

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**USO DO SECAMENTO PARCIAL DA ZONA RADICULAR DA
BANANEIRA COMO FORMA DE REDUÇÃO DA ÁGUA APLICADA E
AUMENTO DE PRODUTIVIDADE**

José Carlos Lopes de Lima

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

2022

USO DO SECAMENTO PARCIAL DA ZONA RADICULAR DA BANANEIRA COMO FORMA DE REDUÇÃO DA ÁGUA APLICADA E AUMENTO DE PRODUTIVIDADE

José Carlos Lopes de Lima

Engenheiro Biosistemas

Universidade Federal de Campina Grande, 2019.

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

Orientador: Dr. Eugênio Ferreira Coelho

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

L732u

Lima, José Carlos Lopes de

Uso do secamento parcial da zona radicular da bananeira como forma de redução da água aplicada e aumento de produtividade / José Carlos Lopes de Lima. - Cruz das Almas, BA, 2022.

75f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Ciências Agrárias.

Orientador: Professor Dr. Eugênio Ferreira Coelho

1. Banana (*Musa ssp*) - Irrigação. 2. Agricultura irrigada - banana. 3. Irrigação – manejo - banana. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 634.772

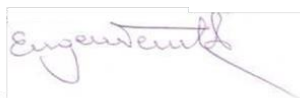
Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração – Patrícia Verônica Nascimento Dias Fernandes (Bibliotecária - CRB5 /1353).
(os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**USO DO SECAMENTO PARCIAL DA ZONA RADICULAR DA
BANANEIRA COMO FORMA DE REDUÇÃO DA ÁGUA APLICADA E
AUMENTO DE PRODUTIVIDADE**

**Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação do
José Carlos Lopes de Lima**

Data da defesa: 22 de julho de 2022

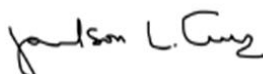


Prof. Dr. Eugênio Ferreira Coelho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Orientador

Dionei Lima
Santos

Assinado de forma digital por
Dionei Lima Santos
Dados: 2022.08.11 14:08:01
-03'00'

Prof. Dr. Dionei Lima Santos – IF - PA
Examinador Externo



Prof. Dr. Jailson Lopes da Cruz
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Joel Rosa de Lima, Maria Das Dores Lopes de Lima, pelo amor, preocupação e dedicação que marcam a união de uma família, minha base.

Aos meus irmãos Damião Lopes de Lima, Francisco Lopes de Lima, Hallef Lopes de Lima, Ricardo Lopes de Lima e Liliane Fatima de Lima.

Aos meus avós: Manoel Domingos Lopes, Maria Francisca da Conceição e (em memória) Pedro rosa de Lima, Anaide Maria da Conceição.

A todos os meus amigos e familiares pela amizade e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pela saúde que têm me proporcionado todos os dias da minha vida, amigos que me proporcionou momentos vividos até o momento, pela sabedoria, caminhos traçados que me fizeram evoluir, pela força e coragem para enfrentar as dificuldades existentes.

Aos meus pais, por todo carinho, amor, dedicação, ensinamentos em todos instantes de minha existência, vocês são a razão da minha existência e fonte de inspiração;

A toda a minha família: irmãos, avós, tias, tios e primos;

Ao Dr. Eugenio Ferreira Coelho, pela paciência, amizade, pelas orientações, além do ensinamento profissional e pessoal, mostrando acima de tudo como ser um verdadeiro profissional.

Aos professores e técnicos do curso de pós-graduação em engenharia agrícola, por proporcionar a oportunidade de aperfeiçoar meus conhecimentos teóricos e práticos;

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo Kamila Sotero, Marco silva, Maria Alice, Taliana Samara, Paloma Moreira, Welligton, Wilma, pelo apoio, amizade, disposição e por tornar meus dias de trabalho satisfatórios e descontraídos.

Aos meus amigos de moradia Wellington (Paulista), Vanessa, Igor, Claudia, Mauro, Albert, Laila, Cauã, Milena, Emanuel e Giliel que me ajudaram diretamente e indiretamente.

Aos colegas de curso Geovana Paim, Jessica Couto, Luma, Felipe, Paulo Vitor, Jean e os demais colegas pela amizade, foram vocês que tornaram possível alcançar esse objetivo;

Aos amigos da equipe de pesquisa em Irrigação da EMBRAPA Tacisio, Paulo, Bruno, Damiana, Lucas, Tacio, Daniel, Samuel e Luma (as Feras do gado), pelo apoio, amizade, disposição e ajuda no desenvolvimento da pesquisa e por tornar meus dias de trabalho satisfatórios e descontraídos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pelo material e condições para o desenvolvimento da pesquisa;

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo espaço e condições para o desenvolvimento da pesquisa;

A FAPESB, pela concessão da bolsa de estudo.

Uso do secamento parcial da zona radicular da bananeira como forma de redução da água aplicada e aumento de produtividade

Resumo

No Brasil, a região norte de Minas Gerais desempenha um papel importante na economia brasileira, principalmente na produção de bananas. A bananicultura na região tem grande potencial, que se concretiza através do projeto Jaíba, um forte projeto de abastecimento público. Por outro lado, gera maior consumo de água. Dessa forma, a pesquisa é potencializada por meio do uso de estratégias que visa reduzir o desperdício de água nas plantas sem impactar a produtividade. A técnica de secamento parcial da zona radicular (“partial root-zone drying”, PRD) é de grande importância como estratégia sustentável, sendo conceituada pela frequência de alternância do lado da irrigação e redução da lâmina bruta. Para contribuir, principalmente para regiões semiáridas que sofrem com a escassez hídrica na fruticultura. Portanto, o objetivo deste trabalho no (I) capítulo foi avaliar a técnica de secamento parcial da zona radicular (PRD) sob o comportamento da água no solo e aspectos fisiológicos em duas fases (vegetativa e produção) e em horários (10:00 e 13:00hs) no cultivo da bananeira Prata Anã (*Musa ssp.*) nas condições climáticas do norte mineiro. No Capítulo (II), além dos aspectos comportamentais de água no solo e fisiológicos, ele se concentra na avaliação do crescimento, produtividade e eficiência produtiva do uso da água de irrigação. O delineamento experimental utilizado foram blocos casualizados e parcelas subdivididas com lâmina de irrigação na parcela e frequência de aplicação na subparcela. Os tratamentos incluíram tratamento de irrigação plena (IP) e outros tratamentos com reduções de 50% e 35% na lâmina bruta (LB) e frequências alternadas de 1 dia e 3 dias no lado irrigado. A condução experimental adotou o método de irrigação por gotejamento, cada fileira de plantas com 2 linhas laterais, o espaçamento dos emissores foi de 0,40 m, cada planta possuiu 8 emissores, 3 emissores por planta e a vazão de cada emissor foi de 4 L.h⁻¹. O manejo da irrigação foi realizado via clima. A água disponível no solo reduziu a níveis de 4,3% para frequência de alternância do lado irrigado de 1 dia, com redução 50% da LB; 12% para 3 dias, com redução 50% da LB; e de 7,3% para 3 dias, com redução 35% da LB quando comparada a água disponível no solo correspondente a umidade crítica. As frequências de alternância do lado irrigado da fileira de planta de 1 e 3 dias não influenciam as variáveis fisiológicas condutância estomática (gs) e temperatura da folha. A redução do volume de água de irrigação influencia a redução da gs às 13 horas. O uso das frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 1 e 3 dias com as reduções de 35 e 50% do volume de água aplicado não influenciaram as variáveis fisiológicas gs e Tf da bananeira cv. Prata Anã. O uso das frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 1 e 3 dias com as reduções de 35 e 50% do volume de água aplicado não influenciaram as variáveis de produção e de uso da água. A redução de 35% da lâmina bruta com frequência de alternância de 1 dia rendeu aproximadamente a mesma produção da irrigação total. Em condições de escassez hídrica, a estratégia de irrigação alternada de 1 dia e redução de 35% e 50% da LB pode substituir a irrigação total na bananeira Pata Anã.

Palavras-chave: (*Musa ssp.*), eficiência do uso da água, déficit de irrigação.

Use of partial drying of the banana root zone as a way of reducing applied water and increasing productivity

Abstract

In Brazil, the northern region of Minas Gerais plays an important role in the Brazilian economy, mainly in the production of bananas. Banana farming in the region has great potential, which is materialized through the Jaíba project, a strong public supply project. On the other hand, it generates greater consumption of water. In this way, research is enhanced through the use of strategies that aim to reduce water waste in plants without impacting productivity. The technique of partial root-zone drying ("partial root-zone drying", PRD) is of great importance as a sustainable strategy, being conceptualized by the frequency of alternation of the irrigation side and reduction of the gross blade. To contribute, mainly to semi-arid regions that suffer from water scarcity in fruit farming. Therefore, the objective of this work in (I) chapter was to evaluate the technique of partial drying of the root zone (PRD) under the behavior of soil water and physiological aspects in two phases (vegetative and production) and at times of (10:00 and 1:00 pm) in the cultivation of banana Prata Anã (*Musa ssp.*) in the climatic conditions of northern Minas Gerais. In Chapter (II), in addition to the behavioral and physiological aspects of soil water, he focuses on the assessment of irrigation water growth, productivity and productivity. The experimental design used was randomized blocks and split plots with irrigation depth in the plot and frequency of application in the subplot. Treatments included full irrigation (IP) treatment and other treatments with 50% and 35% reductions in gross water depth (LB) and alternating frequencies of 1 day and 3 days on the irrigated side. The experimental conduct adopted the drip irrigation method, each row of plants with 2 lateral lines, the emitter spacing was 0.40 m, each plant had 8 emitters, 3 emitters per plant and the flow of each emitter was 4 L.h.⁻¹. Irrigation management was performed via climate. The available water in the soil reduced to levels of 4.3% for the frequency of alternation of the irrigated side of 1 day, with a 50% reduction of the LB; 12% for 3 days, with a 50% reduction in LB; and 7.3% for 3 days, with a 35% reduction in LB when compared to available soil water corresponding to critical moisture. The alternation frequencies of the irrigated side of the plant row of 1 and 3 days did not influence the physiological variables stomatal conductance (gs) and leaf temperature. The reduction of irrigation water volume influences the gs reduction at 1 pm. The use of alternating frequencies of the irrigated side of the row of plants of 1 and 3 days with reductions of 35 and 50% of the applied water volume did not influence the physiological variables gs and Tf of banana cv. Dwarf Silver. The use of alternating frequencies of the irrigated side of the row of plants of 1 and 3 days with reductions of 35 and 50% of the applied water volume did not influence the variables of production and water use. The 35% reduction of the raw blade with an alternating frequency of 1 day yielded approximately the same production as the total irrigation. In conditions of water scarcity, the strategy of alternating irrigation of 1 day and 35% and 50% reduction in BL can replace total irrigation in the Pata Anã banana tree.

Key Word: (*Musa ssp.*), water use efficiency, irrigation deficit.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção e área colhida de banana.....	19
Tabela 2. Classificação granulométrica do solo da área experimental de Nova Porteirinha, Minas Gerais, Brasil.	39
Tabela 3. Valores médios mensais das variáveis meteorológicas: temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed) e umidade relativa do ar ao longo dos meses de condução do experimento em Nova Porteirinha, MG.	40
Tabela 4. Valores médios mensais de lâmina bruta (LB), e precipitação total e déficit de pressão de vapor (DPV) mensal nos meses de condução em Nova Porteirinha, Minas Gerais.	47
Tabela 5. Valores horários de déficit de pressão de vapor (kPa), temperatura máxima e mínima durante as avaliações do experimento nos meses de condução em Nova Porteirinha, Minas Gerais.....	48
Tabela 6. Médias da variação de água disponível do solo de cada lado da fileira de plantas e médias dos dois lados para as estratégias do secamento parcial da zona radicular da bananeira Prata Anã no norte de Minas Gerais.....	49
Tabela 7. Valores da condutância estomática (gs) em ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e temperatura da folha da bananeira Prata Anã, avaliada em diferentes horários (10.00 e 13:00) na fase vegetativa sob estratégias PRD no norte de Minas Gerais.	50
Tabela 8. Valores médios da condutância estomática (gs) em ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e temperatura da folha da bananeira Prata Anã, avaliada em diferentes horários (10.00 e 13:00) na fase de produção sob estratégias PRD.....	51
Tabela 9. Classificação granulométrica do solo da área experimental de Nova Porteirinha, Minas Gerais, Brasil.	62
Tabela 10. Valores médios mensais das variáveis meteorológicas: temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed), umidade relativa e precipitação ao longo dos meses de condução do experimento em Nova Porteirinha, MG.....	63
Tabela 11. Precipitação mensal (PP), lâmina bruta (LB) e déficit de pressão de vapor do ar (DPV) durante o segundo ciclo em Nova Porteirinha em MG.	66

Tabela 12. Médias da variação de água disponível do solo de cada lado da fileira de plantas e médias dos dois lados para as estratégias do secamento parcial da zona radicular da bananeira Prata Anã no norte de Minas Gerais.....	67
Tabela 13. Valores médios da condutância estomática (gs) em ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e temperatura da folha da bananeira 'Prata Anã', em Nova Porteirinha, Minas Gerais, Brasil.	68
Tabela 14. Médias das variáveis de crescimento da bananeira Prata Anã número de folhas (Nfolhas), altura de planta (ALTplanta, m), diâmetro do pseudocaule (DPcaule, m) e área foliar (Afoliar, m^2).....	70
Tabela 15. Médias das variáveis de produção da bananeira Prata Anã produtividade de cacho (Pcacho, t ha^{-1}), produtividade de penca (Ppenca, t ha^{-1}), número de frutos por cachos (Nfruto), peso médio de frutos (PESMfruto, g), comprimento médio de fruto (COPMfruto, cm) e diâmetro médio de frutos (DIAMfruto, cm).	71
Tabela 16. Eficiência produtiva do uso da água de irrigação (EPUAi)da bananeira Prata Anã submetida aos diferentes tratamentos sob PRD, no segundo ciclo de produção em Nova Porteirinha, MG, 2021-2022.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do experimento no norte de Minas Gerais.	39
Figura 2. Distribuição dos tratamentos em campo.....	41
Figura 3. Distribuição do sistema de irrigação em campo	42
Figura 4. Leituras de umidades em ambos os lados de todos os tratamentos.	43
Figura 5. Curva de Calibração da TDR.....	45
Figura 6. Medições de condutância estomática da bananeira.	46
Figura 7. Medições de temperatura da folha da bananeira.....	46
Figura 8. Medições biométricas.....	64
Figura 9. Medições de produção.....	65

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABA - Ácido abscísico

ADP - Água disponível

ADC - Água disponível crítica

ANA - Agência Nacional de Águas

Aw - Clima tropical, com inverno seco

ET_c - Evapotranspiração da cultura

ET_o - Evapotranspiração de referência

EUA - Eficiência do uso de água

EPU_{ai} - Eficiência produtiva do uso da água de irrigação

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

FAO - Food and Agriculture Organization

g - Grama

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IP - Irrigação plena

K_c - Coeficiente de cultura

K_i - Fator de localização

LB - Lâmina bruta

PAS - Percentagem de área sombreada

PRD - Secamento parcial da zona radicular

gs - Condutância estomática

T_f – Temperatura foliar

TDR - Reflectometria no domínio do tempo

Sumário

Resumo	7
Abstract	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	12
1. Introdução geral.....	15
2. Objetivo geral	18
2.1. Objetivos específicos.....	18
3. Revisão de Literatura.....	19
3.1. Cultura da Bananeira (<i>Musa ssp.</i>)	19
3.2. Déficit hídrico da bananeira (<i>Musa ssp.</i>) no semiárido brasileiro	20
3.3. Técnica do secamento parcial do sistema radicular (PRD)	22
3.4. Variáveis fisiológicas sob PRD	25
4. Referências	27
CAPÍTULO I.....	34
Resumo	35
Abstract	36
1. Introdução.....	37
2. Material e métodos	39
2.1. Solo e clima.....	39
2.2. Caracterização do experimento	40
2.3. Sistema e manejo de irrigação.....	42
3. Avaliação de variáveis fisiológicas	45
3.1. Condutância estomática	45
3.2. Temperatura da folha	46
3.3. Análise estatística.....	46
4. Resultados e discussão	47
4.1. Comportamento da água no solo.....	47
4.2. Variáveis fisiológicas	49
5. Conclusão.....	53
6. Referencias	54
CAPITULO II.....	57
Resumo	58
Abstract	59
1. Introdução.....	60

2. Material e métodos	62
2.1. Solo e clima	62
2.2. Parâmetros meteorológicos.....	62
3. Avaliação de variáveis fisiológicas	63
3.1. Condutância estomática	63
3.2. Temperatura da folha	63
4. Variáveis avaliadas.....	64
4.1. Crescimento	64
4.2. Produtividade da cultura da banana	64
4.3. Eficiência produtiva do uso da água de irrigação.....	65
5. Análise estatística	65
6. Resultados e discussões.....	66
6.1. Comportamento da água no solo.....	66
6.2. Variáveis fisiológicas.....	68
6.3. Crescimento	69
6.4. Produtividade	70
6.5. Eficiência produtiva do uso da água de irrigação	72
7. Conclusão.....	73
8. Referências	74

1. Introdução geral

A falta de água pode causar sérios problemas na agricultura irrigada e na produção de alimentos (ONU, 2018). Diante de tanta incerteza climática, as áreas irrigadas continuam crescendo. Segundo a ANA (2021), a área irrigada no Brasil atingiu 8,2 milhões de hectares. Como resultado, a demanda global por produtos agrícolas pode aumentar cerca de 70% entre os anos de 2011 a 2050 (Slamini et al., 2022). A agricultura é a maior usuária, consome cerca de 70% do total de retiradas de água (Sampaio et al., 2010).

