ((1000 \times ABS_{470}) - (1,82 \times Chl\ a) - (85,02 \times Chl\ b)) / 198 \dots \dots \dots (7)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g⁻¹ de matéria fresca.

4.7.3. Eficiência quântica do fotossistema II

Aos 180 DAP, foram realizadas avaliações de fluorescência da clorofila *a* as 7:00 horas da manhã, sendo colocadas pinças foliares (clips) e, após um período de 30 minutos de adaptação ao escuro, foram determinados a fluorescência inicial (F₀); fluorescência máxima (F_m); fluorescência variável (F_v); eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) com um

fluorímetro de pulso de amplitude modulada (PAM fluorometer - Modelo OS5p, Opti-Science/Hudson, NY, USA).

4.7.4. Crescimento

Aos 210 DAP foram avaliados o diâmetro do pseudocaule utilizando fita métrica para sua medição a 0,30 m do solo, altura de plantas com o manuseio da trena métrica de 3m, contagem do número de folhas em cada planta, para determinar a área foliar da bananeira em campo, foi feito a medição do comprimento e largura máxima da terceira folha por meio da fita métrica, e usando o fator de correção citado e multiplicar pelo número total de folhas da planta (KUMAR et al., 2002) estimada usando a Equação 6:

$$AFT = CTF \times LTF \times NFF \times 0,88 \quad (6)$$

Em que:

AFT = área foliar total (m²);

CT3 = comprimento da terceira folha (m);

LT3 = largura máxima da terceira folha (m); e,

NFF = número de folhas no florescimento.

4.8. Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para as estratégias de manejo de irrigação e doses de potássio, utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

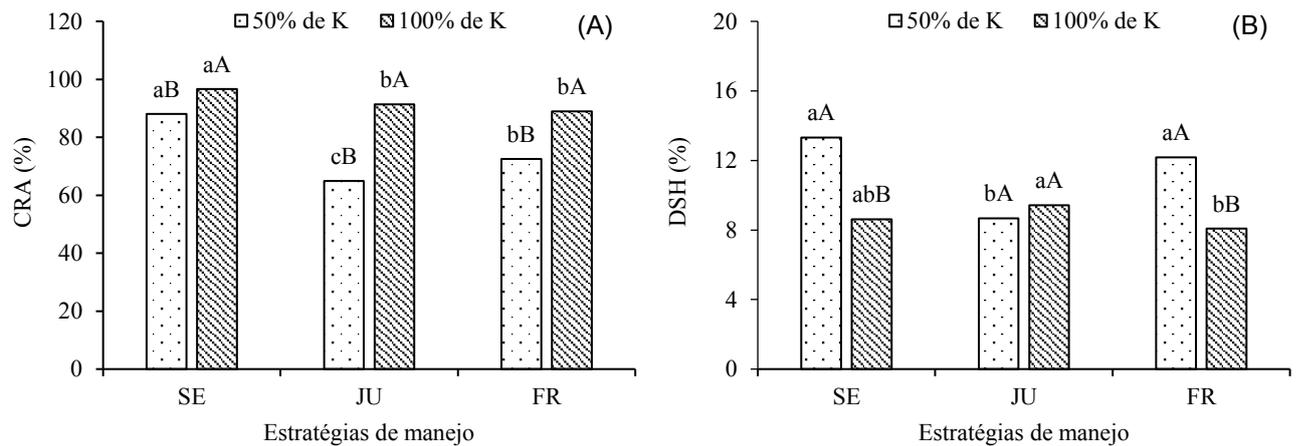
Houve interação entre os fatores (EM × DK) para o conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e para os teores de clorofila a (Cl *a*) da bananeira cv. Nanica (Tabela 2). As estratégias de manejo de irrigação (EM) e doses de potássio (DK) afetaram significativamente todas as variáveis mensuradas aos 180 dias após o plantio (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), clorofila a (Cl *a*), clorofila b (Cl *b*) e carotenóides (CAR) da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		CRA	DSH	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	CAR
Estratégia de manejo (EM)	2	461,28**	7,37**	34,03**	17,29*	2,97**
Doses de potássio (DK)	1	1765,59**	43,17**	239,80**	104,09**	6,62**
Interação (EM × DK)	2	158,95**	17,81**	32,73**	5,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Blocos	3	0,52	0,90	8,20	12,03	0,57
Resíduo	15	6,33	0,42	2,72	4,82	0,43
CV (%)		3,01	6,49	8,13	23,85	8,77

^{ns}, *, ** não significativos e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade.

O conteúdo relativo de água (CRA) foi influenciado significativamente pela interação entre as estratégias de manejo da irrigação e doses de potássio (Figura 1A). As plantas submetidas a dose de 100% de K₂O obtiveram o valor máximo estimado de 96,68% para o CRA, sob irrigação plena durante todo o ciclo (SE). Já as plantas que receberam à adubação com 50% de K₂O, sofreram reduções no CRA sob irrigação com a lâmina de 50% nas fases juvenil (JU) e de formação da produção (FR), com CRA de 64,90 e 72,49%, atingindo decréscimos de 28,31 e 18,46% quando comparadas as plantas sob adubação de 100% de K₂O (Figura 1A). A deficiência hídrica provoca alterações morfológicas e anatômicas nas plantas a ponto de desbalancear à absorção de água e a taxa transpiratória, essa redução no conteúdo relativo de água indica que a espécie possui grande sensibilidade estomática (MATOS et al., 2018).



Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K₂O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hídrico na fase juvenil; FR - déficit hídrico na frutificação.

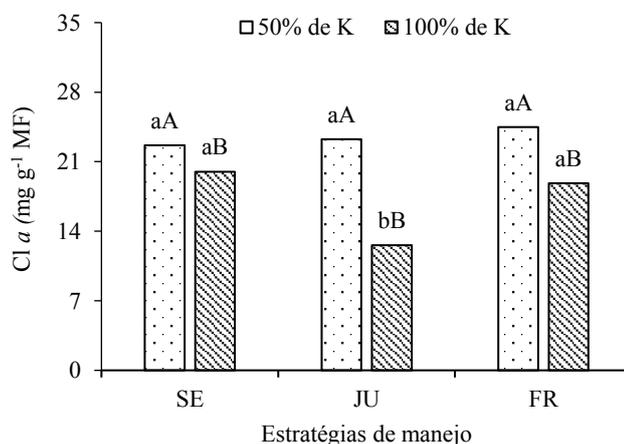
Figura 2. Conteúdo relativo de água no limbo foliar – %CRA (A) e déficit de saturação hídrica – DSH (B) da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre os fatores estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.