O consumo em excesso da água já é notório, devido à necessidade da utilização dos recursos terrestres, água e solo (Iqbal et al., 2020a). Com isso, ocorrem intensas disputas por parte dos consumidores desse “bem”. Dessa forma, buscam-se soluções promissoras no manejo de irrigação, com intuito de potencializar o uso racional da água, e melhorar o desenvolvimento das culturas agrícolas (Santos et al., 2021).

De acordo com Vidal (2018) os Estados do Nordeste, exceto a Bahia, já chegaram a apresentar variação no volume de água dos seus reservatórios de 54 a 80% do volume armazenado para 7 — 15%. Situação semelhante ocorreu com o rio São Francisco, onde se impôs a Resolução núm. 1.043 de 19 de junho de 2017 da ANA. Sendo uma forma preventiva nas práticas de gestão de água, com uso de estratégias aprimoradas de irrigação para preservar as fontes de água doce, proteger os ecossistemas e assegurar para gerações futuras.

A situação de escassez hídrica e aumento da demanda por alimentos afeta principalmente a região Nordeste do Brasil, onde estão localizados muitos polos de produção de banana. Segundo Marengo et al. (2016), se destaca os estados (Bahia, Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e o norte de Minas Gerais. Áreas com dados históricos sobre escassez de água (Coelho et al., 2021) e geograficamente vulneráveis a altas mudanças climáticas, podendo atingir limites de tolerância para o desenvolvimento agrícola (IPCC, 2021). Portanto, a comunidade científica busca entender as mudanças climáticas para mitigar os efeitos desses processos e identificar estratégias para o desenvolvimento da agricultura irrigada nessas regiões.

A aplicação de técnicas na cultura da bananeira, se dar pelo fato dessa cultura consumir elevados níveis de água, apresentar baixos custos, baixo índice pluviométrico e por ser considerado muito importante na produção de frutas do

Brasil. De acordo com o IBGE (2022) a produção brasileira de banana alcançou produção de 7.040.219 (t) e área colhida 464.634 (ha), em relação à região nordeste apresentou cerca de quantidade produzida 2.416.152 toneladas(t) e área colhida de 183.040 ha.

Diante da larga escala produtiva e aumento dos recursos hídricos. Em 2016 foram apresentados sugestões que maximizasse a disponibilidade de água em sistemas irrigados e reduzir o uso da água na agricultura (Dias e Suassuna, 2016). Santos et al. (2021) e outros autores, explicam que essas estratégias viabilizam o uso eficiente de aplicação da água nas plantas e busca minimizar a utilização das águas superficiais e profundas (Embrapa, 2018).

Segundo Sepaskhah et al. (2006) a estratégia que busca maximizar a produção, com menos água de irrigação, chamada irrigação com déficit. A irrigação com déficit é uma estratégia aplicada ao manejo de irrigação, com finalidade de aplicar uma lâmina de irrigação menor do que a evapotranspiração da cultura (ETc) (English e Raja, 1996).

No mundo, existem diferentes tipos de estratégias com déficit no manejo de irrigação, o secamento parcial da zona radicular (PRD) está entre eles. O PRD tem se mostrado uma alternativa promissora para o aumento da produtividade nas culturas, principalmente em regiões semiáridas. Principalmente, por buscar aumentar a eficiência do uso da água e a produtividade, em comparação com plantas que utiliza irrigação total (Iqbal et al., 2020a).

A técnica de secamento parcial da zona radicular se diferencia das demais irrigações com déficit, por apresentar uma frequência de alternância e manter uma porção em molhamento no lado da zona radicular, enquanto a outra permanece em processo de secamento até o próximo intervalo de tempo de irrigação. Este processo de mudanças do lado irrigado depende da compreensão da resposta fisiológica das plantas à aplicação de água excedente e ao estresse hídrico (Morison et al., 2008).

A frequência de alternar os lados implica no aumento da produção de ABA durante a fase de secamento das raízes como no PRD em comparação com as condições normais do solo (El-sadek, 2014; Iqbal et al. 2019c), e esta concentração de ABA é carregada até a parte aérea das plantas como um sinal químico de estresse hídrico das raízes para limitar a condutância estomática e não perder a água por meio da transpiração (Iqbal et al. 2019b).

Estudo realizado por Coelho et al. (2021b) avaliando os indicadores de manejo do solo e da água, condutância estomática foliar, variáveis de produção e qualidade pós-colheita dos frutos, sob PRD, nas condições edafoclimáticas do norte de Minas Gerais. Os autores mostraram viabilidade do uso da secagem parcial na zona radicular da bananeira cv Grand Naine com redução de 50% da lâmina de irrigação e frequências de 7 e 14 dias para deslocamento lateral irrigado da fileira de plantas.

Segundo Almeida, (2019) analisando as variáveis fisiológicas da bananeira “Prata Anã” clone Gorutuba sob secamento parcial em região semiárida, determinou que com alternância de 7, 14 e 21 dias e redução de 50%, os indicadores fisiológicos condutância estomática e temperatura da folha não sofreram influência do PRD.

Para entender a importância do PRD, é visto o intenso número de pesquisas em muitos países, avaliadas em muitas hortaliças e árvores frutíferas, incluindo pera (Kang et al., 2003), algodão (Tang et al., 2005) e tomate (Kirda et al., 2004). Trabalhos que resultou em maior eficiência no uso da água e rendimentos estáveis e capazes de manter o equilíbrio hídrico do caule e a taxa de crescimento melhor do que outras irrigações deficitárias (Kirda et al., 2004).

Dentre tantos resultados positivos com uso do PRD em outras frutíferas e em outras cultivares de banana, este trabalho visa definir a estratégia para o manejo de irrigação, com intuito de reduzir a água aplicada nas plantas, sem impactar a produtividade da bananeira cultivar Prata Anã em condição semiárida do norte de Minas Gerais.

2. Objetivo geral

Avaliar os aspectos da relação água-solo-planta no cultivo da bananeira, cv. Prata Anã, sob aplicação da estratégia do secamento parcial da zona radicular (PRD), a fim de reduzir o consumo hídrico e evitar perdas de produtividade.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar as condições fisiológicas das plantas de bananeira sob diferentes níveis de redução da lâmina de água aplicada e frequências de mudança do lado irrigado da fileira de plantas sob a técnica de PRD.
- Avaliar o desempenho agrônômico da bananeira Prata Anã (*Musa ssp.*) sob diferentes níveis de redução da lâmina de água aplicada e frequência de mudança do lado irrigado da fileira de plantas sob a técnica PRD.
- Avaliar o efeito da técnica de PRD na redução das perdas de produtividade da bananeira Prata Anã (*Musa ssp.*), devido à redução da lâmina de água aplicada e a frequência de alternância de lado irrigado.

3. Revisão de Literatura

3.1. Cultura da Bananeira (*Musa ssp.*)

A bananeira é uma cultura arbórea perene que pertence à classe das monocotiledôneas e família Musaceae (Dantas e Soares Filho, 2000). As bananeiras podem crescer entre 2 e 9 metros de altura, com bainhas foliares formando os pseudocaulos e uma coroa foliar terminal da qual emergem as flores (Bezerra et al., 2017). O sistema radicular da bananeira se desenvolve a partir da produção central do rizoma e cresce no centro do rizoma. Embora haja um conhecimento limitado sobre a origem exata da bananeira, acredita-se que a planta possa ter começado a surgir no sul da China, Índia, Malásia ou Filipinas, onde é cultivada há mais de 4.000 anos (Guerra, 2020).

A fruta é apreciada por pessoas de todas as classes sociais e de qualquer idade, que a consomem in natura ou em produtos industrializados (Oliveira et al., 2021). Outros autores citam que a importância da fruta, se dar pelo fato de ser fonte de alimento para saúde e bem-estar, já que é rica em vitaminas e composta por minerais, como fósforo, sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês (Savlak, et al., 2016; Bello e Agama, 2019).

A banana apresenta destaque na comercialização, com mais de 692,27 mil toneladas de banana, com valor negociado de cerca de R\$ 1,64 bilhão (ABRAFRUTAS, 2022). Em relação ao Brasil, é apontado como o quarto maior produtor, atrás somente da Índia, China e Indonésia CNA (2022). Segundo IBGE (2022), o mercado brasileiro alcançou uma produção próxima a 7.040. 220 (t), com área colhida de 464.634 (ha). Em termos de produtores nos estados do nordeste, totalizam a produção de 2.416.152 (t) e área colhida 183.040 (ha) (IBGE, 2022). No Brasil, Minas Gerais tem a terceira maior produção com 803.132 mil toneladas e área colhida 46.971 (ha) (IBGE, 2022), conforme mostrado na (Tabela 1).

Tabela 1. Produção e área colhida de banana.

	Área colhida (ha)	Produção (t)
Brasil	465,502 / 2021	7, 018,879 / 2021
	464,634 / 2022	7, 040,219 / 2022
Nordeste	181,082 / 2021	2, 347,940 / 2021
	183,040 / 2022	2, 416,152 / 2022
Minas Gerais	47,386 / 2021	791,719 / 2021
	46,971 / 2022	803,132 / 2022

O norte de Minas Gerais, favorecido pelas condições climáticas e uso do manejo irrigação, alcançou a produção próxima a 438 mil toneladas de banana no ano de 2020 (IBGE-SIDRA, 2022). Na qual destaca, principalmente os cultivos da Prata Anã (Donato et al., 2009), por ser uma fruta com sabor adocicado e preferencia dos consumidores (Fonseca et al., 2016). O elevado crescimento da bananicultura na região ocorre principalmente, pelo projeto público de irrigação, o projeto Jaíba, abastecidos pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba (Codevasf) (Santos, 2020).

3.2. Déficit hídrico da bananeira (*Musa ssp.*) no semiárido brasileiro

As Regiões semiáridas do Brasil, apresenta histórico de falta de água consolidado (Coelho et al., 2021) e se encontra em áreas vulneráveis a elevadas mudanças climáticas (IPCC, 2021), podendo ocasionar estresse abiótico as plantas e diminuir a produtividade. Esta parte do nordeste brasileiro inclui nove estados da federação e tem uma área territorial de 1.600.000 km², a área é também chamada de Polígono das Secas, em que, enfrenta abaixo índice pluviométrico de 800 mm por ano (Marengo, 2010).

De acordo com Marengo et al. (2016), os estados do Nordeste mais afetados, pela falta de água são (Bahia, Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e a parte norte de Minas Gerais. O norte mineiro, conceituado como clima semiárido, tem sua economia baseada na produção de fruticultura irrigada, com destaque para produção de mamão, citros, manga e banana. As incertezas climáticas levam a pesquisadores desenvolverem estratégias sustentáveis que vise o uso racional da água, menor impacto ao meio ambiente e atenda a produção de alimentos.

A bananeira é uma planta de rápido crescimento, que chega a produzir mais de 300 toneladas de matéria fresca por hectare por safra, por tanto consomem elevados volumes de água e de nutrientes (Petri, 2015). Em grande parte das regiões aonde é cultivada, a precipitação pluvial é insuficiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas, causando, portanto, reduções na quantidade e qualidade dos frutos (Oliveira, 1997).

Para produzir frutas irrigadas e ser economicamente rentável considera-se necessária precipitação efetiva anual de 1.200 a 1.800 mm ano⁻¹, bem distribuído (Borges; Souza, 2004). Segundo Donato et al. (2012), quando condicionada a semiárido, é necessária irrigação da lâmina bruta em torno de 10 mm dia⁻¹ podendo ultrapassar 15 mm dia⁻¹ em situações críticas. De acordo com um estudo realizado por Coelho et al. (2003) com a variedade Prata Anã nas condições climáticas do semiárido mineiro, os autores relataram que essa cultivar trouxe maior e produtividade satisfatória em todo o ciclo da cultura, consumindo aproximadamente 886,6 a 2.444,4 mm por ano.

A determinação da necessidade hídrica é baseada na evapotranspiração da cultura (ET_c), normalmente definida a partir do produto entre o coeficiente de cultura (K_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o), que pode ser definido por vários métodos (Doorenbos; Kassam, 1994). De acordo com Cordeiro (2003), nas regiões semiáridas a demanda de água pela bananeira em seu primeiro ciclo gira em torno de 45% da evapotranspiração de referência (ET_o) nos primeiros 70 dias, elevando-se para 85% da ET_o aos 210 dias (fase de formação dos frutos) e por último, atinge o máximo de 110% da ET_o aos 300 dias.

Os relatos referentes às regiões aonde a bananeira é cultivada, em que as precipitações são insuficientes para desenvolvimento das culturas, causando, portanto, déficit hídrico no solo e redução da produtividade (Oliveira et al., 1997). Tem levado à aplicação de estratégias de irrigação deficitária, nas quais se destacam a irrigação deficitária controlada e a irrigação por secamento parcial da zona radicular (Coelho et al., 2016). O uso da irrigação deficitária baseia-se no processo de fechamento dos estômatos causado por sinais provenientes das raízes, a síntese do hormônio ácido abscísico (ABA), sendo transportado pelo xilema até a parte aérea para conservar a água (Taiz; Zeiger, 2013).

Portanto, com base no histórico de secas e na previsão de mudanças climáticas nas regiões semiáridas do Brasil, torna-se necessário realizar trabalhos científicos para desenvolver estratégias de manejo da irrigação. Estes trabalhos precisam ser realizados principalmente em grandes áreas agrícolas, como a área de irrigação de Nova Porteirinha e outros municípios no norte de Minas Gerais.

3.3. Técnica do secamento parcial do sistema radicular (PRD)

As mudanças climáticas criaram maior incerteza sobre as chuvas nos últimos anos e o uso da água continuou a aumentar. Isso resulta em menos água disponível para irrigar as lavouras (Coelho et al., 2019). Outro fato é que se estima um crescimento exponencialmente da população mundial, chegando a aproximadamente 8,6 bilhões até 2030, o que pode levar ao aumento da demanda por água (Gomes de Souza et al., 2021), podendo tornar as regiões semiáridas mais secas (Iqbal et al., 2020a).

Diante das mudanças climáticas e consumo excessivo dos recursos hídricos, é necessário reduzir o consumo de água e encontrar as chaves para melhorar a eficiência de uso da água. Seja adotando sistemas de irrigação mais eficientes, ou desenvolvendo estratégias voltadas à produção de alimentos com menos água (ANA, 2017).

O uso de estratégias de déficit reduz muito o uso de água pelas culturas. Isto, pelo fato, em que PRD baseia-se na simples separação espacial das raízes, que pode manter um lado seco e o outro molhado durante um período de tempo (Liu et al., 2007). Essa técnica permite que as plantas cresçam com condutância estomática (gs) parcialmente reduzida sem perda significativa de produtividade, mesmo com perda de água reduzida por transpiração (Kang e Zhang, 2004).

Segundo Santos et al. (2021), a técnica de secamento parcial da zona radicular é potencialmente utilizada como uma fonte promissora e seguradora para o aumento da eficiência dos recursos hídricos, principalmente em regiões que sofre com as incertezas climáticas. Isto se deve, por aplicar água de irrigação menor do que a evapotranspiração potencial, otimizando a redução de águas nas culturas, sem afetar severamente a fotossíntese, crescimento, produtividade (Jovanovic e Stikic, 2018; Ghafari, et al., 2020).

Segundo English et al. (1990) a estratégia do secamento parcial da zona radicular PRD é forma modificada da irrigação regulada por déficit hídrico (RDI). A ideia por trás do PRD foi usada pela primeira vez por Grimes et al. (1968) nos Estados Unidos da América, em lavoura de algodão irrigado.

A busca pela diminuição do desperdício de água nas culturas, fez com que, outros pesquisadores começassem a experimentar esse método, usando irrigação por gotejamento superficial e subterrânea. Posteriormente, alguns estudos mais

aprofundados foram realizados na Austrália, aplicando a estratégias de PRD em vinhedos (Kriedmann e Goodwin 2003).

O PRD é conceituado por ser uma estratégia no manejo de irrigação, com redução da lâmina bruta, que permite que um lado da zona radicular seja irrigado, enquanto mantém a outra metade seca (Qin et al., 2018). Este processo de lado seco e úmido faz com que as raízes enviem sinais bioquímicos para a liberação do hormônio ácido abscísico (ABA), carregadas pelos vasos condutores (xilema) até a parte aérea das folhas, fazendo com que ocorra o fechamento parcial dos estômatos, assim reduzindo a transpiração das folhas (Dbara et al., 2016; Ghafari, et al., 2020).

Segundo Romero-Conde et al. (2014), cada planta tem sua forma de reagir ao condicionamento da técnica de secamento parcial da zona radicular (PRD) já que cada uma aciona seus mecanismos de formas distintas. Sabendo disto, é necessário que o manejo siga um caminho pré-estabelecido em função dos indicativos da interação da irrigação, solo-água-plantas-atmosfera e manuseio do indivíduo. Pois, são indicativos que mostra corretamente a condição de água na cultura e o nível de estresse que ela se encontra (Consoli et al., 2014).