O déficit de saturação hídrica (DSH) também foi influenciado pela interação entre os fatores (EM × DK) (Figura 1B). Sob adubação correspondente a 50% da recomendação de K₂O, o maior DSH foi obtido quando as plantas receberam irrigação plena (13,32%), sendo estatisticamente superior àquelas que sofreram estresse hídrico na fase juvenil (8,68%), contudo não diferindo das plantas sob déficit hídrico durante a fase de frutificação (12,17%). É possível que por não ter restrições de água e menor concentração de sais no solo nessa condição tenha estimulado a maior espação celular (TAIZ & ZEIGER, 2013). Quando adubadas com 100% da recomendação de K₂O, observa-se que, o maior DSH foi obtido sob condições de estresse hídrico na fase juvenil (9,42%), sendo estatisticamente superior à quando as plantas receberam estresse hídrico na fase de frutificação (8,08%) (Figura 1B).

Analisando o desempenho da adubação potássica em cada estratégia de manejo de irrigação, constata-se que, quando não houve estresse hídrico (SE), a adubação potássica referente à dose de 100% reduziu o DSH em 35,36% em relação à dose de 50% de K₂O (Figura 1B). Comportamento semelhante pode ser observado quando se aplicou déficit hídrico na fase de formação da produção, onde a dose equivalente a 100% de K₂O diminuiu em 33,61% o DSH em relação à dose de 50% de K₂O. Observa-se não haver diferença significativa das doses de potássio quando o estresse hídrico foi aplicado durante a fase juvenil das plantas de bananeira cv. Nanica (Figura 1B). O conteúdo de água na célula é uma

excelente referência das condições hídricas da planta, particularmente durante períodos de seca, sua redução à medida que se intensifica o déficit hídrico, indica que a planta passou por uma desidratação do protoplasma, podendo ter prejudicado os processos vitais de crescimento, expansão e divisão celular (PELOSO et al., 2017). A redução na quantidade de água no vacúolo pode resultar no aumento da fluidez das membranas, o que pode levar a um vazamento de eletrólitos dos compartimentos celulares (LANGARO, 2014).

Para o teor de clorofila *a* (*Cl a*) observa-se efeito significativo da interação entre os fatores (EM × DK) (Figura 2). Sob adubação potássica correspondente a 50% da recomendação de K₂O, verifica-se não haver diferença significativa entre as estratégias de manejo de irrigação. Sob condição de irrigação plena, sem estresse hídrico a dose de 50% de K₂O foi 11,70% (2,65 mg g⁻¹ MF) superior ao valor obtido em relação as que receberam 100% de K₂O. Quando as plantas receberam estresse hídrico na fase juvenil, a redução foi ainda mais expressiva, sendo observada decréscimos de 45,83% (10,66 mg g⁻¹ MF) quando comparada a adubação equivalente à 100% da recomendação de K₂O à de 50%. O aumento da adubação potássica também diminuiu os valores de clorofila *a* nas plantas submetidas ao estresse hídrico durante a fase de floração, sendo calculada em 23,12% (5,66 mg g⁻¹ MF) (Figura 2).

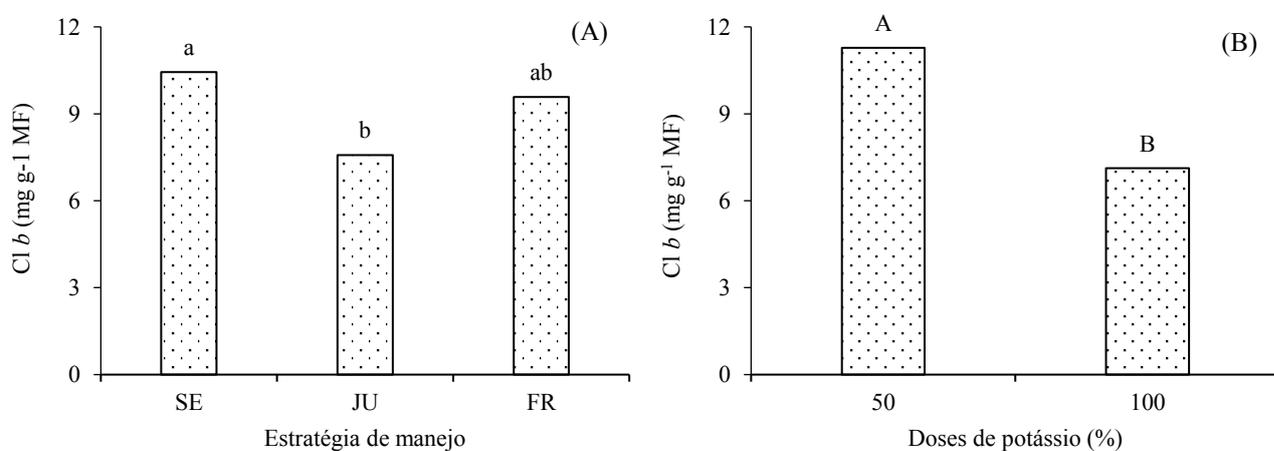


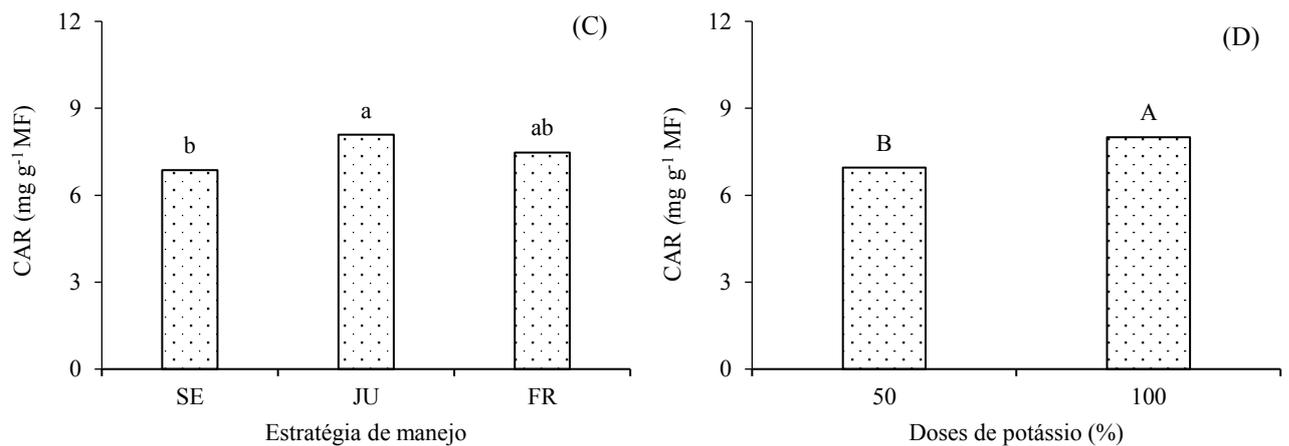
Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K₂O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hídrico na fase juvenil; FR - déficit hídrico na frutificação.

Figura 3. Teor de clorofila *a* – *Cl a* da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre as estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.