Em relação à aderência de sistemas de irrigação por déficit, seja ele RDI, PRD ou outras técnicas, muitos produtores, ainda apresenta desconhecimento sobre a utilização dessas técnicas. As principais dificuldades são à efetividade da técnica de secamento parcial da zona radicular (PRD) em requisitos de capacidade de água aplicada no solo, tempo de aplicação, redução da lâmina e frequência de alternância do lado irrigado (Coelho et al., 2019; Santos et al., 2021).

Com isso, pesquisadores intensificam pesquisas com o uso do PRD em frutíferas. A fim de desenvolver estratégias adequadas para região, solo e cultivar, sem perdas de produtividade. Em regiões semiáridas, já se tem resultados positivos com o uso do secamento parcial da zona radicular (PRD).

As estratégias mais usadas são as reduções 50% e 35% abaixo da ETc (Consoli et al., 2017; Coelho et al., 2021; Santos et al., 2021), testadas na horticultura e fruticultura, em estudos realizados tanto em casa de vegetação, como em condições de campo (Lima, 2014), com frequências sete, 14 e 21 dias (Zang, 2004).

Coelho et al. (2009) com aplicação do PRD em solo franco arenoso em plantas de mangueira, cv. Kent, após aplicar um déficit de ETc de 50% e mudar o

lado de irrigação com frequência de 7, 14 e 21 dias, os autores observaram que as alternâncias de 7 dias foram suficientes para reduzir a disponibilidade hídrica abaixo da capacidade de campo, que é a parte teórica da raiz de o lado deixa de absorver água e começa a limitar o processo de transpiração.

Segundo Coelho et al. (2013) estratégias de secamento parcial da zona radicular sob manejo de irrigação no norte de Minas Gerais, com a bananeira 'Princesa' é viável como forma de economizar água sem reduzir significativamente a produtividade e a qualidade dos frutos. Os autores relatam que irrigar alternadamente um lado das plantas a cada 7, 14 ou 21 dias resultou com redução de 50% da lâmina bruta, não diferiu entre plantas com tratamento que aplicaram irrigação total em ambos os lados da planta.

Sadras (2009) realizou uma análise específica de plantas sob PRD, RDI e irrigação convencional (controle) e relatou que a tecnologia PRD foi projetada para aumentar o rendimento por unidade de água na irrigação. Os autores mostram que para a mesma lâmina d'água, não foram encontradas diferenças nos EUA entre o PRD e outros métodos de irrigação. Com isso, ele concluiu que a melhoria significativa na eficiência de uso da água pode ser alcançada usando estratégias com déficit, quando é adequadamente monitorada.

Em estudo realizado por Sampaio et al. (2010) em pomar de lima ácida 'Tahiti' com cinco anos de idade, enxertada em limão 'Cravo' sob a estratégia do secamento parcial do sistema radicular, no Semiárido baiano, associada ao déficit hídrico de 50% da ET_c não diferiu da estratégia com déficit e sem alternância de lados da irrigação, em termos de produtividade, eficiência do uso da água, e diâmetro e peso dos frutos, independentemente do período de alternância dos lados de irrigação.

De acordo com o estudo de Santos et al. (2016) aplicando a irrigação com déficit de água nas culturas de banana "Prata Anã" e "BRS Platina", foi determinado que a produção pode ser identificada pela maior eficiência hídrica, quando comparada a mesma produtividade cultivada com irrigação controle. Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os indicadores fisiológicos da bananeira Prata Anã sob secamento parcial da zona radicular para aumentar a produtividade ou manter próxima da irrigação usada por produtores "irrigação plena".

3.4. Variáveis fisiológicas sob PRD

Para avaliar as técnicas de irrigação com déficit hídrico, são necessárias informações relacionadas às respostas fisiológicas das plantas. Pois, quando condicionada ao manejo de irrigação com déficit, os mecanismos de defesa da planta são ativados com mais rapidez e podem ser utilizados para determinar melhores estratégias. Segundo Sampaio et al. (2014), dentre os parâmetros fisiológicos utilizados para caracterizar as respostas das plantas ao estresse hídrico, destacam-se: condutância estomática, transpiração foliar, temperatura foliar e potencial hídrico foliar.

O secamento parcial da zona radicular (PRD) é uma estratégia déficit, projetada para usar os indicadores fisiológicos de maneira estratégica para garantir o aumento da eficiência hídrica e a capacidade de aplicar menos água abaixo do ETc, sem que afete o crescimento da cultura, otimizando o uso da água da cultura no contexto de produtividade (Ghrab et al., 2013; Jovanovic e Stikic, 2018; Ghafari et al., 2020).

As plantas, quando posta a condições por falta de água em interação com déficit de pressão de vapor do ar (DPV), altera os processos bioquímicos e fisiológicos (Medeiros et al., 2013; Guan et al., 2015) ocasiona produção de (ácido abscísico - ABA) que é considerado o principal sinalizador interno na planta, transportados para a parte aérea por meio do fluxo de transpiração.

Em condições semiáridas, as plantas são menos tolerantes à seca, apresenta pouca capacidade de ajuste osmótico, os estômatos se fecham com intuito de diminuir a perda de água (Medeiros et al., 2013; Guan et al., 2015). Segundo Lima (2014), as mudanças climáticas podem impactar significativamente o processo fotossintético, criando estresse hídrico que limita o crescimento das plantas, o rendimento das culturas e a qualidade do produto final. Segundo Campostrini et al. (2018) e Lima et al. (2015), apresenta redução da condutância estomática quando a água é limitada, o que significa que há menos CO₂ entrando nos cloroplastos e as taxas de fotossíntese são menores (Lima, 2014).

O crescimento e desenvolvimento das plantas requer mais energia, o que significa que o tecido vegetal que produz a fotossíntese e cria raízes é reduzido. Se uma planta está sob estresse hídrico por um longo período de tempo, os mecanismos que tentam evitar a perda de água não protegem mais contra o baixo

potencial hídrico (Xu e Leskovar, 2014), e a planta pode começar a apresentar sinais de problemas metabólicos (Verslues et al., 2006; Lima, 2014).

A redução da condutância estomática costuma ser o principal fator limitante para o processo fotossintético em condições de deficiência hídrica. Outro fator que contribui para a redução da transpiração devido à redução da condutância estomática é o aumento da temperatura foliar (Lima, 2014). Segundo Araus et al. (2008), a temperatura da folha indica o grau de estresse hídrico nas plantas e avalia o estado da água da planta. Quando os estômatos estão fechados, a transpiração é reduzida e as temperaturas foliares aumentam em relação às folhas com estômatos abertos.

A avaliação do teor de clorofila é importante para estudos de fisiologia vegetal e pode ser usado como padrão para avaliar o status de nitrogênio da planta (Esposti et al., 2003; Guimarães et al., 1999), indicando senescência foliar (Noodén et al., 1997), além de ser uma importante ferramenta para o diagnóstico de estresse de plantas (Hendry e Price, 1993), pois diferentes tipos de estresse, como estresse hídrico, nutricional e biótico, podem causar concentrações de clorofila nas folhas significativamente reduzidas. De acordo com Meyer e Genty, (1999) as medidas do teor de clorofila podem estar relacionadas à capacidade fotossintética das plantas, o que pode validar a atividade de transporte de elétrons na fase fotoquímica da fotossíntese, fornecendo uma análise espacial detalhada da inibição do processo induzida pelo estresse.

Estudo realizado por Santos et al. (2017) analisou o comportamento das variáveis fisiológicas, sob secamento parcial da zona radicular, verificou que a cultura apresentou redução na condutância estomática, molhadas com 50% da ETC, com irrigação fixa em um dos lados. O autor relata que no déficit hídrico no solo, sob as estratégias com PRD mantiveram a temperatura foliar e condutância estomática na banana 'BRS Princesa' destacando o possível uso do PRD no manejo de irrigação, com maior economia de água, e sem impactar a fisiologia.

4. Referências

- ABRAFRUTASS, N. Em 2022, Valor Bruto da Produção de banana deve crescer 51,7% em Goiás. Abrafrutas, 22 fev. 2022. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2022/02/em-2022-valor-bruto-da-producao-de-banana-deve-crescer-517-em-goias/>>. Acesso em: 31 jul. 2022.
- Almeida, F. P. Irrigação da bananeira ‘Prata-Anã’ Gorutuba com secamento parcial da zona radicular em ambiente semiárido, 2019. 36f. (Dissertação Mestrado) - IF Baiano, Guanambi, 2019.
- ANA – **Atlas Irrigação**, Uso da Água na Agricultura Irrigada 2021. (2a edição). Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- ANA – **Atlas Irrigação**, Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2017. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- Araus, J.L., Slafer, G.A., Royo, C., Serret, M.D. Breeding for Yield Potential and Stress Adaptation in Cereals. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 6, p. 377–412, 18 nov. 2008.
- Bello-pérez, L. A.; Agama-acevedo, E. Banana and Mango Flours. In: Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. [s.l.] **Elsevier**, p. 153–164. 2019.
- Bezerra, A. E.; Oliveira, C. W.; Neto, J. M. M.; Silva, T. I.; Meireles, A. C. M.; Santos, H. R. EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE BANANA (Musa sp. L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p. 1966–1974, 29 dez. 2017.
- Borges, A. L. E.; Souza, L. S. O Cultivo da Bananeira. Cruz das Almas - BA. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 279p. 2004.
- Campostrini, E.; Schaffer, B.; Ramalho, J. D. C.; González, J. C.; Rodrigues, W. P.; Silva, J. R.; Lima, R. S. N. Environmental Factors Controlling Carbon Assimilation, Growth, and Yield of Papaya (Carica papaya L.) Under Water-Scarcity Scenarios. In: Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment. **Elsevier**, p. 481–505. 2018.
- CNA, Dia da banana-fruta é cultivada em todos os estados. 2022.
- Coelho, E. F.; Costa, E. L.; Teixeira, A. H. C.; Oliveira, S. L. Irrigação da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003.8 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 53).
- Coelho, E. F.; Santos, D. L.; Castricini, A.; Lima, J. C. L.; Reis, J. B. R. S. Secamento parcial da zona radicular na bananeira ‘Grand Naine’ no semiárido do Norte de Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial – Nordeste, v. 1, n. 1, p. 155-168, maio, 2021.
- Coelho, E. F.; Santos, M. R. D.; Donato, S. L. R.; Reis, J. B. R. S.; Castricini, A. Produção e eficiência de uso da água em cultivares de bananeira sob irrigação

- com déficit controlado. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 94-110, janeiro-março, 2021.
- Coelho, E. F.; Santos, M. R.; Costa, E. L.; Donato, S. L. R.; Oliveira, P.M. Irrigation under different soil surface wetted areas and water depths for banana cv. Grand Naine. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3425-3432, 2016.
- Coelho, E. F.; Santos, M. R.; Donato, S. L. R.; Cruz, J. L.; Oliveira, P. M.; Castricini, A. Soil-water-plant relationship and fruit yield under partial rootzone drying irrigation on banana crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, n. 5, p. 362-367, 2019.
- Coelho, E. F.; Silva, A. R.; Santos, M. G.; Silva, T. S M.; Oliveira, P. M. Regulação de déficit de irrigação na bananeira 'Platina' nas condições do Norte de Minas. In: **ACORBAT 2013**, Fortaleza. ACORBAT:40 anos compartilhando ciência e tecnologia. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.
- Coelho, Filho; M. A.; Coelho, E. F.; Oliveira, V. V. M.; Vellane, L. M.; SANTANA, J. A. V. Manejo de irrigação com déficit (PRD) em pomar de manga 'Kent' no Semiárido baiano. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 16. BH, Anais... MG, 2009.
- Consoli, S.; Stagno, F.; Rocuzzo, G.; Cirelli, G.; Intrigliolo, F. Sustainable management of limited water resources in a young orange orchard. **Agricultural Water Management**. v. 132, p.60–68, 2014.
- Consoli, S.; Stagno, F.; Vanella, D.; Boaga, J.; Cassiani, G.; Rocuzzo, G. Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: Effects on water use and crop production characteristics. **European Journal of Agronomy**, v.82, p.190-202, 2017.
- Cordeiro, Z. J. M. C. Cultivo da banana para o Projeto Formoso. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistema de Produção, 2003.
- Dantas, J. L. L.; Soares Filho, W. S. S. Classificação botânica, origem e evolução. In: Cordeiro, Z. J. M. Frutas do Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 12-16. 2000.
- Dbara, S.; Haworth, M.; Emiliani, G.; Mimoun, M. B.; Gómez-Cadenas, A.; Centritto, M. Partial root-zone drying of olive (*Olea europaea* var. 'Chetoui') induces reduced yield under field conditions. **PLoS One** **11** (6), e0157089. 2016.
- Dias, A.; Suassuna, J. Adaptação ao aquecimento global no N/NE e convivência com a seca: a voz da pesquisa: resumo executivo. Versão 0.2. Recife: **Fundação Joaquim Nabuco**: Editora Massangana, 2016.
- Donato, S. L. R.; Coelho, E. F.; Marques, P. R. R.; Arantes, A. M.; Santos, M. R.; Oliveira, P. M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. **XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos)**, setembro. 2013.
- Donato, S. L. R.; Coelho, E. F.; Marques, P. R. R.; Arantes, A. M. Considerações ecológicas, fisiológicas e de manejo. In: Ferreira, C. F.; Silva, S. O.; Amorim, E.

- P.; Santos-Serejo, J. A.; EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016. Cap. 03, p. 45-110.
- Donato, S.L.R.; Arantes, A.M.; Silva, S. O.; Cordeiro, Z. J. M. Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1608-1615, 2009.
- Donato, S.L.R.; Coelho, E. F.; Arantes, A. M.; Cotrim, C. E; Marques, P.R.R. **Relações hídricas I: considerações fisiológicas e ecológicas**. In: Eugênio Ferreira Coelho (Org.). Irrigação da bananeira. 1ª ed., Embrapa, v. único, p.11-83, 2012.
- Doorenbos, J.; Kassam, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução por Damasceno, J. F. Campina Grande: UFPB, 306p. 1994.
- El-sadek, A. Water use optimisation based on the concept of Partial Rootzone Drying. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 5, n. 1, p. 55–62, mar. 2014.
- Embrapa.Visão 2030 : o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: Embrapa, P.12. 2018. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_193_762006134828.html . Acesso em 16/03/2020.
- English, M. J.; Musick, J. T.; Murty, V. V. N. Deficit irrigation. In: Management of farm irrigation systems (HOFFMAN, G.J., HOWELL, T.A., and SOLOMON, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. **American Society of Agricultural Engineers publisher**, 1020p. 1990.
- English, M.; Raja, S. N. Perspectives on deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 32, n. 1, p. 1–14, nov. 1996.
- Esposti, M. D. D.; Siqueira, D. L.; Pereira, P. R. G.; Venegas, V. H. A.; Salomão, L.C.C.; Machado Filho, J. A. Assessment of nitrogenized nutrition of citrus rootstocks using chlorophyll concentrations in the leaf. **Journal of Plant Nutrition, Abingdon**, v.26, n.6, p.1287-1299. 2003.
- Fonseca, M. P.; Castricini, A.; Souza, J. T. A.; Oliveira, P. M.; Coelho, E. F. Avaliação física das cultivares de banana Prata-Anã e BRS Platina sob diferentes lâminas de irrigação. **XXIV Congresso brasileiro de fruticultura**. São Luís- MA. 2016.
- Ghafari, H.; Hassanpou, R.; Jafari, R.; Besharat, S. Physiological, biochemical and gene-expressional responses to water deficit in apple subjected to partial rootzone drying (PRD). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 333–346, mar. 2020.
- Ghrab, M.; Gargouri, K.; Bentaher, H.; Chartzoulakis, K.; Ayadi, M.; Mimoun, M.B.; Masmoudi, M.M.; Mechli, N.B.; Psarras, G. Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial rootzone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. **Agric. Water Manag.** 123, 1–11. 2013.
- Gomes de Sousa.; Guieiro, F.; Melo, M.; Rúbia, Mara.; Carvalho, C.; Filho, R. S.; Grassi, H. absorção de macronutrientes e sódio pelo tomateiro submetido a

irrigação com e sem déficit hídrico, utilizando diferentes concentrações de água residuária. **IRRIGA**, v. 26, n. 1, p. 65–76, 31 mar. 2021.

Grimes, D.W.; Walhood, V.T.; Dickens, W.L. Alternate-furrow irrigation for San Joaquin valley cotton. **California Agri.**, 22: 4-6. 1968.

Guan, X. K.; Song, L.; Wang, T. C.; Turner, N. C.; Li, F. M. Effect of Drought on the Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Yield of Six Different-Era Spring Wheat Cultivars. **Journal of agronomy and crop science**, v. 201, n. 4, p. 253-266, 2015.

Guerra, H. G. Banana. Gestão integrada de cultivo. 2020.

Guimarães, T. G.; Fontes, P. C. R.; Pereira, P. R. G.; Alvarez, V. V. H.; Monnerat, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 209-2016. 1999.

Hendry, G.A.F.; Price, A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G.A.F., Grime, J.P. (eds). *Methods in comparative plant ecology*. London: **Chapman e Hall**, p. 148 -152. 1993.

IBGE, Levantamentos sistemáticos da produção agrônômica. 2022. Indicadores IBGE. 2022.

IBGE-SIDRA (2022). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em 03 de maio de 2022.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on **Climate Change**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

Iqbal, R.; Andersen, M. N.; Raza, M. A. S.; Rashid, M. A.; Ahmad, S. Physiological manipulation and production response of wheat cultivated with split root system under deficit irrigation. **Pak J Agric Res** 32: 514-526.2019c.