O acréscimo no teor de clorofila *a* observado na fase juvenil com uso de 50% da recomendação de K₂O pode estar relacionado a uma resposta adaptativa ao estresse hídrico, possivelmente pelo mecanismo de proteção ao aparato fotossintético, com implicação direta do próprio desenvolvimento dos cloroplastos através da ampliação no número de tilacóides e cloroplastos (Silva et al., 2017). Já a redução ocasionada quando se utilizou 100% da recomendação de K₂O na fase juvenil pode estar associado ao tipo de fertilizante utilizado (KCl) que pode ter aumentado o caráter salino na área, promovendo além do estresse hídrico, o estresse salino.

As estratégias de manejo influenciaram significativamente o teor de clorofila *b* (Cl *b*) (Figura 3A). A irrigação plena durante todo o ciclo da cultura da bananeira promoveu maior teor de Cl *b*, equivalente a 10,44 mg g⁻¹ MF, sendo 27,39% (2,86 mg g⁻¹ MF) superior ao valor obtido pelas plantas que foram submetidas ao estresse hídrico na fase juvenil (7,58 mg g⁻¹ MF). A redução do teor de clorofila *b* observada neste trabalho, pode estar correlacionada com o acúmulo de EROs responsáveis pelo estresse oxidativo decorrentes do estresse hídrico (NXELE et al., 2017).





Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K₂O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hídrico na fase juvenil; FR - déficit hídrico na frutificação.

Figura 4. Teor de clorofila b – Cl b, em função das estratégias de manejo de irrigação (A) e adubação potássica (B), e teor de carotenóides – CAR, em função das estratégias de manejo (C) e adubação potássica (D) da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio.

O estresse hídrico durante a fase juvenil promoveu maior síntese de carotenóides (CAR), equivalente a 8,09 mg g⁻¹ MF, com aumento de 15,08% (1,22 mg g⁻¹ MF) quando comparadas as plantas cultivadas sob irrigação plena (Figura 3C). Contudo, observa-se não haver diferença estatística de quando as plantas receberam estresse hídrico durante a fase juvenil em relação à quando receberam estresse hídrico na fase de floração (7,47 mg g⁻¹ MF).

As plantas cultivadas sob adubação potássica correspondente a 50% da recomendação de K₂O obtiveram maior teor de Cl b (11,28 mg g⁻¹ MF), sendo 36,88% (4,16 mg g⁻¹ MF) superior ao obtido pelas plantas cultivadas sob adubação de 100% e K₂O, que obteve 7,12 mg g⁻¹ MF (Figura 3B). O aumento no teor de clorofila b nas folhas de bananeira submetidas à maior dose de K₂O, pode estar relacionada à fonte de fertilizante utilizada (KCl), que possui elevado nível salino (116,3), interferindo assim de maneira negativa à síntese do pigmento pelas plantas. O aumento na EROs de oxigênio nas células de plantas sob déficit hídrico pode ocasionar a degradação dos pigmentos fotossintéticos, levando ao aparecimento de clorose nas folhas em plantas submetidas ao déficit hídrico (TEIXEIRA et al., 2020).

Observa-se que a dose equivalente a 100% da recomendação de K₂O alcançou maior valor de carotenóides (8,00 mg g⁻¹ MF) com acréscimo de 13,13% (1,05 mg g⁻¹ MF) em relação as plantas sob adubação de 50% de K₂O (Figura 3D). O aumento dos carotenóides

possivelmente é um mecanismo de defesa do aparato fotoquímico, prevendo dano fotooxidativo às moléculas de clorofila (RAVEN e tal, 2007).

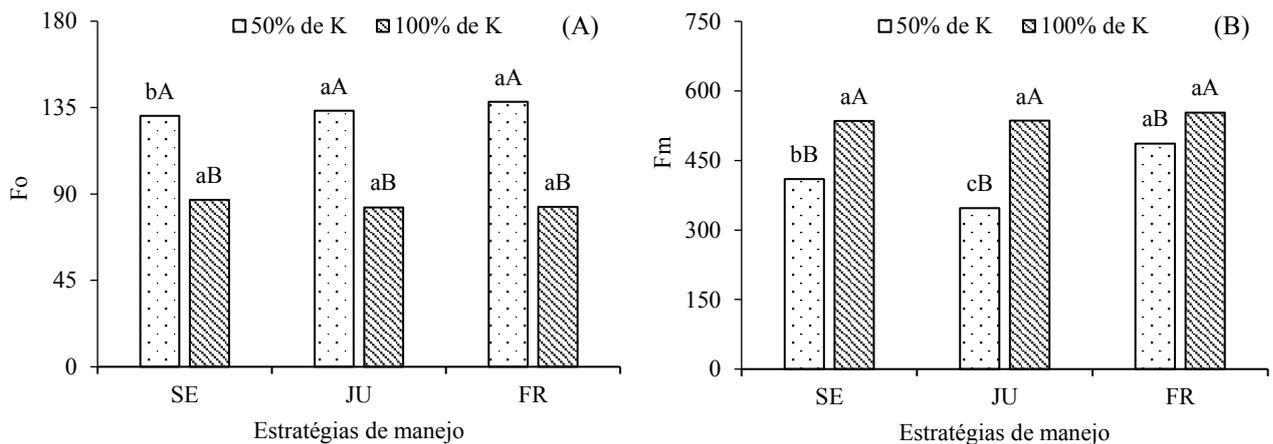
Para a eficiência fotoquímica das plantas de bananeira, constatou-se efeito significativo para interação entre os fatores (EM × DK) para a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m) e eficiência quântica do fotossistema II (FSII) (Tabela 3). Os fatores isolados estratégias de manejo de irrigação e doses de potássio tiveram efeito significativo sob todas as variáveis de fluorescência da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Estratégia de manejo (EM)	2	546,06*	12442,86**	13805,81**	0,54**
Doses de potássio (DK)	1	9814,54**	96604,78**	71649,86**	2,96**
Interação (EM × DK)	2	858,96*	7364,53**	5890,00 ^{ns}	0,10*
Blocos	3	408,25	880,33	803,75	0,02
Resíduo	15	153,05	326,51	1672,99	0,01
CV (%)		11,81	3,78	5,42	8,23

^{ns}, *, ** não significativos e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade.

Para a fluorescência inicial (F_0) (Figura 4A), verifica-se em todas as estratégias de manejo da irrigação maior quando as plantas receberam a dose correspondente a 50% de K_2O , com reduções na F_0 de 33,41; 37,75 e 54,67%, quando receberam adubação potássica equivalente à 100% de K_2O nas estratégias sem estresse, com estresse hídrico na fase juvenil e com estresse hídrico na fase de frutificação, respectivamente (Figura 4A). O aumento da F_0 significa que houve comprometimento do centro de reação do FSII, ou seja, redução na capacidade de transporte de elétrons, pelo desacoplamento do complexo antena do FSII e seu respectivo centro de reação, motivado pela fotoinibição (LOPES, 2016).

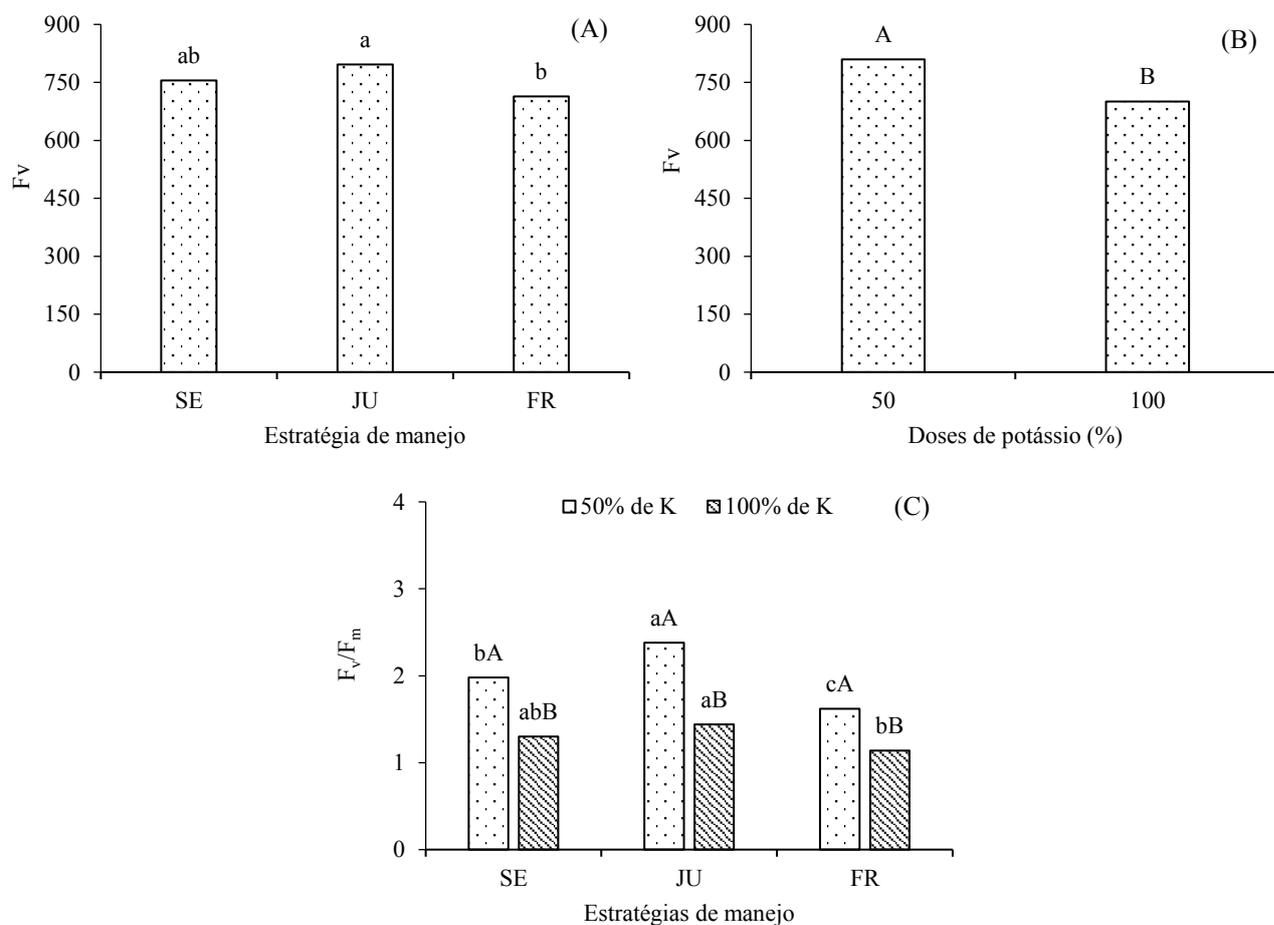


Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K_2O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hídrico na fase juvenil; FR - déficit hídrico na frutificação.

Figura 5. Fluorescência inicial – F_o (A) e fluorescência máxima – F_m (B) da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre os fatores estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.

A fluorescência máxima (F_m) sob adubação potássica correspondente a 50% da recomendação de K_2O foi superior nas plantas sob estresse hídrico durante a fase de frutificação (486,33), sendo estatisticamente superior ao resultado obtido nas plantas sem estresse hídrico e quando receberam estresse hídrico na fase juvenil com F_m de 410,00 e 347,33, respectivamente (Figura 4B). Observa-se não haver diferença estatística na F_m das estratégias de manejo quando as plantas receberam 100% da recomendação de K_2O . A fluorescência máxima é um indicador do estado fotoquímico das folhas ou mesmo de estresses ambientais quando relacionado a fluorescência variável (SILVA et al., 2015). Assim, o suprimento parcial, equivalente a 50% da recomendação de K_2O associado ao déficit hídrico ocasionado principalmente na fase juvenil promoveu redução da F_m das plantas de bananeira.

Para a fluorescência variável (F_v), observa-se que, o estresse hídrico ocasionado na fase juvenil proporcionou maior F_v , equivalente a 796,5, contudo não diferiu estatisticamente de quando cultivadas sob irrigação plena (755,16) (Figura 5A). A F_v observada na fase juvenil foi 10,43% (83,09) superior observada nas plantas sob déficit hídrico durante a fase de floração. Enquanto que os valores em função da adubação potássica (Figura 5B), na dose correspondente a 50% da recomendação proporcionou maior F_v , equivalente a 809,66, apresentando superioridade de 13,49% (109,28) em relação ao valor observado quando as plantas receberam 100% de K_2O .



Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K_2O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hídrico na fase juvenil; FR - déficit hídrico na frutificação.

Figura 6. Fluorescência variável – F_v em função das estratégias de manejo de irrigação (A) e adubação potássica (B) e eficiência quântica do fotossistema II – F_v/F_m (C) da bananeira cv. Nanica, em função da interação entre os fatores estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 180 dias após o plantio.

Para a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) sob adubação potássica correspondente à 50% da recomendação de K_2O , promoveu o maior F_v/F_m quando as plantas receberam estresse hídrico na fase juvenil (2,38), diferindo-se estatisticamente daquelas que não sofreram estresse (1,98) e receberam estresse hídrico na fase de floração (1,62). Estes valores são 16,80% e 31,93%, respectivamente, inferior quando comparado ao resultado obtido quando as plantas receberam estresse hídrico na fase juvenil (Figura 5C).