Iqbal, R.; Muhammad, A. S. R.; Muhammad, F. S.; Imran, H. K.; Salman, A.; Muhammad, S. Z.; Muhammad, U.; Imran, H. Physiological and biochemical evaluation for mulch and partial drying of the cotton rhizosphere. *J Arid Land* 11: 785-794. 2019b.

Iqbal, R.; Raza, M. A. S.; Toleikiene, M.; Ayaz, M.; Hashemi, F.; Habib-ur-Rahman, M. Zaheer, M. S.; Ahmad, S.; Ali, U. R.; Muhammad, Aslam, M. U.; Haider, I. Partial root-zone drying (PRD), its effects and agricultural significance: **a review**. **Bull Natl Res Cent** 44, 159 (2020a).

Jovanovic, Z.; Stikic, R. Partial Root-Zone Drying Technique: from Water Saving to the Improvement of a Fruit Quality. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 0, 2018.

Kang, S. Z.; Zhang, J. H. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. **Jour. of Experimental Botany**, 2004.

- Kang, S., Hu, X., Jerie, P., Zhang, J. The effects of partial rootzone drying on root, trunk sap flow and water balance in an irrigated pear (*Pyrus communis* L.) orchard. **Journal of Hydrology**, v. 280, n. 1–4, p. 192–206, set. 2003.
- Kirda, C.; Cetin, M.; Dasgan, Y.; Topcu, S.; Kaman, H.; Ekici, B. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 69, n. 3, p. 191–201, out. 2004.
- Kriedmann, P. E., Goodwin, I. Irrigation Insights No.3 Regulated Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying. **Land & Water**, Australia, Canberra. 2003.
- Lima, R. S. N. Irrigação parcial do sistema radicular e déficit de irrigação regulado em mamoeiro (*Carica papaya* L.): capacidade fotossintética, crescimento e eficiência no uso da água. (**Tese de Doutorado**). 2014.
- Lima, R. S. N.; Figueiredo, F. A. M. M.; Martins, A. O.; Deus, B. C. S.; Ferraz, T. M.; Gomes, M. M. A.; Sousa, E. F.; Glenn, D. M.; Campostrini, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, v.183, p.13-22, 2015.
- Liu, F.; Savic, S.; Jensen, C. R.; Shahnazari, A.; Jacobsen, S. E.; Stikic, R.; Andersen, M. N. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. **Sci Hortic**, 111:128–132. 2007.
- Marengo, J. A.; Chou, S. C.; Betts, R.; Kay, G.; Alves, L. M.; Torres, R.; Santos, D. Development of regional climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadCM3 climate change projections: Part 1. Climatology and regional analyses for the Amazon. São Francisco and the Parana River Basins, **Climate Dynamics**, 2010.
- Marengo, J. A.; Cunha, A. P.; Alves, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**, v.1, p. 49-54, 2016.
- Medeiros, D. B.; Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.; Teixeira, M. M.; Buckeridge, M. S. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 213-222, 2013.
- Meyer, S.; Genty, B. Heterogeneous inhibition of photosynthesis over the leaf surface of *Rosa rubiginosa* L. during water stress and abscisic acid treatment: induction of a metabolic component by limitation of CO₂ diffusion. **Planta**, 210, 126-131. 1999.
- Morison, J. I. L.; Baker, N. R.; Mullineaux, P. M. E.; Davies, W. J. Improving water use in crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1491, p. 639–658, 12 fev. 2008.
- Oliveira, S. L. Irrigação. In: Alves, E. J. A. cultura da banana: Aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa produção e informação, 1997.

- Oliveira, S. R.; Araújo, J. L.; Andrade, R. O.; Figueiredo, C. F. Vieira.; Oliveira, F. F. D.; Nascimento, R. R. A.; Formiga, A. C. S.; Medeiros, R. L. B.; Sousa, F. Q. Produtividade e crescimento de banana Nanica em função de doses de nitrogênio e esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 26, n. 1, p. e2301262021, 2021.
- ONU diz que população mundial chegará a 8,6 bilhões de pessoas em 2030. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-06/onu-diz-que-populacao-mundial-chegara-86-bilhoes-de-pessoas-em-2030>>. Acesso em: 29 abr. 2021.
- Petri, D. J. C. Desempenho agrônomo de cultivares de bananeira no norte Fluminense. (**Dissertação de Mestrado**). 2015.
- Qin, J.; Ramírez, D. A.; Xie, K.; Li, W.; Yactayo, W.; Jin, L.; Quiroz, R. Is partial rootzone drying more appropriate than drip irrigation to save water in China? A preliminary comparative analysis for potato cultivation. **Potato Res.** 61 (4), 391–406. 2018.
- Romero-Conde, A.; KUSAKABE, A.; MELGAR, J. C. Physiological responses of citrus to partial rootzone drying irrigation. **Sci. Hortic-Amsterdam.** 169, 234–238. 2014.
- Sadras, V. O. Does partial root-zone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. **Irrigation Science**, 27, 183–190. 2009.
- Sampaio, A. H. R.; Coelho Filho, M. A.; Coelho, E. F.; Daniel, R.; Oliveira, V. V. M.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JUNIOR, E. B. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 45, p. 1141-1148, 2010.
- Sampaio, A. H. R.; Coelho Filho, M. A.; Coelho, E. F.; Daniel, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida „Tahiti” submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.2, p.292-301, 2014.
- Santos D. L. Técnica do secamento parcial do sistema radicular para o mamoeiro no semiárido. Tese (**Doutorado**). 2020.
- Santos, D. L.; Coelho, E. F.; Cunha, F. F.; Donato, S. L. R.; Bernado, W. P.; RODRIGUES, W. P.; CAMPOSTRINI, E. Partial root-zone drying in field-grown papaya: Gas exchange, yield, and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 243, p. 106421, jan. 2021.
- Santos, M.R.D.; Rodrigues, S.L.D.; Arantes, A. D. M.; Coelho, E. F.; Oliveira, P. M. D. Gas exchange in ‘BRS Princesa’ banana (*Musa* spp.) under partial root-zone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.66, p.378-384, 2017.
- Savlak, N.; Türker, B.; Yeşilkanat, B. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**, Volume 213, pp. 180-186. 2016.

- Sepaskhah, A. R.; Tavakoli, A. R.; Mousavi, S. F. Principles and Applications of deficit Irrigation. Drainage Working Group, National Iranian Irrigation and Drainage Committee Publications. **(In Persian)** (2006).
- Slamini, M.; Sbaa, M.; Arabi, M.; Darmous, A.; Bouknana, D. Citrus Yield Response and Irrigation Water Use Efficiency under Partial Root Drying Irrigation in a Pilot Exploitation in the Triffa Plain (Eastern Morocco). **Ecological Engineering & Environmental Technology**, v. 23, n. 1, p. 178–191, 1 jan. 2022.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2013. 774p
- Tang, L. S.; Li, Y.; Zhang, J. Physiological and yield responses of cotton under partial root-zone irrigation. **Field Crops Research**, v. 94, n. 2–3, p. 214–223, nov. 2005.
- Verslues, P. E.; Agarwal, M.; Katiyar-Agarwal, S.; Zhu, J.; Zhu, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, (2006), 45, 523–539. 2006.
- Vidal, M. F.; Fruticultura na área de atuação do BNB. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste**. ETENE in: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3686680/35_Fruticultura_2018.1.pdf/b5660ef3-4ea7-7f44-090f-09b5a3c49097. Acesso em 16/11/2020.
- Xu, C.; Leskovar, D. I. Growth, physiology and yield responses of cabbage to deficit irrigation. **Horticultural Science**, v. 41, n. No. 3, p. 138–146, 26 ago. 2014.

CAPÍTULO I

INDICADORES FISIÓLOGICOS SOB SECAMENTO PARCIAL DA ZONA RADICULAR NO PRIMEIRO CICLO DE CULTIVO DA BANANEIRA PRATA ANÃ

Indicadores fisiológicos sob secamento parcial da zona radicular no primeiro ciclo de cultivo da bananeira prata anã

Resumo

As bananeiras são de grande importância social e econômica no país, para produzir os frutos, são necessários sistemas de irrigação e grandes volumes de água. Nos últimos anos, a incerteza sobre os recursos hídricos tem crescido devido às mudanças climáticas. Portanto, diante do consumo excessivo de água, tem-se desenvolvido estratégias baseadas nos indicadores fisiológicos, com objetivo de reduzir o desperdício de água nas culturas sem comprometer a qualidade e a quantidade de frutas produzidas. A estratégia secamento parcial da zona radicular beneficia pelo fato da frequência de alternar o lado irrigado, em que o lado posto ao secamento induz sinais químicos para reduzir a perda de água por transpiração. Portanto, o objetivo deste trabalho no (I) capítulo foi avaliar os efeitos da técnica de secamento parcial da zona radicular (PRD) sob o comportamento da água no solo e aspectos fisiológicos em duas fases (vegetativa e produção) e em horários (10:00 e 13:00hs) da bananeira cultivar Prata Anã (*Musa ssp.*), cultivada nas condições climáticas do norte de Minas Gerais. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados e parcelas subdivididas com lâmina de irrigação na parcela e frequência de aplicação na subparcelas. Os tratamentos incluíram tratamento de irrigação plena (IP) e outros tratamentos com reduções de 50% e 35% na lâmina bruta (LB) e frequências alternadas de 1 dia e 3 dias no lado irrigado. A condução experimental adotou o método de irrigação por gotejamento, cada fileira de plantas com 2 linhas laterais, o espaçamento dos emissores foi de 0,40 m, cada planta possuiu 8 emissores, 3 emissores por planta e a vazão de cada emissor foi de 4 L.h⁻¹. O manejo da irrigação foi realizado via clima. A água disponível no solo reduziu a níveis de 4,3% para frequência de alternância do lado irrigado de 1 dia, com redução 50% da LB; 12% para 3 dias, com redução 50% da LB; e de 7,3% para 3 dias, com redução 35% da LB quando comparada a água disponível no solo correspondente a umidade crítica. As frequências de alternância do lado irrigado da fileira de planta de 1 e 3 dias não influenciam as variáveis fisiológicas condutância estomática (gs) e temperatura da folha. A redução do volume de água de irrigação influencia a redução da gs às 13 horas.

Palavras-chave: (*Musa ssp.*), eficiência do uso da água, déficit de irrigação.

Physiological indicators under partial drying of the root zone in the first cultivation cycle of banana Prata Anã

Abstract

Banana trees are of great social and economic importance in the country, to produce the fruits, irrigation systems and large volumes of water are needed. In recent years, uncertainty about water resources has grown due to climate change. Therefore, given the excessive consumption of water, strategies have been developed based on physiological indicators, with the objective of reducing water waste in cultures without compromising the quality and quantity of fruits produced. The partial drying of the root zone strategy benefits from the fact that the frequency of alternating the irrigated side, in which the side exposed to drying induces chemical signals to reduce water loss through transpiration. Therefore, the objective of this work in (I) chapter was to evaluate the effects of the technique of partial drying of the root zone (PRD) on the behavior of water in the soil and physiological aspects in two phases (vegetative and production) and in schedules (10:00 and 13:00hs) of the banana cultivar Prata Anã (*Musa ssp.*), cultivated in the climatic conditions of northern Minas Gerais. The experimental design used was randomized blocks and split plots with irrigation depth in the plot and frequency of application in the subplots. Treatments included full irrigation (IP) treatment and other treatments with 50% and 35% reductions in gross water depth (LB) and alternating frequencies of 1 day and 3 days on the irrigated side. The experimental conduct adopted the drip irrigation method, each row of plants with 2 lateral lines, the emitter spacing was 0.40 m, each plant had 8 emitters, 3 emitters per plant and the flow of each emitter was 4 L.h.⁻¹. Irrigation management was performed via climate. The available water in the soil reduced to levels of 4.3% for the frequency of alternation of the irrigated side of 1 day, with a 50% reduction of the LB; 12% for 3 days, with a 50% reduction in LB; and 7.3% for 3 days, with a 35% reduction in LB when compared to available soil water corresponding to critical moisture. The alternation frequencies of the irrigated side of the plant row of 1 and 3 days did not influence the physiological variables stomatal conductance (gs) and leaf temperature. The reduction of irrigation water volume influences the gs reduction at 1 pm.

Key Word: (*Musa ssp.*), water use efficiency, irrigation deficit.

1. Introdução

Nos últimos dados históricos, as previsões climáticas têm gerado impactos relacionados ao uso dos recursos hídricos e os repetidos períodos de escassez de água (Coelho et al., 2021). Com as elevadas mudanças climáticas, pode tornar as regiões semiáridas ainda mais secas nos próximos anos. Os períodos de seca e os estresses bióticos e abióticos podem causar alterações nas características fisiológicas das plantas afetando negativamente o crescimento e a produção agrícola. As plantas apresentam mecanismos, em que frequentemente expostas a condições climáticas adversas são capazes de aumentar os níveis de ABA reduz a capacidade de trocas gasosas, diminui a condutância estomática e as taxas de transpiração, bem como mantém o potencial de água da folha e a capacidade de absorção de água da raiz (Dodd et al., 2009; Li et al., 2017).

A compreensão das respostas fisiológicas das plantas é o paradigma para reduzir as lâminas de água nas culturas, pois é possível fundamentar estratégias de manejo de irrigação que maximizem os indicadores fisiológicos. O controle dos indicadores fisiológicos de algumas plantas é passível de encontrar por meio da necessidade de água, notório, principalmente nas regiões semiáridas, em que a irrigação é praticamente a única fonte de água para as culturas (Lima, 2014).

Com o isso, torna-se essencial o uso de estratégias com eficiência no uso da água, no manejo de irrigação que possa manter as produtividades das culturas economicamente viáveis para a agricultura (Sarwar et al., 2001). A comunidade científica tem trabalhado voltado à fisiologia da planta, com intuito de aplicar lâminas bruta de água, abaixo da ET_c , visando maior economia de água na fruticultura irrigada.

A agricultura, apesar dos muitos desafios enfrentados pela região nordeste, o IBGE (2022), destaca a região em primeiro lugar no Brasil no que se refere à produção de banana em 2022, com uma produção de 2.416.152 (t). Para o estado de Minas Gerais, se encontra como terceiro maior produtor do Brasil, com uma produção de 803.132 (t) (IBGE, 2022) e para o norte mineiro, em que se destacam os municípios de Jaíba, Janaúba, Nova Porteirinha e outros, com produção aproximadamente de 438 mil (t) no ano de 2020 (IBGE-SIDRA, 2022).

A despeito da grande quantidade de água utilizada para irrigação, incertezas climáticas e compreensão da fisiologia das plantas, pesquisadores começaram a desenvolver trabalhos e percebeu que é viável a produção da fruticultura sob

secamento parcial da zona radicular (PRD), quando são justificados e considerados os custos de bombeamento por metro cúbico de água, custo da água e custos de fertilizantes no final do ciclo de produção (Coelho et al., 2020).

O PRD consiste em alternar a frequência do déficit em ambos os lados da planta. O déficit hídrico do solo no lado em secagem condiciona as raízes enviarem sinais para a liberação do hormônio ácido abscísico (ABA), até a parte aérea das folhas, fazendo com que ocorra o fechamento parcial ou total dos estômatos, assim reduzindo a transpiração das folhas (Magalhães et al., 2016).

Gomes et al. (2007) avaliando efeitos do secamento parcial da zona radicular na a cultura do mamoeiro em casa de vegetação, verificaram que as irrigações apenas em um lado da zona da raiz, as trocas gasosas foram ligeiramente reduzidas, ficando com valores intermediários entre as estratégias aplicadas e a irrigação controle. Portanto, os autores relataram que tal efeito, também não causou alterações nas características de crescimento, como a área foliar, o diâmetro do tronco e a altura.

O comportamento das trocas gasosas das plantas de bananeira “Prata Anã” Gorutuba sob PRD tem sido estudado por (Almeida, 2019), em condições climáticas no norte de Minas Gerais. O autor determinou que as frequências de alternância de 7, 14 e 21 dias e redução de 50% da lâmina bruta, as variáveis condutância estomática e temperatura da folha não sofreram influencia da estratégia. Portanto, o presente estudo visa avaliar os indicadores fisiológicos na cultura da bananeira Prata Anã, sob secamento parcial da zona radicular com menores frequências de alternância do lado irrigado.

2. Material e métodos

2.1. Solo e clima

O trabalho foi executado no período de 26 de maio de 2020 a junho de 2021. O experimento foi instalado no campo experimental da Fazenda Experimental do Gorutuba pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no município de Nova Porteirinha, MG, com as seguintes coordenadas geográficas: 15° 48' 15" de latitude Sul, 43° 18' 0" de longitude Oeste e a altitude de 524 m, conforme a (Figura 1).



Figura 1. Localização do experimento no norte de Minas Gerais.

O clima do local é classificado como Aw, (Quente o ano todo, com estação seca) segundo Köppen (Antunes, 1986). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (Santos et al., 2013). A umidade média do solo na camada de 0,0 - 0,40 m correspondente a capacidade de campo (10 kPa) e ao ponto de murcha permanente (1500 kPa) foi de 0,24 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e 0,15 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, respectivamente, conforme a (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação granulométrica do solo da área experimental de Nova Porteirinha, Minas Gerais, Brasil.