Quando as plantas receberam 100% da recomendação de K_2O , observa-se que, o maior valor foi obtido ocorreu nas plantas que receberam estresse hídrico na fase juvenil (1,44),

sendo estatisticamente superior ao resultado obtido ao estresse hídrico na fase de floração (1,14). Não houve diferença significativa quando comparado o resultado obtido na fase juvenil ao de quando as plantas não foram submetidas ao estresse hídrico (Figura 5C). Silva et al. (2015), mencionam que valores da eficiência quântica do fotossistema II variando de 0,75 a 0,85 indicam que o aparato fotossintético está intacto, os valores de F_v/F_m encontrados neste estudo independente dos tratamentos aplicados estão acima do proposto. Com isto, pode-se inferir que, apesar da restrição hídrica, e da redução da dose de K_2O utilizada no estudo, o aparato fotossintético da bananeira ‘Nanica’ não foi comprometido.

Não houve interação entre os fatores (EM × DK) para as variáveis de crescimento analisadas (Tabela 4). Observa-se efeito significativo de maneira isolada das estratégias de manejo de irrigação (EM) e doses de potássio (DK) para o diâmetro do pseudocaule, altura de plantas, número de folhas e área foliar da bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.

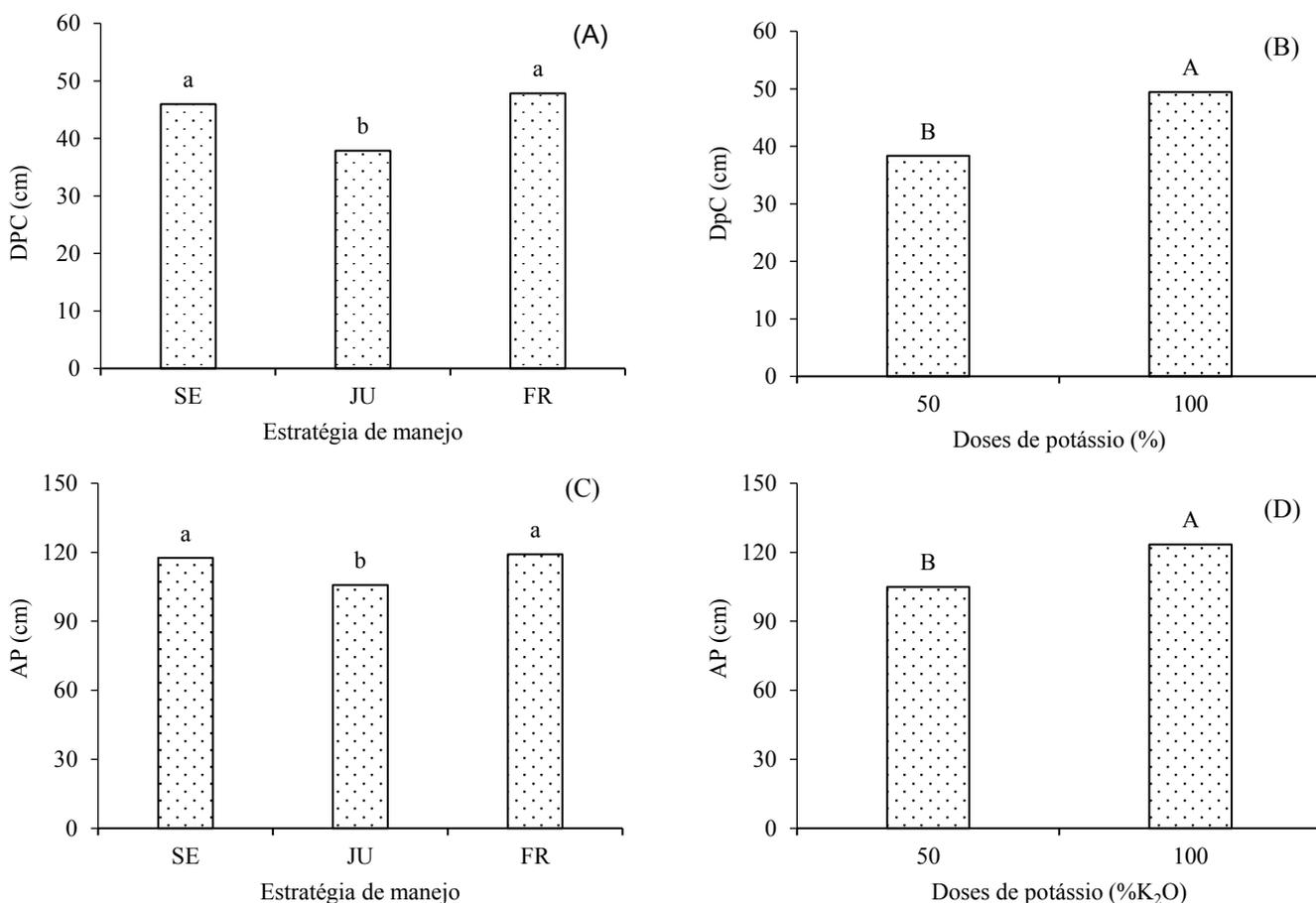
Tabela 4. Resumo da análise de variância para o diâmetro do pseudocaule (DPC), altura de plantas (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) da bananeira cv. Nanica sob estratégias de manejo de irrigação e adubação potássica, aos 210 dias após o plantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		DPC	AP	NF	AF
Estratégia de manejo (EM)	2	223,28**	424,97**	2,16*	2237255,04**
Doses de potássio (DK)	1	735,60**	2040,75**	66,63**	58198574,80**
Interação (E × DK)	2	15,96 ^{ns}	63,96 ^{ns}	0,38 ^{ns}	640671,91 ^{ns}
Bloco	3	7,70	0,92	0,64	143881,48
Resíduo	15	13,93	21,07	0,40	288117,03
CV (%)		8,50	4,02	4,72	7,33

^{ns}, *, ** não significativos e significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade.

Com relação ao diâmetro do pseudocaule da bananeira em função das estratégias de manejo da irrigação (Figura 6A) verifica-se nas plantas submetidas ao déficit hídrico durante a fase juvenil (JU) tiveram reduções de 17,54%, quando comparadas a estratégia sem déficit hídrico. Outro aspecto relevante foi a recuperação das plantas em DPC (47,83 cm) nas que estavam sob estresse hídrico na fase de formação da produção (FR) não diferindo estatisticamente das plantas submetidas a irrigação plena durante todo o ciclo da cultura (Figura 6A).

Para a altura de planta (AP), observa-se comportamento semelhante ao observado no diâmetro do pseudocaule, cujo déficit hídrico na fase de formação da produção (FR) promoveu maior AP (119,08 cm), não diferindo das plantas cultivadas sob estresse hídrico, enquanto que as submetidas ao estresse hídrico durante a fase juvenil apresentou decréscimos de 10,04% e 11,1% em relação as estratégias SE e FR, respectivamente (Figura 6C). Com base os resultados observados, constata-se maior sensibilidade da bananeira ao déficit hídrico durante a fase juvenil, com reduções no diâmetro do pseudocaule e altura de plantas. Na cultura da bananeira, as fases infantil e juvenil são consideradas como as mais sensíveis ao déficit hídrico, sendo de extrema importância o adequado suprimento de água e nutrientes para o bom crescimento e desenvolvimento da cultura (DONATO et al., 2013).

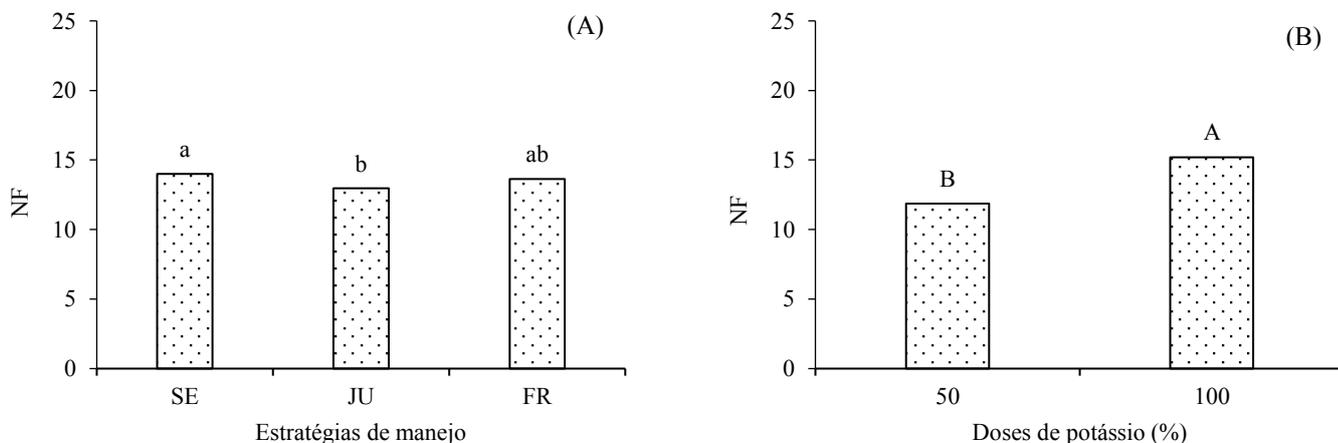


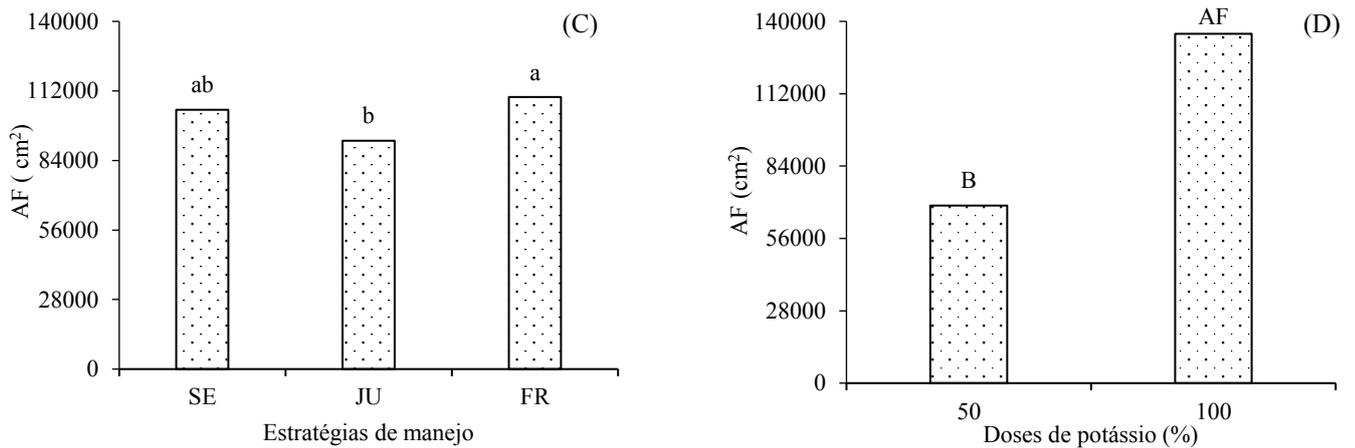
Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K₂O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hedrico na fase juvenil; FR - déficit hedrico na frutificação.

Figura 7. Diâmetro do pseudocaule – DPC em função das estratégias de manejo de irrigação (A) e adubação potássica (B) e altura de plantas – AP, em função das estratégias de manejo (C) e adubação potássica (D) da bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.

A adubação potássica na dose de 100% de K_2O promoveu incremento de 22,39% e 14,96% (11,07 e 18,45 cm) no diâmetro do pseudocaule e na altura das plantas, respectivamente, quando comparado com adubação potássica de 50% de K_2O (Figura 6B e 6D). Essas reduções na menor dose de K_2O , possivelmente estão relacionadas às funções desempenhadas pelo potássio, onde a redução na sua disponibilidade para a planta pode ter afetado diretamente os parâmetros de crescimento, uma vez que este nutriente é mais exigido para o crescimento e produção da bananeira, sendo importante na translocação dos fotoassimilados e no balanço hídrico (FERREIRA et al., 2016). Sobral et al. (2021) observaram acréscimos no diâmetro do pseudocaule de bananeira ‘Grand Naine’, com a adubação de KCl, na dose de 160 g família⁻¹ mês⁻¹, gerando plantas com máxima circunferência, atingindo 0,85 m, superando em 0,11 m as plantas sem adubação potássica.

As plantas cultivadas sem estresse hídrico (SE) obtiveram o maior número de folhas (13,99 folhas) sendo estatisticamente superior ao valor de (12,97 folhas) quando se aplicou déficit hídrico na fase juvenil com acréscimo de 7,29% (Figura 7A). A área foliar (AF) das plantas sob irrigação plena (100% ETc) e com déficit hídrico (50% ETc) na fase de frutificação tiveram os maiores valores (104452,16 e 109517,25 cm²), com aumentos de 11,92 e 13,29% quando comparadas as plantas submetidas ao déficit hídrico durante a fase juvenil, respectivamente (Figura 7C). Essas reduções no número de folhas e área foliar em função do déficit hídrico durante a fase juvenil estratégia é um mecanismo de tolerância ao déficit hídrico, por reduzir a superfície de transpiração retardando a desidratação das plantas (MATOS et al., 2018).





Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos, barras com mesma letra maiúscula em cada estratégia indicam não haver diferença significativa entre as doses de K_2O pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$. SE - sem estresse durante todo o ciclo da cultura; JU - déficit hídrico na fase juvenil; FR - déficit hídrico na frutificação.

Figura 8. Número de folhas – NF e área foliar - AF em função das estratégias de manejo de irrigação (A e C) e adubação potássica (B e D) da bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.