Prof. (m)	Areia	Silte	Argila	Dens. S Kg dm^{-3}	Umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	
					-10 KPa	-1500 KPa
0–20	483	234	283	1,54	0,22	0,12
20–40	444	263	293	1,66	0,26	0,18

Prof. = Profundidade; Dens.S = Densidade do solo

Durante a condução experimental do primeiro ciclo de cultivo foram aferidas as médias mensais da temperatura média, mínima e máxima e umidade relativa do ar, conforme apresentada na (Tabela 3). Para as leituras diárias utilizou uma estação meteorológica automática localizada em Nova Porteirinha na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Tabela 3. Valores médios mensais das variáveis meteorológicas: temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed) e umidade relativa do ar ao longo dos meses de condução do experimento em Nova Porteirinha, MG.

Variáveis Climáticas Nova Porteirinha-MG				
Meses	Tmax (°C)	Tmed(°C)	Tmin(°C)	Umidade (%)
Jul/20	30,25	22,25	14,25	54,81
Ago/20	27,23	22,03	16,85	60,35
Set/20	34,75	26,36	17,97	33,27
Out/20	34,73	27,95	21,17	85,17
Nov/20	30,65	25,46	20,26	63,88
Dez/20	32,93	26,48	20,02	56,75
Jan/21	34,45	27,50	20,55	59,84
Fev/21	30,84	25,84	20,84	78,45
Mar/21	32,42	26,00	19,59	65,21
Abr/21	31,05	25,62	20,21	66,85
Mai/21	31,41	24,39	17,36	57,87
Jun/21	30,52	24,22	17,93	56,25

Durante a condução experimental a temperatura média, máxima e mínima do ar variou entre 22,03 a 27,95°C, 27,2 a 34,75°C e 14,25 a 21,17°C, respectivamente. As máximas temperaturas do ar ocorreram durante os meses setembro e outubro/2020 e janeiro/2021, enquanto as mínimas ocorreram nos meses julho e setembro de 2020 e maio de 2021. Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram utilizados na determinação do déficit de vapor do ar (Jones, 1992) em dois horários: (10:00) e (13:00) horas, quando foram realizadas leituras de variáveis fisiológicas das plantas durante o primeiro ciclo de estudo.

2.2. Caracterização do experimento

A bananeira cultivar Prata Anã (*Musa ssp.*) foi plantada no espaçamento 3,0 m x 2,0 m, Para controlar as plantas daninhas foi realizado a capina manual nas fileiras de plantas e capina mecânica nas entrelinhas com auxílio de uma roçadeira. Para o controle de doenças e pragas foi utilizado o controle químico, sendo realizadas por meio de pulverizações.

Durante a condução do experimento foi realizada a desfolha periodicamente visando diminuir o inoculo de doenças fúngicas, para melhorar a aeração do bananal, aumentar a luminosidade e facilitar o manejo fitossanitário. Após a floração depois da abertura da inflorescência foi realizada a retirada do coração conforme as práticas recomendadas para a cultura no clima semiárido (Rodrigues et al, 2015). A adubação foi realizada por meio de fertirrigações distribuídas a cada 15 dias durante os meses de condução experimental, conforme recomendações baseadas em análise de solo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais avaliaram-se duas lâminas de irrigação (50 e 35% da lâmina bruta - LB) e nas subparcelas duas frequências de alternância do lado irrigado da linha de plantas da bananeira (1 e 3 dias). Os tratamentos estudados foram distribuídos da seguinte maneira: PRD 1 dia - 50%LB - alternância de 1 dia em todo ciclo, com redução de 50% da LB; PRD 1 dia- 35%LB - alternância de 1 dia em todo ciclo, com redução de 35% da LB; PRD 3 dias - 50%LB - alternância de 3 dias em todo ciclo, com redução de 50% da LB; PRD 3 dias 35%LB - alternância de 3 dias em todo ciclo, com redução de 35% da LB. O tratamento controle consistiu de irrigação plena (IP - 100% da LB durante todo o ciclo), sem alternância do lado irrigado, conforme esquema apresentado na (Figura 2). Cada repetição foi composta por dez plantas na linha de plantio, sendo sete plantas úteis.

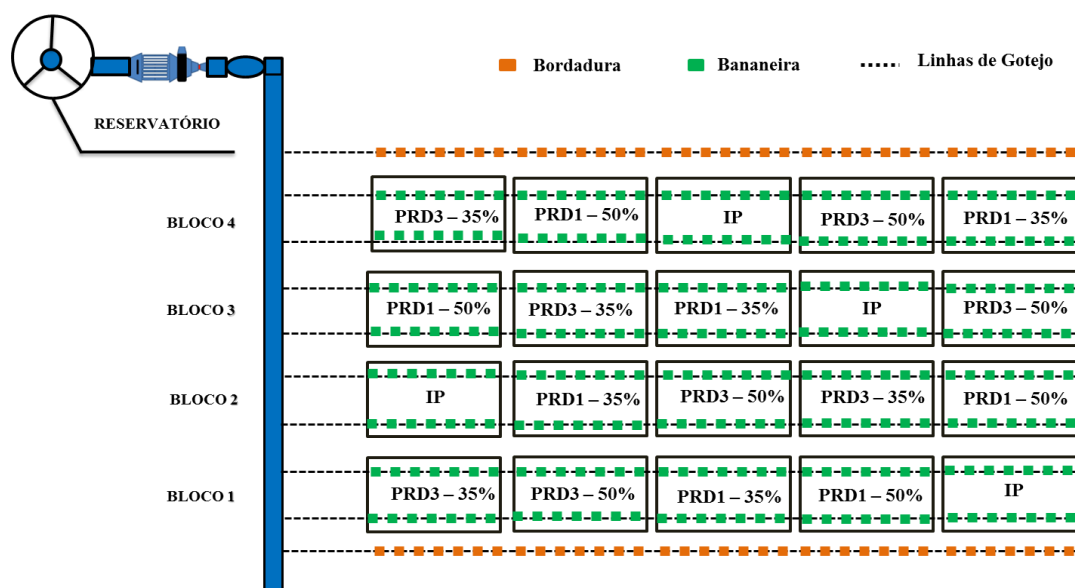


Figura 2. Distribuição dos tratamentos em campo

2.3. Sistema e manejo de irrigação

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, com tubos gotejadores do tipo autocompensantes de vazão de 4 L h^{-1} com oito emissores por planta espaçados de $0,40 \text{ m}$. Para cada fileira de planta foram posicionados duas linhas laterais cada uma a $0,25 \text{ m}$ de cada lado da fileira de plantas (Figura 3).

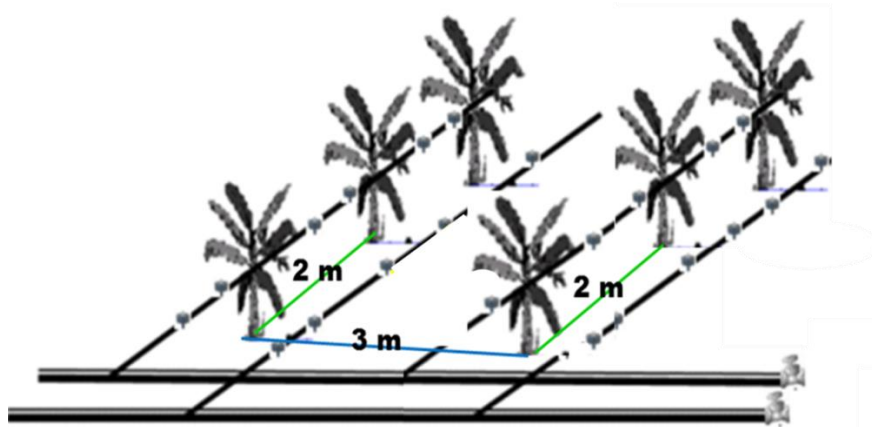


Figura 3. Distribuição do sistema de irrigação em campo

A lâmina aplicada na irrigação plena foi estimada pela evapotranspiração da cultura, obtida em função da evapotranspiração máxima calculada pelo modelo de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Considerando os coeficientes de cultura e o fator de localização. A evapotranspiração de referência foi calculada diariamente com base nos dados disponibilizados pelas estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, Código: A563).

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_l \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

ET_c - Evapotranspiração da cultura para irrigação localizada, mm dia^{-1} ;

ET_0 - Evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ;

K_c - Coeficiente de cultura, adimensional;

K_l - Fator de localização, adimensional.

O fator de localização foi calculado conforme Equação (2).

$$K_l = 0,10 \cdot (\text{PAS})^{0,5} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

K_l - Fator de localização, adimensional;

PAS - Percentagem de área sombreada, %.

O tempo de irrigação para as estratégias do PRD para as reduções de 35 e 50% da lâmina bruta foi dado pela equação:

$$V_{Li} = (1 - 0,01 \cdot R_p) \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

V_{Li} = Volume de água (litros);

R_p = Percentagem de redução da lâmina desejada (%);

V_p = Volume total de água calculado (litros por planta)

T_i = Tempo de irrigação

$$T_i = \frac{V_{Li}}{0,5 \cdot N_e \cdot q_e} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

T_i = é dado em horas;

V_{Li} = é dado em litros;

N_e = é o número total de emissores por planta;

q_e = vazão por emissor.

2.4. Avaliação do conteúdo de água no solo

Para a quantificação do conteúdo de água no solo, foram instaladas sondas de TDR a 0,20 m de distância das plantas a uma profundidade de 0,30 m em ambos os lados da mesma. As leituras foram feitas antes da irrigação nos mesmos períodos em que foram feitas avaliações fisiológicas (Figura 4).



Figura 4. Leituras de umidades em ambos os lados de todos os tratamentos.

A construção e calibração das sondas de TDR foram feitas no ambiente da (EMBRAPA Mandioca e Fruticultura). A calibração das sondas é importante para ajustar as leituras da (TDR) ao tipo de solo da área em estudo, pois podem ser encontradas diferenças na magnitude da permissividade relativa de diferentes tipos de solo com o mesmo teor de umidade.

No laboratório, o solo foi colocado em um recipiente para saturar, a amostra foi mantida por 48 horas até atingir a saturação, em seguida foram iniciadas as leituras de umidade com o auxílio da TDR, as leituras foram realizadas diariamente e colocadas em estufa a 65 °C por 1 hora, depois pesadas e lidas, até que a umidade atingisse um valor constante. Após o final do tempo, as amostras foram retiradas dos tubos e colocadas em estufa a 109 °C para determinação da massa de solo seco. A partir das umidade obtidas pela TDR, foi possível obter as constantes dielétricas aparentes (K_a) pelo modelo de Ledieu et al. (1986), equação 6.

$$\theta = 0,1138\sqrt{\varepsilon_b} - 0,1758 \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que,

θ = conteúdo de água no solo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

ε_b = constante dielétrica do solo;

As umidades em base volumétrica e as constantes foram ajustadas ao modelo polinomial cúbico (equação 7), por apresentar bom desempenho em trabalhos anteriores (COELHO et al., 2006).

$$\theta = a + bK_a + cK_a^2 + dK_a^3 \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que,

θ = Conteúdo de água no solo em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

K_a = Constante dielétrica do solo, adimensional.

Em seguida foi elaborada a curva de calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) do solo da área experimental (Figura 5).

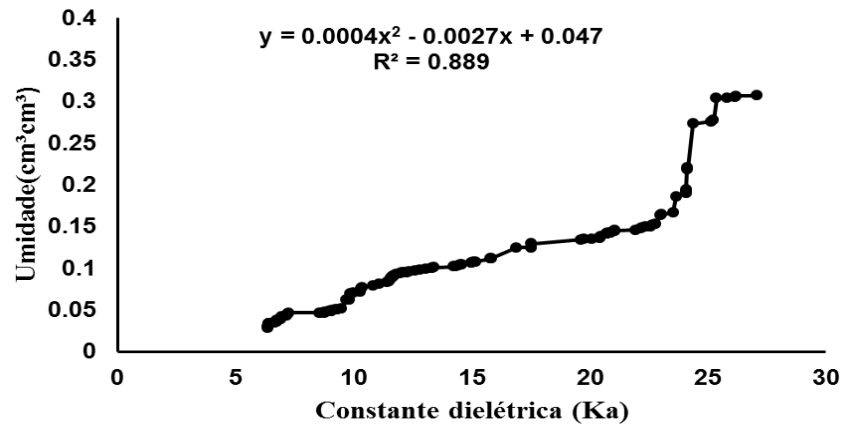


Figura 5. Curva de Calibração da TDR.

Com a obtenção dos dados de umidade do solo foi possível obter a água disponível no solo (Equação 9). A água disponível crítica (ADC) para o tipo de solo em estudo foi considerado 70% que equivale a umidade de $(0,21 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3})$, conforme (Equação 8).

$$ADC = \frac{(\theta_c - \theta_{pm})}{\theta_{cc} - \theta_{pm}} \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que:

ADC – Água disponível crítica –70%;

θ_c – Umidade crítica, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_{cc} - Umidade correspondente à capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_{pmp} - Umidade correspondente ao ponto de murcha permanente, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

$$ADP = \frac{(\theta_{at} - \theta_{pm})}{\theta_{cc} - \theta_{pm}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que:

ADP – Água disponível, %;

θ_A – Umidade atual, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_{cc} - Umidade correspondente a capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_{pmp} - Umidade correspondente ao ponto de murcha permanente, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

3. Avaliação de variáveis fisiológicas

3.1. Condutância estomática

As leituras da condutância estomática (gs) são expressas ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), foi mensurada através do porômetro modelo SC-1 (Decagon Devices), na qual foi realizada nos períodos da manhã (10:00 hora) e tarde (13:00 hora). Sendo

realizadas entre setembro/2020 até julho/ 2021. As análises foram realizadas na terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas expostas ao sol (Figura 6).



Figura 6. Medições de condutância estomática da bananeira.

3.2. Temperatura da folha

A leitura de temperatura da folha é expressa em °C foi mensurada através do porômetro modelo SC-1 (Decagon Devices), na qual foi realizada nos períodos da manhã (10:00 hora) e tarde (13:00 hora). Sendo realizadas entre setembro/2020 até julho/ 2021. As análises foram realizadas na terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas expostas ao solo (Figura 7).



Figura 7. Medições de temperatura da folha da bananeira.

3.3. Análise estatística

Os dados adquiridos nas avaliações da umidade do solo, das variáveis fisiológicas medidas nas plantas foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância precedida pelo Teste F e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

4. Resultados e discussão

4.1. Comportamento da água no solo

Durante a condução do experimento, a lâmina bruta acumulada foi de 1085,83 mm, os maiores registros foram nos meses de janeiro 2021 com (160,58 mm) e março 2021 com (161,44 mm), conforme a (Tabela 4). A precipitação total acumulada foi de 824,4 mm. Os maiores valores de precipitação foram registrados nos meses de outubro de 2020 (206,2 mm) e fevereiro de 2021 (305,6 mm), respectivamente. O déficit mensal de pressão de vapor do ar, os maiores valores foram registrados em setembro 2020, dezembro 2020 e janeiro 2021, com 3,67; 2,15 e 2,17 kPa, respectivamente, Conforme a (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios mensais de lâmina bruta (LB), e precipitação total e déficit de pressão de vapor (DPV) mensal nos meses de condução em Nova Porteirinha, Minas Gerais.

Mês/Ano	Nova Porteirinha-MG		
	LB (mm)	PP (mm)	DPV (kPa)
Jul/20	5,35	0	1,94
Ago/20	38,47	0	1,42
Set/20	70,61	0	3,67
Out/20	58,37	206,2	0,82
Nov/20	94,33	81,21	1,58
Dez/20	119,81	86,44	2,15
Jan/21	160,58	68,00	2,17
Fev/21	75,59	305,60	0,95
Mar/21	161,44	37,81	1,70
Abr/21	127,47	39,20	1,48
Mai/21	135,92	0	1,94
Jun/21	37,93	0	1,89
Total	1085,83	824,4	

As avaliações conduzidas nos horários das (10:00) e (13:00) nos meses de outubro 2020, novembro 2020, janeiro 2021, março 2021 e junho 2021 apresentaram os maiores valores de déficit de pressão de vapor (DPV) nos meses outubro 2020, novembro 2020 e janeiro 2021, referente a fase vegetativa, com 1,71; 2,15 e 1,74 kPa, as 10:00 horas e 2,03; 2,78 e 2,04 kPa as 13:00 horas respectivamente, Conforme a (Tabela 5).

Tabela 5. Valores horários de déficit de pressão de vapor (kPa), temperatura máxima e mínima durante as avaliações do experimento nos meses de condução em Nova Porteirinha, Minas Gerais.

Nova Porteirinha 1° Ciclo				
Mês	Temp. Min (°C) 10h	Temp. Max (°C) 13h	DPV (kPa) 10h	DPV (kPa) 13h
Out/20	31,14	34,21	1,71	2,03
Nov/20	29,27	33,13	2,15	2,78
Jan/21	30,63	33,86	1,74	2,04
Mar/21	28,81	32,41	1,42	1,69
Jun/21	26,14	28,93	1,52	1,86

Durante a condução experimental no norte de Minas Gerais, ocorreu um período de cinco meses sem chuva (Tabela 4), sendo possível caracterizar o manejo da irrigação pelo secamento parcial da zona radicular (PRD) por meio da água disponível no solo na zona radicular, monitorada nos dois lados da planta para os diferentes tratamentos, conforme apresentada na (Tabela 6).