A adubação potássica correspondente a 100% de K_2O promoveu maior número de folhas e área foliar da bananeira cv. Nanica (15,20 folhas e 135200,35 cm²) com acréscimo de 21,19% (3,33 folhas) e 35,10% (66426,01cm²) em relação às plantas sob 50% da adubação potássica, respectivamente (Figuras 7B e 7D). As reduções observadas no número de folhas e área foliar em função da redução da adubação potássica, estão relacionadas à função desempenhada por este nutriente, uma vez que, dentre outras funções, o K^+ participa da translocação de carboidratos sintetizados no processo fotossintético, da síntese proteica, de extensão e turgor celular e da ativação enzimática (SCHIMIDT, 2017). Sobral et al. (2021) constataram na bananeira ‘Grand Naine’, superioridade da área foliar (174100 cm²), na dose de 162,41 g família⁻¹ mês⁻¹ de KCl (1.507 kg ha⁻¹ano⁻¹ de K_2O) superando em 39% a AF das plantas sem adubação.

6. CONCLUSÕES

A dose correspondente a 50% de K_2O favorece a síntese de clorofila *a* e aumento nos teores de clorofila *b* da bananeira cv. Nanica sob déficit hídrico nas fases juvenil e de frutificação aos 180 dias após o plantio.

A dose correspondente a 50% de K_2O promove o aumento para fluorescência inicial (F_0) e a fluorescência variável (F_v) quando receberam estresse hídrico nas fases juvenil da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio.

A dose correspondente a 50% de K_2O reduz a fluorescência máxima (F_m) nas fases juvenil sob déficit hídrico da bananeira cv. Nanica aos 180 dias após o plantio.

O estresse hídrico ocasionado na fase juvenil promove maiores efeitos negativos sob o crescimento, conteúdo de água, dano à membrana celular da bananeira cv. Nanica.

A dose correspondente a 50% da recomendação de K_2O reduz o crescimento das plantas de bananeira cv. Nanica aos 210 dias após o plantio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, A.; ASLAM, Z.; IQBAL, N.; IDREES, M.; BELLITÜRK, K.; SAMI-UR-REHMAN, AMEER, H.; IBRAHIM, M. U.; SAMIULLAH, REHAN, M. Effect of exogenous application of osmolytes on growth and yield of wheat under drought conditions. **Journal of Environmental and Agricultural Sciences**, v.21, p.6-13, 2019.
- AL-HARBIA, A. R.; AL-OMRANB, A. M.; ALHARBI, K. Grafting improves cucumber water stress tolerance in Saudi Arabia. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.25, p.298-304, 2018.
- ALVES, E.J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI/ Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 2000. 585p.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.
- ARVANITOYANNIS, I. S.; MAVROMATIS, A. Banana cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.49, p.113-135, 2009.
- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; AKHTAR, N.; IMTIAZ, M.; ALI, A. Salinization/sodification of soil and physiological dynamics of sunflower irrigated with saline sodic water amending by potassium and farm yard manure. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v.7, p.476-487, 2017.
- ASKARI-KHORASGANI, O.; REHMANI, M.I.A.; WANI, S.H.; KUMAR, A. Osmotic Stress. In: **Handbook of Plant and Crop Physiology**, New York: CRC Press, 445-464, 2021.
- BAHRAMI-RADB, S.; HAJIBOLAND, R. Effect of potassium application in drought-stressed tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants: Comparison of root with foliar application. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 62, p. 121-130, dec. 2017.
- BARROSO, A. de A.F.; VIANA, T.V. de A.; MARINHO, A.B.; COSTA, S.C.; AZEVEDO, B.M. de. Teores de macronutrientes em folhas de bananeira cv. Pacovan Apodi, sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.529-538, 2011.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. Ed. Viçosa: UFV 2019. 545 p.

- BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, J. E. A.; VELOSO, C. A. C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1-14, 2000.
- BRUNINI, O. **Exigências climáticas e aptidão agroclimática da bananicultura**. In: Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura, 2001. Jaboticabal, Anais...Jaboticabal: FCAVJ, 1984. p.99-117.
- BORGES, A. L. O Cultivo da bananeira. Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2004.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S.; ALVES, E. J. Exigência edafoclimáticas. In: Cordeiro, Z. J. M. **Banana. Produção: aspectos técnicos**. p.17-23. Embrapa –SPI; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Brasília. 2000. 143 p.
- CAVALCANTI, F. J. de A. CAVALCANTI, F. J. de A.; LIMA JÚNIOR, M. A.; LIMA, J. F. W. F. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3 ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, 2008. 212p.
- CHAMPION, J. **El platano**. Barcelona: Editorial Blume, 1975. 247p.
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R. dos; CRUZ, R. O. da R.; LIMA, L. W. F.; BARROS, D. L. Irrigação com déficit regulado em diferentes fases de cultivo de bananeira ‘BRS Princesa’. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.14, p.3931–3940, 2020.
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, P. M.; CASTRICINI, A. Soil-water-plant relationship and banana yield under partial root-zone drying irrigation. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 362-367, 2019.
- COELHO, E. F. (Ed.). **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. 280 p.
- COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; TEIXEIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, S. L. de. **Irrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 8 p.
- CORDÃO, M. A.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; LIMA, R. F. de; FERREIRA, F. N. Cultivares de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico aplicado em fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, p. 313-321, 2018.
- CORDÃO SOBRINHO, F. P.; GUERRA, H. O. C.; ARAUJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C. Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.1057-1063, 2015.

- COTRIM, C. E.; COELHO, E. F.; SILVA, J. A. da; SANTOS, M. R. dos. Irrigação com déficit controlado e produtividade de mangueira ‘Tommy Atkins’ sob gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, p.2229-2238, 2017.
- DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; SILVA, S. de O.; CORDEIRO, Z. J. M. Comportamento fitotécnico da bananeira ‘Prata-Anã’ e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p. 1608-1615, 2009.
- DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. DE M.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, P. M. **Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira**. In: XX Reunião internacional da associação para a cooperação e desenvolvimento integral das musáceas (bananas e plátanos), 2013, Fortaleza. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, v.1, p. 58-72, 2013.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p.551-594.
- Food and Agriculture Organizations of the United Nations – **FAO DATABASE**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 18 junho. 2023.
- FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: Effects mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p. 185-212, 2009.
- FAUSTINO, L. I.; MORETTI, A. P.; GRACIANO, C. Fertilization with urea, ammonium and nitrate produce different effects on growth, hydraulic traits and drought tolerance in *Pinus taeda* seedlings. **Tree Physiology**, v. 35, p. 1062-1074, 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.
- FERREIRA, F. C.; SILVA, O. S.; AMORIM P. E.; SEREJO, S. A. J. O Agronegócio da Banana. Brasília, DF: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2016, 547p.
- GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, p.349-359, 2015.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 108, p. 225-230, 1982.
- HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M. B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, M. D.; MOHMUD, J. A.; HOSSEN, M. S.; MASUD, A. A. C.; MOUMITA, M. Potassium: a vital

- regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, v. 8, p. 1-29, 2018.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- ILYAS, M.; NISAR, M.; KHAN, N.; HAZRAT, A.; KHAN, A. H. Drought tolerance strategies in plants: A mechanistic approach. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.40, p.926–944, 2020.
- KOVALCHUK, I. Multiple roles of radicals in plants. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, 2010. p.31-44.
- KUMAR, N.; KRISHNAMOORTHY V.; NALINA, L.; SOORIANATHASUNDHARAM, K. Nuevo factor para estimar el área foliar total en banano. **INFOMUSA**, v.11, p.42-43, 2002.
- LANGARO, A. C. Alterações fisiológicas na cultura do tomateiro devido à deriva simulada de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, p. 40-46, 2014.
- LANGER, K.; LEVCHENKO, V.; FROMM, J.; GEIGER, D.; STEINMEYER, R.; LAUTNER, S.; ACHE, P.; HEDRICH, R. The poplar K⁺ channel KPT1 is associated with K⁺ uptake during stomatal opening and bud development. **The Plant Journal**, v.37, p.828-838, 2004.
- LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, p.250-256, 2019.
- LOPES, M. **Ecofisiologia, nutrição e análise econômica da palma forrageira sob diferentes manejos no Semiárido Brasileiro**. Tese. (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fortaleza, 2016.
- MAGALHÃES, D. B.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; SOUZA, B. S. Yield of ‘Prata-Anã’ banana plants under water deficit and high plant density. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.42, p.1–3, 2020.
- MATOS, F. S.; FREITAS, I. A. S.; SOUZA, B. R. de. LOPES, V. de A. ROSA, V. do R. Crescimento de plantas de *tectona grandis* sob restrição hídrica. **Revista Agrarian**, v.11, p. 14-21, 2018.

- MEIRA, C. F. et al. Avaliação do comportamento de bananeiras (*Musa spp.*) submetidas ao estresse hídrico. 2012.
- MELO, A. S. de; SOBRAL, L. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A. Aspectos técnicos e econômicos da bananeira 'Prata-Anã' sob fertirrigação nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.564-571, 2010.
- MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999.
- NXELE, X.; KLEIN, A.; NDIRIMBA, B. K. Drought and salinity stress alters ROS accumulation, water retention, and osmolyte content in sorghum plants. **South African Journal of Botany**, v. 108, p. 261–266, 2017.
- OLIVEIRA, A. P.; SOUZA, C. M. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 345-347, 2003.
- PELOSO, A. de F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. do. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, v. 12, p. 389-399, 2017.
- PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with water scarcity: Addressing the challenges**. Springer Science & Business Media, 2009.
- PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, v. 133, p. 670-681, 2008.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.407p.
- RAVEN P. H.; EVERT R. F.; Eichhorn S. E. **Biologia Vegetal**. 7th ed. Editora Guanabara Koogan S. A., Rio de Janeiro, 2007.
- RAVI, I.; UMA, S.; VAGANAM, M. M.; MUSTAFFA, M. M. Phenotyping bananas for drought resistance. **Frontiers in Physiology**, v.4, p.1-15, 2013
- ROBINSON, J. C.; GALÁN SAUCO, V. **Bananas and plantains**, 2 ed. Crop production science in horticulture. 19. CAB International, Wallingford, 2010. 311 p.
- 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**, v. 49, p.1-10, 2019.
- SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; LOURENÇO, L. L.; SILVA, T. S.; COELHO FILHO, M. A. Irrigation management strategy for Prata-type banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 817-822, 2016.

- SANTOS, M. R.; NEVES, B. R.; SILVA, B. L.; DONATO, S. L.R.; Yield, water use efficiency and physiological characteristics of “Tommy Atkins” mango under partial rootzone drying irrigation system. **Journal of Water Resource and Protection**, v.7, p.1029-1037, 2015.
- SANTOS, V. P. dos; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S. de; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. de M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. Prata-Anã com N e K em um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.567-573, 2009.
- SAÚCO, V. G.; HORMAZA, M. H. AND J. I. Tropical and subtropical fruits victor. In: DIXON, G. R.; ALDOUS, D. E. (Eds.). **Horticulture: Plants for people and places: Production Horticulture**. Springer Science, v. 1, p. 123–157, 2014.
- SCARPARE FILHO, J. A.; SILVA, S. R. da; SANTOS, C. B. dá C.; NOVOLETTI, G. **Cultivo e produção de banana**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2016. 86p.
- SCHIMIDT, F. Crescimento e produção de arroz irrigado de pericarpo colorido em função da aplicação de nitrogênio e potássio. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, p. 34-42, 2017.
- SHABALA, S.; POTTOSIN, I. Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: Implications for abiotic and biotic stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v.151, p.257-279, 2014.
- SHAO, H. B., L.Y. CHU., C.A., JALEEL, Y., ZHAO, C. X. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.215-225, 2008.
- SILVA, W. C.; MOURA, J. G.; OLIVEIRA, A. B.; FERREIRA, L. E.; SILVA, T. M. Growth and gas exchange in cowpea plants under different managements and saline conditions. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, p.756-764, 2017.
- SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 946-952, 2015.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 152-155, 2003.

- SOBRAL, K. R. F.; PACHECO, D. D.; SILVA, T. C. S. ALCÂNTARA, S. F.; BRITO, C. G.; CRUZ, F. A. Nutrição potássica e magnésiana em bananeira ‘Grand Naine’ irrigada com água calcária no semiárido mineiro. **Revista Desafios**, v. 8, p.1-13, 2021.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización**. In: Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Guácimo, Costa Rica, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- TEIXEIRA, G. C. M.; MELLO, P. R.; ROCHA, A. M. S.; SANTOS, L. C. N.; SANTOS, S. M. M.; GRATÃO, P. L.; FERNANDES, C. Silicon in pre-sprouted sugarcane seedlings mitigates the effects of water deficit after transplanting. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 849-859, 2020.
- TEIXEIRA, L., A., J.; RUGGIERO, CARLOS; NATALE, WILLIAM. Manutenção de folhas ativas em bananeira-'Nanicão'por meio do manejo das adubações nitrogenada e potássica e da irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 699-703, 2001.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2017. 573p.
- TURNER, D. W., FORTESCUE, J. A., THOMAS, D. S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.19, p.463-484, 2007.
- WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal of Molecular Sciences**. v.14, p.7370-7390, 2013.
- ZAHOOR, R.; DONG, H. R.; ABID, M.; ZHAO, W. Q.; WANG, Y. H.; ZHOU, Z. G. Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in cotton by enhancing photosynthesis and carbohydrate metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, v.137, p.73–83, 2017.
- ZHU, B.; XU, Q. W.; ZOU, Y. G.; MA, S. M.; ZHANG, X. D.; XIE, X. Y.; WANG, L. C. Effect of potassium deficiency on growth, antioxidants, ionome and metabolism in rapeseed under drought stress. **Plant Growth Regulation**, v.90, p.455–466, 2020.