A tabela 6 mostra que a água disponível do solo do lado sob secagem ficou acima de 62% para a frequência de alternância de 1 dia e redução da LB DE 50%, apenas 8% abaixo da água disponível equivalente a umidade crítica e acima de 80% sob frequência de alternância de 1 dia e redução da LB DE 35% antes as irrigações (10% acima da água disponível equivalente a umidade crítica), o que demonstra que o solo após a irrigação até antes da irrigação subsequente água plenamente disponível a absorção das raízes. Essa condição favoreceu o comportamento da gs e temperatura das folhas sob os mesmos tratamentos. Em relação ao tratamento com alternância de 3 dias do lado irrigado e redução de 50% da lâmina bruta de irrigação (LB), foi observado que o lado em secagem, ficou com umidades equivalentes a 12% da água disponível abaixo da umidade crítica correspondente a água disponível do solo de 70%, (Tabela 6). Em trabalho realizado por Santos et al. (2021), com secamento parcial sob a cultura do mamoeiro apresentou comportamentos semelhantes quando comparado com a redução com a redução de 50% e alternância de 7 dias em Bom Jesus da Lapa BA. Segundo Taiz; Zeiger, (2013), ressalta que os efeitos sob a planta, ocorrem de acordo com a variação da duração e a intensidade do estresse.

Tabela 6. Médias da variação de água disponível do solo de cada lado da fileira de plantas e médias dos dois lados para as estratégias do secamento parcial da zona radicular da bananeira Prata Anã no norte de Minas Gerais.

Tratamentos	AD úmido	AD seco
IP	100 aA	98,4 aA
PRD1-50%	86,2 abA	62,2 abB
PRD1-35%	93,7 aA	81,1 aB
PRD3-50	79,1 bA	54,6 bB
PRD3-35	88,4 abA	59,3 abB
CV%	20.18	
CV%	17.19	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,01$). AD. Água disponível.

4.2. Variáveis fisiológicas

Analisou-se as variáveis fisiológicas condutância estomática (gs) e temperatura foliar, em duas fases, fase vegetativa e frutificação em dois horários, 10:00 horas e 13:00 hs. A análise de variância mostrou efeito significativo ($P < 0,1$) da interação tratamento x turno, na variável fisiológica condutância estomática (gs) as 13:00 horas. As plantas submetidas à redução da lâmina 50% da ETc e frequência de alternância de 3 dias no horário (13:00 hs) tiveram a gs mais reduzida que as plantas submetidas a 100% da ETc que permaneceram com maiores valores de gs. Pelo teste Tukey ($P < 0,01$), as estratégias de PRD, no horário (10:00 hs) resultaram em valores muito próximos, que não diferiu das estratégias aplicadas no tratamento controle (IP) com a lâmina bruta correspondente a 100% da ETc (Tabela 7).

O desdobramento dos horários 10:00 hs e 13:00 hs fixando os tratamentos mostrou efeito do horário do dia na gs com redução dos valores as 13 hs. No horário de 10 hs as médias de gs não diferiram entre si. No horário das 13 horas, as estratégias PRD 1-50 e PRD3-35 não diferiram de IP. PRD1-35 e PRD3-50 foram as mais afetadas. A estratégia de irrigação PRD1-35%, com: frequência de alternância de 1 dia do lado irrigado apresentou redução de 231,9 ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), próxima da estratégia PRD3-50% de 259,1 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

A redução da condutância estomática (gs) em todas as estratégias, incluindo o IP no horário da tarde foi influenciada pelos aumentos do déficit de pressão de vapor (DPV), que variaram 2,03; 2,78 e 2,04 (kPa) nos meses de outubro 2020, novembro 2020 e janeiro de 2021 referente a fase vegetativa, (Tabela 5). Devido às

bananeiras quando condicionadas as situações de diminuição do potencial hídrico, do solo, aos altos valores de déficit de pressão de vapor (DPV), da folha ou ao efeito combinado de ambos os fatores, sem excluir o efeito da irradiância (Ekanayake et al., 1994), Os mecanismos de defesa da planta aumenta a produção de ácido abscísico (ABA), que é transportado ao longo do eixo vascular, concentrado na parte aérea e faz com que os estômatos se fechem parcialmente, reduzindo assim a perda de água (Taiz; Zeiger, 2009).

A análise de variância não mostrou efeito da interação tratamentos x horário, na temperatura da folha (T_f) (Tabela 7), mas o horário das leituras influenciou a temperatura da folha ($P < 0,1$), As médias da variável temperatura da folha (T_f) medidas as 13 horas foi maior que as medidas as 10 horas em todas as estratégias (Tabela 7). De acordo com Mahouachi, (2009) o aumento da temperatura das folhas nos horários (10:00 horas) para (13:00 hs) é ocasionado pelo o aumento no déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPVfolha-ar), o que demanda maior transporte de água para as folhas, o que não é atendido na absorção no solo. Daí ocorre o fechamento parcial dos estômatos com redução na transpiração acarretando aumento da temperatura da folha. Não ocorreu diferença entre as temperaturas das folhas nas estratégias avaliadas.

Tabela 7. Valores da condutância estomática (gs) em ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e temperatura da folha da bananeira Prata Anã, avaliada em diferentes horários (10.00 e 13:00) na fase vegetativa sob estratégias PRD no norte de Minas Gerais.

Tratamentos	gs		Temperatura foliar	
	10 horas	13 horas	10 horas	13 horas
IP	565,7 aA	508,6 aA	35,0 B	39,5 A
PRD1-50%	429,0 aA	366,8 abA	35,0 B	39,5 A
PRD1-35%	497,8 aA	265,9 abB	34,7 B	39,4 A
PRD3-50%	498,3 aA	239,2 bB	34,9 B	39,6 A
PRD3-35%	491,2 aA	397,4 abA	34,7 B	39,8 A
CV 1 %	21,69			
CV 2%	31,38			

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,01$).

Na fase referente à fase de produção da bananeira, a interação tratamentos x horário de leituras, influenciou ($P < 0,1$) a condutância estomática (gs), conforme a (Tabela 8). As médias de gs das folhas nas estratégias usando a frequência de alternância de 1 dia e a redução de 35 ou 50% da LB não diferiram entre si e da IP e foram superiores aquelas das estratégias com a frequência de alternância de 3 dias com redução de 35 e 50 %. A menor média de gs foi da estratégia com a frequência

de alternância de 3 dias e redução de 35%. No horário das 13 horas, pelas mesmas razões citadas para a fase de crescimento vegetativo, houve redução das médias de gs e todas as estratégias. As diferenças entre as médias de gs neste horário se mantiveram da mesma forma que às 10 horas da manhã, isto é, sem diferença significativa entre as estratégias com a frequência de alternância de 1 dia com as reduções da LB de 35 e 50% e sem diferença entre essas e IP. A frequência de alternância de 3 dias foi a que resultou em menores médias, sendo a menor, a com redução de 35% da LB.

Tabela 8. Valores médios da condutância estomática (gs) em ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e temperatura da folha da bananeira Prata Anã, avaliada em diferentes horários (10.00 e 13:00) na fase de produção sob estratégias PRD.

Tratamentos	gs		Temperatura foliar	
	10 horas	13 horas	10 horas	13 horas
IP	731,1 aA	549,9 aB	34,8 aA	34,8 abA
PRD1-50%	585,4 abA	432,2 abB	32,7 abB	35,0 abA
PRD1-35%	579,5 abA	378,9 abB	32,3 abB	36,6 aA
PRD3-50	508,6 bA	320,4 bB	31,2 abB	34,6 abA
PRD3-35	397,4 cA	207,9 cB	29,8 bB	34,5 bA
CV: 16,05 %			CV: 3,38 %	
CV: 10,16 %			CV: 2,36 %	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,01$).

As plantas submetidas IP ficaram sob melhores condições hídricas no solo com a água disponível continuamente no limite superior (capacidade de campo) na camada 0,20-0,40 m, conforme apresentada na (Tabela 6), o que permitiu reduzir o efeito das diferenças de potenciais totais envolvidos nos processos de transporte da água da raiz até a folha e apresentaram condutância estomática média superior aos demais tratamentos em ambos os horários de leituras (Tabela 8).

A interação tratamentos x horários de leituras também influenciou significativamente a temperatura da folha. No horário de 10 horas, a média de temperatura da folha sob a estratégia com frequência de alternância de 3 dias e redução da LB de 35% foi inferior às demais que não diferiram entre si e de gs sob IP. As médias de temperatura da folha aumentaram significativamente no horário de 13 horas para todas as estratégias, sem diferenças significativas entre elas.

A redução da lâmina de irrigação associado às frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 3 dias resultaram em menores médias de gs nas

folhas em ambos os horários na fase de produção indicando a mais influente nesta fase que a redução da lamina bruta, conforme apresentada na (Tabela 8).

Coelho et al. (2019) em estudo de sobre secamento parcial da zona radicular (PRD) em bananeira 'BRS Princesa' verificaram quedas nos valores da condutância estomática (gs), quando condicionado ao período da tarde. Os mesmos autores verificaram que este fato ocorreu devido à menor disponibilidade de água no lado que estava em processo de secamento, já que o fluxo de água das raízes até a parte aérea da planta necessita de condições positivas, mesmo que ela se encontre em condições climáticas adversas.

O desequilíbrio da condutância estomática ocasiona modificações nas taxas de concentração interna de CO₂; o aumento da gs favorece o teor fotossintético e, menores valores diminuem a atividade carboxilase da enzima rubisco, que predomina em plantas como a bananeira (DONATO et al., 2013), além de ser responsável pela fotossíntese, provocando aumento da reação oxigenasse e conseqüentemente, diminuindo a fotossíntese líquida (ARANTES et al., 2018). Santos et al. (2017), avaliaram a cultivar 'BRS Princesa' em condições semiáridas no Norte de Minas Gerais, condicionada ao secamento parcial da zona radicular (PRD) e verificaram que sob redução da (LB) de 50% da ET_c, fixa, obtiveram reduções da condutância estomática e temperatura foliar nas plantas irrigadas, principalmente, nas condições de solo e de déficit de pressão de vapor mais estressantes para a bananeira na região. Hugouvieux, Kwak e Schroeder (2001), afirmam que a condutância estomática (gs) é uma das respostas mais rápidas a déficits água e quando submetidas a estresse hídrico mostram que o sistema radicular da bananeira traz ligeiras respostas fisiológicas. Coelho et al, (2021) estudaram a viabilidade do uso da estratégia secamento parcial da zona radicular para a bananeira cultivar 'Grand Naine' com redução de 50% do dispêndio de água, nas mesmas condições edafoclimáticas do presente estudo e, obteve resultados que corroboram com o presente estudo.

5. Conclusão

A água disponível no solo reduziu a níveis de 4,3% para frequência de alternância do lado irrigado de 1 dia, com redução 50% da LB; 12% para 3 dias, com redução 50% da LB; e de 7,3% para 3 dias, com redução 35% da LB quando comparada a água disponível correspondente a umidade crítica.

As frequências de alternância do lado irrigado da fileira de planta de 1 e 3 dias não influenciam as variáveis fisiológicas condutância estomática (gs) e temperatura da folha.

A redução do volume de água de irrigação influencia a redução da gs às 13 horas.

6. Referencias

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO (**FAO Irrigation and Drainage Paper**, **56**), 1998.
- Almeida, F. P. Irrigação da bananeira 'Prata-Anã' Gorutuba com secamento parcial da zona radicular em ambiente semiárido, 2019. 36f. (**Dissertação Mestrado**) - IF Baiano, Guanambi, 2019.
- Antunes, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Inf. Agropec.** 12:9-13, 1986.
- Arantes, A. M.; Donato, S.L.R.; Siqueira, D.L.; Coelho, E. F. Gas Exchange in 'Pome' banana plants grown under different irrigation systems. **Engenharia Agrícola**, v. 38, p.197-207, 2018.
- Coelho, E. F., Santos, D. L., Castricini, A., Lima, J. C. L. Reis, J. B. R. S., Secamento parcial da zona radicular na bananeira 'Grand Naine' no semiárido do Norte de Minas Gerais. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 155–168, 14 jun. 2021.
- Coelho, E. F.; Costa, E. L.; Ledo, C. A. S.; Silva, S. O. Produtividade e eficiência do uso de água das bananeiras Prata Anã e Grand Nine no terceiro ciclo no Norte de Minas. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 460-468, 2006.
- Coelho, E. F.; Santos, M. R.; Donato, S. L. R.; Cruz, J. L.; Oliveira, P. M.; Castricini, A. Soil-water-plant relationship and fruit yield under partial rootzone drying irrigation on banana crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, n. 5, p. 362-367, 2019.
- Coelho, E. F.; Santos, M. R.; Lima, L. W. F.; Oliveira, R. L.; Sales, M L. S.; Queiroz, L. A. irrigação com déficit por secamento parcial da zona radicular da bananeira cultivar brs princesa. XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – **CONBEA**. novembro de 2020.
- Dodd, I. C. Rhizosphere manipulations to maximize “crop per drop” during deficit irrigation. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 9, p. 2454–2459, 1 jul. 2009.
- Ekanayake, I. J.; Ortiz, R.; Vuylsteke, D. R. Influence of leaf age, soil moisture, VPD and time of day on leaf conductance of various Musa genotypes in a humid forest-moist savanna transition site. **Annals of Botany**, London, v. 74, p. 173-178, 1994.

- Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- Ferreira, D. F. Sisvar: versão 4.3 (Build 43). Lavras: Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras, 2003.
- Gomes, M. M. A.; Ferraz, T. M.; Siqueira, L. N.; Campostrini, E.; Chiquieri, T. B.; Bortot, P. A.; Souza, M. A.; Costa Azevedo, L.; Reis, F. O.; Leal, N. R. Condutância estomática e conteúdo de ácido abscísico em mamoeiro ‘Golden’ e ‘Calimosa’ submetido à secagem parcial do sistema radicular (**split-root**). In: Oliveira JG, Pio-Vianna A, Pereira MG, editors. Annals of the III reunião de Pesquisa do Frutimamão. Campos dos Goytacazes: Editora UFV; p.129- 31. 2007.
- Hugouvieux, V.; Kwak, J. M.; Schroeder, J. I. An mRNA Cap Binding Protein, ABH1, Modulates Early Abscisic Acid Signal Transduction in Arabidopsis. *Cell*, v. 106, n. 4, p. 477–487, ago. 2001.
- IBGE, Levantamentos sistemáticos da produção agrônômica. **Indicadores IBGE**. 2022.
- IBGE-SIDRA (2022). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em 03 de maio de 2022.
- Jones, H.G. Plants and Microclimate: A quantitative Approach to Environmental Plant Physiology, Ed. 2. **Cambridge University Press**, Cambridge. 1992.
- Ledieu, J.; Ridder, P.; Clerck, P.; Dautrebande, S. A method of measuring soil moisture by time-domain reflectometry. **Journal of Hydrology**, v. 88, n. 3–4, p. 319–328, nov. 1986.
- Li, W.; Jia, L.; Wang, L. Chemical signals and their regulations on the plant growth and water use efficiency of cotton seedlings under partial root-zone drying and different nitrogen applications. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 3, p. 477–487, mar. 2017.
- Lima, R. S. N. Irrigação parcial do sistema radicular e déficit de irrigação regulado em mamoeiro (*Carica papaya* L.): capacidade fotossintética, crescimento e eficiência no uso da água. (**Tese de Doutorado**). 2014.
- Magalhaes, A.P.; Verde, N.; Reis, F.; Martins, I.; Costa, D.; Lino Neto, T. RNA-Seq and gene network analysis uncover activation of an ABA-dependent signalosome during the cork oak root. *Front. Plant Sci.* 6, 1195. 2016.

- Mahouachi, J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. **Scientia Horticulturae**, v. 120, n. 4, p. 460–466, maio 2009.
- Rodrigues, M. G.V.; Donato, S. L. R.; Lichttemberg, L. A.; Dias, M. S. C. **Implantação e condução do bananal**. *Informe Agropecuário*, v.36, n.288, p.27-45, 2015.
- Santos, D. L.; Coelho, E. F.; Cunha, F. F.; Donato, S. L. R.; Bernado, W. P.; Rodrigues, W. P.; Campostrini, E. Partial root-zone drying in field-grown papaya: Gas exchange, yield, and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 243, p. 106421, jan. 2021.
- Santos, M.R.D.; Rodrigues, S.L.D.; Arantes, A. D. M.; Coelho, E. F.; Oliveira, P. M. D. Gas exchange in ‘BRS Princesa’ banana (*Musa* spp.) under partial root-zone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.66, p.378-384, 2017.
- Sarwar, A.; Bastiaanssen, W. G. M.; Feddes, R. A. Irrigation water distribution and long-term effects on crop and environment. **Agric. Water Manage.** 50:125- 140. 2001.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2013. 774p
- Taiz,L.; Zeiger,E. Fisiologia vegetal. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 848p. 2009.

CAPITULO II

**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS, DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO SOB
SECAMENTO PARCIAL DA ZONA RADICULAR NO SEGUNDO CICLO DE
CULTIVO DA BANANEIRA PRATA ANÃ**

Variáveis fisiológicas, de crescimento e de produção sob secamento parcial da zona radicular no segundo ciclo de cultivo da bananeira Prata Anã

Resumo

A cultura da Banana (*Musa* spp.) está entre as mercadorias mais procuradas pelos os usuários, além de gerar quase 15% da produção mundial. Esse cenário contribui para maioria dos pequenos produtores e agricultores familiares que necessitam de geração de empregos para própria subsistência. No Brasil, a banana tem-se destacado em regiões áridas e semiáridas, regiões, nas quais apresentam restrições abióticas, podendo levar a queda na produção da fruta. O estresse hídrico severo pode levar a 65% de perdas no rendimento da cultura. Diante dos danos e perdas que o estresse hídrico causa à cultura da bananeira é de suma importância o desenvolvimento de estratégias para aumento da produtividade com reduções de lâminas abaixo da ETc. A melhor forma para fazer isso é selecionar estratégias com déficit. Assim, a comunidade científica trabalha com estratégias para mitigar os possíveis efeitos decorrentes da escassez hídrica. Neste cenário, o uso de estratégias que preserve a água, se torna primordial. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da técnica do secamento parcial da zona radicular (PRD) sobre o comportamento da água no solo, aspectos fisiológicos, crescimento e produtividade dos frutos e eficiência da produtividade a água de irrigação da bananeira cultivar Prata Anã (*Musa* spp.) cultivado nas condições edafoclimáticas de Minas Gerais. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados e parcelas subdivididas com lâmina de irrigação na parcela e frequência de aplicação na subparcela. Os tratamentos incluíram tratamento de irrigação plena (IP) e outros tratamentos com reduções de 50% e 35% na lâmina bruta (LB) e frequências alternadas de 1 dia e 3 dias no lado irrigado. A condução experimental adotou o método de irrigação por gotejamento, cada fileira de plantas com 2 linhas laterais, o espaçamento dos emissores foi de 0,40 m, cada planta possuiu 8 emissores, 3 emissores por planta e a vazão de cada emissor foi de 4 L.h⁻¹. O manejo da irrigação foi realizado via clima. O uso das frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 1 e 3 dias com as reduções de 35 e 50% do volume de água aplicado não influenciaram as variáveis fisiológicas gs e Tf da bananeira cv. Prata Anã. O uso das frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 1 e 3 dias com as reduções de 35 e 50% do volume de água aplicado não influenciaram as variáveis de produção e de uso da água. A redução de 35% da lâmina bruta com frequência de alternância de 1 dia rendeu aproximadamente a mesma produção da irrigação total. Em condições de escassez hídrica, a estratégia de irrigação alternada de 1 dia e redução de 35% e 50% da LB pode substituir a irrigação total na bananeira Pata Anã.

Palavras-chave: (*Musa* spp.), eficiência do uso da água, déficit de irrigação.

Physiological, growth and production variables under partial drying of the root zone in the second cultivation cycle of the banana Prata Anã

Abstract

Banana (*Musa* spp.) is among the most sought after commodities by users, in addition to generating almost 15% of world production. This scenario contributes to most small producers and family farmers who need to generate jobs for their own subsistence. In Brazil, bananas have stood out in arid and semi-arid regions, regions in which they have abiotic restrictions, which can lead to a drop in fruit production. Severe water stress can lead to 65% crop yield losses. In view of the damage and losses caused by water stress to the banana crop, it is extremely important to develop strategies to increase productivity with reductions in water depths below the ETc. The best way to do this is to select deficit strategies. Thus, the scientific community works with strategies to mitigate the possible effects resulting from water scarcity. In this scenario, the use of strategies that preserve water becomes paramount. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of the technique of partial drying of the root zone (PRD) on the behavior of water in the soil, physiological aspects, growth and fruit productivity and efficiency of irrigation water productivity of the banana cultivar Prata Anã (*Musa* ssp.) cultivated in the soil and climate conditions of Minas Gerais. The experimental design used was randomized blocks and split plots with irrigation depth in the plot and frequency of application in the subplot. Treatments included full irrigation (IP) treatment and other treatments with 50% and 35% reductions in gross water depth (LB) and alternating frequencies of 1 day and 3 days on the irrigated side. The experimental conduct adopted the drip irrigation method, each row of plants with 2 lateral lines, the emitter spacing was 0.40 m, each plant had 8 emitters, 3 emitters per plant and the flow of each emitter was 4 L.h⁻¹. Irrigation management was performed via climate. The use of alternating frequencies of the irrigated side of the row of plants of 1 and 3 days with reductions of 35 and 50% of the applied water volume did not influence the physiological variables *g_s* and *T_f* of banana cv. Dwarf Silver. The use of alternating frequencies of the irrigated side of the row of plants of 1 and 3 days with reductions of 35 and 50% of the applied water volume did not influence the variables of production and water use. The 35% reduction of the raw blade with an alternating frequency of 1 day yielded approximately the same production as the total irrigation. In conditions of water scarcity, the strategy of alternating irrigation of 1 day and reduction of 35% and 50% of the BL can replace the total irrigation in the Pata Anã banana tree.

Key Word: (*Musa* ssp.), water use efficiency, irrigation déficit.

1. Introdução

A cultura da banana faz parte da família Musaceae, tem seu sistema radicular dividido em: rizoma, pseudocaule, folhas, flores e frutos, e em alguns casos, sementes (Bezerra et al., 2017). Essa fruta é tipicamente de clima tropical, sensível a altas temperaturas, precipitação ou irrigação bem distribuída durante seu ciclo e boa disponibilidade de umidade no solo. Segundo Medeiros et al. (2013) para a banana desenvolver seu potencial, suas temperaturas devem oscilar em torno de 28 °C, enquanto temperaturas de 15 °C e 35,0 °C são os limites extremos para exploração da cultura.

A cultura da banana vem crescendo rapidamente nos últimos anos, principalmente na região do Norte mineiro. Nessa região, a cultura da bananeira em 2019, alcançou cerca de 29.056 ha de área cultivada (Hackmann, Oliveira e Barbieri, 2020). Isto ocorre devido o norte mineiro apresentar boas características edafoclimáticas locais e a facilidade de uso de sistemas de irrigação, desenvolvendo boa produtividade e qualidade do fruto.

A água é o fator primordial para o desenvolvimento das culturas (Jovanovic e Stikic, 2018). Durante muito tempo, são crescentes as limitações dos recursos hídricos, mudanças climáticas, poluição ambiental e conflitos por parte dos diferentes usuários da água (indústria e doméstica). Esses conflitos são gerados pelo fato da agricultura consumir cerca de 70% de toda a água doce consumida no mundo (ANA, 2015).

A falta de água é um dos fatores que afeta a produtividade da banana. O déficit hídrico é a perda de água pela planta que excede a capacidade das raízes de absorver água do solo por tempo suficiente para causar danos à planta (Jaleel et al., 2007). Além de afetar a produção, a escassez de água pode interferir na redução da turgescência das células, o fechamento estomático e a diminuição do crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, na sobrevivência das plantas (Fathi e Tari, 2016; Omena-Garcia et al., 2019).

Assim, torna-se necessário buscar formas sustentáveis que garanta a segurança alimentar e, simultaneamente, melhore seu valor nutricional e mantenha a qualidade do produto, principalmente, diminuir custos de produção. Para que isso seja possível, é necessário o desenvolvimento de estratégias de irrigação deficitária, na qual é definida como a aplicação de lâmina água abaixo da ETc máxima (Ghafari et al., 2020; Ghrab et al., 2013).

O secamento parcial da zona radicular (PRD) é um caminho para reduzir a aplicação de água nas culturas, por ser uma estratégia que consiste em manter uma parte da raiz em processo de secamento enquanto a outra parte é mantida em molhamento e vice-versa (Abboud et al., 2019;). De acordo com Magalhães et al. (2016) moléculas sinalizadoras são produzidas e acumuladas em condições de escassez de água, sendo ativado o transporte de ABA no xilema que aumenta gradativamente com a secagem do solo. Estes sinais são estimuladores fisiológicos, que ocasiona fechamento estomático e preserva a água aplicada nas plantas (Dbara et al., 2016).

O uso de irrigação com déficit em interação com a cultura da bananeira, em condições semiáridas, apontam resultados positivos com o uso da técnica de secamento parcial da zona radicular (PRD) como fonte capaz de melhorar a condição de crescimento, aumento na produtividade e eficiência de uso da água. Essa estratégia tem sido propositalmente trabalhada durante vários ciclos da banana, com intuito de analisar as respostas fisiológicas, produção e crescimento da cultura.

Estudo realizado por Almeida, (2019), com uso do secamento parcial da zona radicular com a bananeira 'Prata-Anã' Gorutuba determinou que o PRD foi positivo no uso eficiente de água, crescimento e produção. O autor relata que 50% da ETc e alternância do lado irrigado a cada 14 dias resultou em maior produção dentre as estratégias aplicadas. Embora as pesquisas apontem resultados positivos para redução do volume de água de irrigação de 50% abaixo da ETc, com frequências de 7, 14, e 21 dias.

Para os produtores que não desejam sofrer perdas, ainda permanece a incerteza sobre a eficiência do PRD, pois os produtores percebem o baixo custo da água quando associado a altas perdas de produtividade. Portanto, este estudo teve como objetivo aplicar uma menor frequência de alternância (1 dia e 3 dias) e reduzir a quantidade de irrigação para permitir que as culturas aumentem seus rendimentos com menos água.

2. Material e métodos

2.1. Solo e clima

O trabalho foi executado no período de 26 de maio de 2020 a junho de 2021. O experimento foi instalado no campo experimental da Fazenda Experimental do Gorutuba pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no município de Nova Porteirinha, MG, com as seguintes coordenadas geográficas: 15° 48' 15" de latitude Sul, 43° 18' 0" de longitude Oeste e a altitude de 524 m, conforme a (Figura 2).

O clima do local é classificado como Aw, (Quente o ano todo, com estação seca) segundo Köppen (Antunes, 1986). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013). A umidade média do solo na camada de 0,0 - 0,40 m correspondente a capacidade de campo (10 kPa) e ao ponto de murcha permanente (1500 kPa) foi de 0,24 cm³ cm⁻³ e 0,15 cm³cm⁻³, respectivamente, conforme a (Tabela 9).

Tabela 9. Classificação granulométrica do solo da área experimental de Nova Porteirinha, Minas Gerais, Brasil.

Prof. (m)	Areia	Silte	Argila	Dens. S Kg dm ⁻³	Umidade volumétrica (cm ³ cm ⁻³)	
					-10 KPa	-1500 KPa
0-20	483	234	283	1,54	0,22	0,12
20-40	444	263	293	1,66	0,26	0,18

Prof. = Profundidade; Dens.S = Densidade do solo

2.2. Parâmetros meteorológicos

Durante o período ciclo de condução experimental a temperatura média, máxima e mínima do ar variou entre 23,58 a 26,41°C, 29,36 a 33,15°C e 16,27 a 20,99°C, respectivamente. As máximas temperaturas do ar ocorreram durante os meses de outubro/2021 e março e maio/2022, enquanto as mínimas ocorreram nos meses julho e agosto/2021 e maio/2022 (Tabela 6). A umidade relativa média mensal variou entre 39,26 e 85,73%, com os valores máximos nos meses de dezembro/2021, janeiro e fevereiro /2022. A precipitação total acumulada apresentou aumento de 293 mm, em relação ao primeiro ciclo. Os maiores valores mensais de precipitação foram registrados no mês de dezembro de (2021) 413,26 mm e Novembro de (2021) 391,20 mm. (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios mensais das variáveis meteorológicas: temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed), umidade relativa e precipitação ao longo dos meses de condução do experimento em Nova Porteirinha, MG.

Variáveis Climáticas/ Nova Porteirinha-MG				
Meses	Tmax (°C)	Tmed(°C)	Tmin(°C)	Umidade (%)
Jun/21	29,66	23,58	17,49	52,67
Jul/21	30,08	23,17	16,27	45,58
Ago/21	30,69	24,03	17,37	42,27
Set/21	32,53	25,8	19,08	38,43
Out/21	32,83	26,1	19,37	39,26
Nov/21	30,13	25,07	20	69,84
Dez/21	29,36	25,18	20,99	85,73
Jan/22	31,33	25,9	20,47	78,15
Fev/22	31,37	25,99	20,61	79,5
Mar/22	32,59	26,41	20,24	64,22
Abr/22	32,34	26,05	19,75	64,64
Mai/22	33,15	25,1	17,04	61,25

3. Avaliação de variáveis fisiológicas

3.1. Condutância estomática

As leituras da condutância estomática (gs) são expressas ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), foi mensurada através do porômetro modelo SC-1 (Decagon Devices), na qual foi realizada nos períodos da manhã (10:00 hora) e tarde (13:00 hora). As análises foram realizadas na terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas expostas ao sol (Figura 7).

3.2. Temperatura da folha

A leitura de temperatura da folha é expressa em °C foi mensurada através do porômetro modelo SC-1 (Decagon Devices), na qual foi realizada nos períodos da manhã (10:00 hora) e tarde (13:00 hora). As análises foram realizadas na terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas expostas ao solo (Figura 8).

4. Variáveis avaliadas

4.1. Crescimento

Avaliaram-se o número de folhas (NFOL), altura de planta (ALTPL, m), diâmetro do pseudocaule (DPCAU, m) e área foliar (AFOL, m²). A altura da planta foi obtida medindo-se o comprimento da superfície do solo até a folha mais nova da planta, conhecida como folha “vela”. O diâmetro do pseudocaule foi determinado a partir da circunferência a 0,20 m do solo, com o auxílio de uma fita métrica flexível. A área foliar foi estimada a partir da Equação (3) desenvolvida por Zucoloto, Lima e Coelho (2008).

$$AFT_e = 0,5187(C \cdot L \cdot NF) + 9603,5 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

AFT_e = Área foliar (m²);

NF = Número de Folhas;

C = Comprimento da folha D (m);

L = Largura da folha D (m).



Figura 8. Medições biométricas.

4.2. Produtividade da cultura da banana

Na condução do segundo ciclo, a colheita foi iniciada em novembro/2021 e finalizada em Maio/2022. Durante os meses de colheita, avaliou o peso do cacho, peso do engaço, número de pencas, número de frutos por cachos, peso médio de frutos (g), comprimento médio de fruto (cm) e diâmetro médio de frutos (cm). O peso médio de frutos foi avaliado imediatamente após a colheita, com auxílio de uma balança. O comprimento e diâmetro médio do fruto foram obtidos pela avaliação do fruto mediano da segunda penca do cacho, com auxílio de uma fita métrica flexível e

um paquímetro. A produtividade de cachos ($t\ ha^{-1}$) e produtividade de pencas ($t\ ha^{-1}$) foi estimada a partir das pesagens dos cachos por tratamento e, o produto dessa soma, foi multiplicado pelo número de plantas e os dados registrados em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$), Conforme a (Figura 10).



Figura 9. Medições de produção.

4.3. Eficiência produtiva do uso da água de irrigação

Com os valores obtidos nas pesagens foram transformados em produtividade, A partir da quantidade de água aplicada em cada tratamento e suas respectivas produtividades permitiram o cálculo da eficiência produtiva do uso da água de irrigação (EPUAi).

$$EPUAi = \frac{Prod}{LBA} \quad (Eq. 7)$$

Em que:

EPUAi: Eficiência agrônômica do uso água de irrigação ($kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$);

Prod: Produção por tratamento ($kg\ ha^{-1}$);

LBA: Lâmina bruta total em cada tratamento em (mm).

5. Análise estatística

Os dados adquiridos nas avaliações da umidade do solo, das variáveis fisiológicas medidas nas plantas foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância precedida pelo Teste F e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

6. Resultados e discursões

6.1. Comportamento da água no solo

Na segunda fase do experimento, a lâmina bruta acumulada foi de 2064,74 mm. Os maiores registros foram nos meses de dezembro 2021 com (287,43 mm), março 2022 com (242,01 mm) e abril com (208,41 mm) conforme a (Tabela 7). A precipitação total foi de 1097 mm. Os maiores valores de precipitação foram registrados nos meses de novembro 2021 com (361,20 mm), dezembro 2021 com (413,26 mm) e janeiro com (144,41 mm) respectivamente. O déficit mensal de pressão de vapor do ar, os maiores valores foram registrados em julho, agosto, setembro e outubro de 2021, com 2,31; 2,52; 3,01 e 3,0 kPa, respectivamente, Conforme a (Tabela 11).

Tabela 11. Precipitação mensal (PP), lâmina bruta (LB) e déficit de pressão de vapor do ar (DPV) durante o segundo ciclo em Nova Porteirinha em MG.

Meses	PP(mm)	LB (mm)	DPV (kPa)
Jun/21	0	63,45	1,95
Jul/21	0	112,69	2,31
Ago/21	0	129,96	2,52
Set/21	0	161,65	3,01
Out/21	108	157,16	3,0
Nov/21	391,2	130,27	1,28
Dez/21	413,26	287,43	0,58
Jan/22	144,41	182,88	0,99
Fev/22	40,2	202,05	0,93
Mar/22	0	242,01	1,74
Abr/22	0	208,41	1,71
Mai/22	0	186,77	1,95
Total	1097	2064,74	

Devido à ausência de chuva em sete meses no experimento em Nova Porteirinha-MG, conforme a (Tabela 11), foi possível caracterizar o manejo da irrigação pela estratégia do secamento parcial da zona radicular (PRD) por meio da água disponível no solo na zona da raiz, monitorada nos dois lados da planta para as diferentes estratégias, conforme apresentada na (Tabela 12).

Em relação ao comportamento da água no solo, analisou-se a variável água disponível nos lados de umedecimento e secamento entre as estratégias. Observou que as médias da variável AD lado seco nas plantas submetidas à estratégia de

redução da lâmina 50% da ETc e frequência de alternância de 3 dias apresentou menor disponibilidade de água, quando comparadas com as demais estratégias de PRD. A estratégia, embora tenha sido a mais reduzida, continuou acima da água disponível equivalente a umidade crítica. Observou-se que as demais estratégias no lado seco, com o PRD1-50%, PRD1-35% e PRD3-35 se mantiveram muito próximas entre si, com água disponível 11,2%, 25,5% e 14,1%, acima da água disponível equivalente a umidade crítica, respectivamente.

A análise de variância mostrou efeito significativo quando comparado à água disponível no lado úmido e água disponível no lado seco. Foi possível observar que a estratégia PRD1 35% da LB em secamento manteve a água disponível muito próxima entre si, quando comparado com a água disponível no lado úmido. É de suma importância, destacar que a redução de 50% e 35% com frequência de 1 e 3 dias, que a disponibilidade de água no lado em secamento se manteve acima de 70% da água disponível equivalente a umidade crítica, com valores da água disponível capazes de não afetar as variáveis fisiológicas, crescimento e produção da bananeira cultivar Prata Anã no norte de Minas Gerais.

Tabela 12. Médias da variação de água disponível do solo de cada lado da fileira de plantas e médias dos dois lados para as estratégias do secamento parcial da zona radicular da bananeira Prata Anã no norte de Minas Gerais.

Tratamentos	AD úmido	AD seco
IP	100 aA	93.0 aA
PRD1-50%	95.3 aA	81.2 abB
PRD1-35%	98.2 aA	95.5 aA
PRD3-50	88.3 bA	73.2 bB
PRD3-35	97.9 aA	84.1 abB
CV%	13,65	
CV%	7,50	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,01$). AD. Água disponível.

6.2. Variáveis fisiológicas

No segundo ciclo, analisou as variáveis fisiológicas condutância estomática (gs) e temperatura foliar. Verificou que a análise de variância não apresentou efeito significativo das estratégias de manejo de irrigação na condutância estomática e na temperatura. As médias da condutância estomática (gs) e da temperatura foliar foram menores em plantas submetidas à redução da lâmina 50% da ETc e frequência de alternância de 3 dias quando comparadas com as demais estratégias do PRD, conforme a (Tabela 13). Observou-se que as plantas submetidas a 100% da ETc permaneceram com valor da gs superior. Tal fato acontece devido a maior disponibilidade água no solo sob este tratamento, conforme apresentada na (Tabela 12).

Santos et al. (2021) estudando o secamento parcial da zona radicular na cultura do mamoeiro, sob o comportamento das trocas gasosas observou que a média da variável condutância estomática (gs) não diferiu estatisticamente entre as estratégias aplicadas. Além disso, os autores mostraram que a condutância estomática do tratamento controle (IP) apresentou valor superior da gs, em relação a plantas submetidas as PRD7 50%, PRD7 35%, PRD14 50%, PRD14 35%, PRD21 50%, PRD21 35%, IF 50% e IF 35%. Indicando que o comportamento encontrado por Santos e colaboradores foi semelhante ao comportamento encontrado no presente estudo com a cultura da bananeira Prata Anã.

Tabela 13. Valores médios da condutância estomática (gs) em ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e temperatura da folha da bananeira 'Prata Anã', em Nova Porteirinha, Minas Gerais, Brasil.

Tratamentos	gs	Temperatura foliar
IP	590.9	33.5
PRD1-50%	542.7	31.7
PRD1-35%	550.1	31.8
PRD3-50	427.8	32.4
PRD3-35	516.4	32.2
CV%	13.83	1.03

*As médias seguidas para comparação entre as estratégias de irrigação não apresentaram diferenças pelo teste Tukey a 10% de significância.

6.3. Crescimento

A análise de variância para a variável de crescimento apresentou efeitos significativos apenas, para a altura média das plantas, que demonstrou diferença entre os tratamentos. As maiores alturas de planta foram observadas nos tratamentos (IP), PRD1 e PRD3 com redução de 35% da lâmina bruta (LB) com frequência de alternância de 1 e 3 dias, seguido pelo tratamento PRD1 com redução de 50% da LB e frequência de 1 dia, diferenciando-se do tratamento PRD3 com redução de 50% da LB, que atingiu o menor valor de altura de plantas, conforme a (Tabela 14). Essa menor altura de plantas pode ser justificada pela menor quantidade de água disponível no solo correspondente à estratégia PRD3 50% da lâmina bruta LB (Tabela 14). Comportamento semelhante foi encontrado por Santos et al. (2021) estudando o comportamento do PRD sob a cultura do mamoeiro. Os autores verificaram que a estratégia de menor frequência de alternância 7 dias apresentou maiores valores na variável altura de planta, quando comparado às plantas submetidas à IP.

Segundo os autores, Lucena (2013) e Arantes (2016), a variável de altura da bananeira está diretamente relacionada ao vigor e determinam o crescimento ao longo do ciclo de colheita. O crescimento vegetativo da bananeira durante a fase de diferenciação floral determina o potencial produtivo da planta, quando a cultura precisa atingir o máximo de vigor para uma produtividade satisfatória.

Almeida, (2019) estudando o comportamento do secamento parcial na bananeira Prata-Anã' clone Gorutuba submetida em diferentes estratégias de irrigação no primeiro ciclo. O autor destacou que dentre as variáveis de crescimento observado, a altura da planta foi à única que apresentou influência das estratégias com frequência de alternância de 14 e 21 com redução de 50% da lâmina abaixo da ETc.

A análise dos diâmetros médios nas estratégias aplicadas não diferiu estatisticamente entre si, inclusive considerando o tratamento de IP (Tabela 14). Os maiores diâmetros médios do caule foram verificados nos tratamentos (IP) irrigação plena, PRD1 com redução de 50% da LB com frequência de alternância de 1 dia e o PRD3 com redução 35% da lâmina bruta (LB) com frequência de alternância de 3 dias, seguidos pelos tratamentos PRD3 com redução de 50% da LB com frequência

de alternância de 3 dias e o menor diâmetro encontrado na estratégia PRD1 com redução 35% da lâmina bruta com frequência de alternância de 1 dia.

Não houve diferenças significativas com relação ao número de folhas vivas entre as estratégias de irrigação. A estratégia PRD1 com redução de 50% da LB, com frequência de alternância de 1 dia apresentou maior número de folhas, entre as demais estratégias.

Não houve diferença significativa entre as estratégias em relação à área foliar da bananeira. As estratégias PRD1 com redução de 35% da LB, com frequência de alternância de 1 dia e PRD3 com redução de 50% da LB, com frequência de alternância de 3 dias observou os maiores valores de área foliar, quando comparado às plantas submetidas à irrigação plena (IP), conforme a (Tabela 11). O presente estudo corrobora com os encontrados por Coelho et al. (2021) com o uso do secamento parcial da zona radicular (PRD) na cultivar Grand Naine', com aplicação de 50% da redução da LB e frequência de alternância de 7 dias, em relação às plantas submetidas a irrigação plena (IP).

Tabela 14. Médias das variáveis de crescimento da bananeira Prata Anã número de folhas (Nfolhas), altura de planta (ALTplanta, m), diâmetro do pseudocaule (DPcaule, m) e área foliar (Afoliar, m²).

Tratamentos	Nfolhas	ALTplanta	DPcaule	Afoliar
IP	16.51 a	3.10 a	0.29 a	12.52 a
PRD1-50%	17.02 a	2.75 ab	0.278 a	13.57 a
PRD1-35%	16.53 a	2.84 ab	0.23 a	13.65 a
PRD3-50	16.44 a	2.71 b	0.263 a	13.61 a
PRD3-35	16.92 a	2.83 ab	0.275 a	13.32 a
CV%	9.5	5.3	10.3	9.9

Médias seguidas de letras iguais, na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de significância.

6.4. Produtividade

Na condução experimental, não houve diferença significativa ($p > 0,01$) nas variáveis produtividade de cacho, produtividade de penca, número de penca, número de frutos, peso médio do fruto, comprimento médio de fruto e diâmetro do fruto. A produtividade média de cacho entre as estratégias de irrigação apresentou o tratamento controle (IP) e PRD1 35% da LB com produtividades muito próximas entre si, com valores próximos de (31,01 t ha⁻¹) e (30,62 t ha⁻¹), respectivamente, (Tabela 12). Estes se diferenciaram dos demais tratamentos. A menor produtividade média de cacho foi encontrada nas estratégias PRD3 50% da LB (26, 93 t ha⁻¹) e

PRD3 35% da LB (26,32 t ha⁻¹). A produtividade média de penca destacou o tratamento controle (IP) e PRD1 35% da LB com frequência de 1 dia, com produtividades muito próximas entre si, com valores próximos de (28,65 t ha⁻¹) e (27,24 t ha⁻¹), respectivamente. As demais estratégias mantiveram a produtividade média próxima a (24,35 t ha⁻¹).

Tabela 15. Médias das variáveis de produção da bananeira Prata Anã produtividade de cacho (Pcacho, t ha⁻¹), produtividade de penca (Ppenca, t ha⁻¹), número de frutos por cachos (Nfruto), peso médio de frutos (PESMfruto, g), comprimento médio de fruto (COPMfruto, cm) e diâmetro médio de frutos (DIAMfruto, cm).

Tratamentos	Pcacho (t.ha ⁻¹)	Ppenca (t.ha ⁻¹)	Npenca	Nfruto	PESMfruto (g)	COPMfruto (cm)	DIAMfruto (cm)
IP	31.01	28.65	9.19	130.31	137.42	18.52	3.41
PRD1-50%	28.33	24.21	8.76	122.12	134.54	18.43	3.37
PRD1-35%	30.62	27.24	8.92	130.14	145.46	18.92	3.43
PRD3-50	26.93	24.72	8.45	120.32	134.93	18.34	3.34
PRD3-35	26.32	24.4	8.53	119.12	134.71	17.81	3.12
CV%	21.38	23.43	8.02	12.11	8.77	6.58	5.64

*As médias seguidas para comparação entre as estratégias de irrigação não apresentaram diferenças pelo teste Tukey a 10% de significância.

O número médio de pencas, embora não tenha sido significativo estatisticamente. O tratamento controle (IP) e PRD1 35% da LB com frequência de 1 dia apresentou maiores valores maiores números de frutos. As demais estratégias mantiveram o número médio de frutos de (134,72). A análise de variância nas variáveis média no peso do fruto, comprimento do fruto e diâmetro do fruto mostrou que não houve efeito significativo dos tratamentos.

A técnica PRD com frequência de alternância de 1 dia e redução de 35% na lâmina total de água (LB) apresentou rendimentos muito semelhantes e maiores valores para peso do fruto, comprimento do fruto e diâmetro do fruto, com as plantas totalmente irrigadas. Segundo Santos, (2020) apesar do maior investimento na quantidade de materiais que compõem o sistema de irrigação, com linhas laterais em ambos os lados da planta mostrou que estratégia do PRD com redução da lâmina bruta de 35% abaixo da Etc, com frequência de alternância de 1 dia, tem se mostrado uma técnica promissora para cultivos em regiões com escassez hídrica, como regiões semiáridas e produtores que não querem perder produtividade.

6.5. Eficiência produtiva do uso da água de irrigação

A análise de variância referente à eficiência produtiva do uso da água de irrigação (EPUAi) mostrou-se significativa, conforme a (Tabela 13). Os tratamentos PRD1 (50%) da lâmina bruta, com frequência de alternância de 1 dia apresentou valor de (27,47 kg ha⁻¹ mm⁻¹) e PRD3 (50%) da lâmina bruta, com frequência de alternância de 3 dias apresentou (26,06 kg ha⁻¹ mm⁻¹), sendo similar entre si e significativamente maior do que a do tratamento IP.

O presente estudo apresentou comportamento semelhante ao trabalho realizado por Coelho et al. (2019) aplicando secagem parcial na cultivar cv BRS Princesa, onde se observou que o uso eficiente da água se destacou entre os tratamentos com redução de 50%, sem diferença significativa entre Estratégias de PRD. Dos tratamentos estudados por Coelho et al.(2019), o mais eficiente foi o PRD21, que conseguiu aproximar a produtividade em relação à irrigação controlada durante o período de estudo.

Tabela 16. Eficiência produtiva do uso da água de irrigação (EPUAi) da bananeira Prata Anã submetida aos diferentes tratamentos sob PRD, no segundo ciclo de produção em Nova Porteirinha, MG, 2021-2022.

Tratamentos	EAU _{Ai} (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
IP	15.03 b
PRD1-50%	27.47 a
PRD1-35%	22.83 ab
PRD3-50	26.06 a
PRD3-35	19.65 ab
CV%	22.42

Médias seguidas de letras iguais, na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de significância.

7. Conclusão

O uso das frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 1 e 3 dias com as reduções de 35 e 50% do volume de água aplicado não influenciaram as variáveis fisiológicas gs e Tf da bananeira cv. Prata Anã;

O uso das frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 1 e 3 dias com as reduções de 35 e 50% do volume de água aplicado não influenciaram as variáveis de produção.

A redução de 35% da lâmina bruta com frequência de alternância de 1 dia rendeu aproximadamente a mesma produção da irrigação total.

Em condições de escassez hídrica, a estratégia de irrigação alternada de 1 dia e redução de 35% e 50% da LB pode substituir a irrigação total na bananeira Pata Anã.

8. Referencias

- Abboud, S.; Dbara, S.; Abidi, W.; Braham, M. Differential agro-physiological responses induced by partial root-zone drying irrigation in olive cultivars grown in semi-arid conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 167, p. 103863, nov. 2019.
- Almeida, F. P. Irrigação da bananeira 'Prata-Anã' Gorutuba com secamento parcial da zona radicular em ambiente semiárido, 2019. 36f. (**Dissertação Mestrado**) - IF Baiano, Guanambi, 2019.
- ANA (Agência Nacional de Águas). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, DF, Brasil. <https://www.ana.gov.br> (2015).
- Arantes, A. M.; Donato, S.L.R.; Siqueira, D.L.; Coelho, E. F.; Silva, T. S. Gas Exchange in different varieties of banana Prata in semi-arid environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, p.1-12, 2016.
- Bezerra, A. E.; Oliveira, C. W.; Neto, J. M. M.; Silva, T. I.; Meireles, A. C. M.; Santos, H. R. EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE BANANA (Musa sp. L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p. 1966–1974, 29 dez. 2017.
- Coelho, E. F., Santos, D. L., Castricini, A., Lima, J. C. L. Reis, J. B. R. S., Secamento parcial da zona radicular na bananeira 'Grand Naine' no semiárido do Norte de Minas Gerais. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 155–168, 14 jun. 2021.
- Coelho, E. F.; Santos, M. R.; Donato, S. L. R.; Cruz, J. L.; Oliveira, P. M.; Castricini, A. Soil-water-plant relationship and fruit yield under partial rootzone drying irrigation on banana crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, n. 5, p. 362-367, 2019.
- Dbara, S.; Haworth, M.; Emiliani, G.; Mimoun, M. B.; Gómez-Cadenas, A.; Centritto, M. Partial root-zone drying of olive (*Olea europaea* var. 'Chetoui') induces reduced yield under field conditions. **PloS One** **11** (6), e0157089. 2016.
- Fathi, A.; Tari, D. B. Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. **International Journal of Life Sciences**, v. 10, n. 1, p. 1–6, 10 fev. 2016.
- Ghafari, H. et al. Physiological, biochemical and gene-expressional responses to water deficit in apple subjected to partial root-zone drying (PRD). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 333–346, mar. 2020.
- Ghrab, M.; Gargouri, K.; Bentaher, H.; Chartzoulakis, K.; Ayadi, M.; Mimoun, M.B.; Masmoudi, M.M.; Mechlia.; N.B., Psarras, G. Water relations and yield of olive

- tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. **Agric. Water Manag.** **123**, 1–11. 2013.
- Hackmann, R. F.; Oliveira, L. C.; Barbieri, M. G. Banana. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 18, n. 196, p. 33-34, jan. 2020. Edição especial.
- Jaleel, C. A.; Gopi, R.; Manivannan, P.; Panneerselvam, R. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. **Acta Physiologiae Plantarum** **29**, 205- 209. (2007).
- Jovanovic, Z., Stikic, R. Partial Root-Zone Drying Technique: from Water Saving to the Improvement of a Fruit Quality. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 0, 2018.
- Lucena, C.C. **Estratégias de manejo de irrigação de bananeiras baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 152 p. 2013.
- Magalhaes, A.P.; Verde, N.; Reis, F.; Martins, I.; Costa, D.; Lino Neto, T. RNA-Seq and gene network analysis uncover activation of an ABA-dependent signalosome during the cork oak root. **Front. Plant Sci.** **6**, 1195. 2016.
- Medeiros, D. B.; Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.; Teixeira, M. M.; Buckeridge, M. S. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 213-222, 2013.
- Omena-Garcia, R. P.; Martins, A. O.; Medeiros, D. B.; Vallarino, J. G.; Ribeiro, D. M. Fernie, A. R.; Araújo, W.L.; Nunes-Nesi, A. Growth and metabolic adjustments in response to gibberellin deficiency in drought stressed tomato plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 159, p. 95–107, mar. 2019.
- Santos D. L. Técnica do secamento parcial do sistema radicular para o mamoeiro no semiárido. Tese (**Doutorado**). 2020.
- Santos, D. L.; Coelho, E. F.; Cunha, F. F.; Donato, S. L. R.; Bernado, W. P.; Rodrigues, W. P.; Campostrini, E. Partial root-zone drying in field-grown papaya: Gas exchange, yield, and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 243, p. 106421, jan. 2021.
- Zucoloto, M.; Lima, J.S. de S.; Coelho, R.I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira ‘Prata-Anã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1152-1154, 2008.